



У *Віснику* розглянуто питання взаємодії суспільства і природи, раціонального використання та охорони природного середовища. Відображено результати досліджень у галузі геології, геохімії, гідрогеології, географії, екології та соціально-економічної географії.

Для науковців, фахівців і викладачів вищих закладів освіти.

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (протокол № 10 від 27.05.2024 р.).

**Редакційна колегія:** д. геол.-мін. н., проф. **В. Г. Суярко** (голова редколегії); **О. В. Чуєнко** (відповідальний секретар); д. геол. н., проф. **О. В. Барташук**; д. геол.-мін. н., проф. **І. В. Височанський**; д. геогр. н., проф. **О. М. Крайнюков**; д. геол.-мін. н., проф. **А. І. Лур'є**; д. геогр. н., проф. **Н. В. Максименко**; д. геогр. н., проф. **А. Н. Некос**; д. геогр. н., проф. **Л. М. Нємець**; д. геогр. н., проф. **В. А. Пересадыко**; д. геогр. н., проф. **К. Ю. Сегіда** (заступник голови); д. техн. н., проф. **І. Г. Черваньов** (Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна); д. техн. н., проф. **В. С. Білецький** (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»); д. геол.-мін. н., проф., член-кор. НАНУ **Е. Я. Жовинський** (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України); д. геол.-мін. н., проф. **В. М. Загнітко** (Інститут геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка); д. фіз.-мат. н., проф. **Г. Д. Коваленко** (Інститут фізики високих енергій і ядерної фізики ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України); д. техн. н., проф. **І. М. Фик** (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»); д. геол. н. **Ю. В. Хоха** (Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України).

**Іноземні члени редколегії:** д. габілітований **Здислав Адамчик** (Інститут прикладної геології, м. Глівіце, Польща); д. географії, проф. **Олександр Володченко** (Інститут картографії Дрезденського технічного університету, Німеччина); д. геол. н. **Георгій Мелікадзе** (Інститут геофізики Тбіліського державного університету імені Івана Джавахішвілі, Грузія); д. філософії (геологічна інженерія) **Нуреддін Сааді** (Університет Тріполі, Лівія); д. геології, проф., декан факультету геології **Ахмет Сасмаз** (Фіратський університет, Туреччина); д. габіл., проф., **Анджей Томаш Солецкі** (Інституту геологічних наук Вроцлавського університету, Польща); д. географії, проф., завідувач кафедри географії і туризму **Сауліус Станайтіс** (Литовський університет освітніх наук, Литва); декан факультету гірничої справи, екології, керування процесами та геотехнології, проф. **Мичал Челар** (Кошицький Технічний університет, Словаччина); д. філософії (географія), ст. наук. співробітник **Антон Шкаруба** (Естонський університет наук про життя, Тарту, Естонія).

“Вісник” є фаховим виданням категорії А за спеціальностями 103 (науки про Землю) та 106 (географія) (наказ МОН України № 1643 від 28.12.2019 р.) та входить до наступних міжнародних баз даних: *WorldCat*, *BASE* (Bielefeld Academic Search Engine), *ResearchBible*, *SBB* (Staatsbibliothek zu Berlin), *Ulrich's Periodicals Directory*, *EBSCO*, *Index Copernicus*, *Google Scholar*, *DOAJ*, *Web of Science* (Emerging Sources Citation Index (ESCI)).

**Адреса редакційної колегії:** Україна, 61022, Харків, майдан Свободи, 4, ХНУ імені В. Н. Каразіна, факультет геології, географії, рекреації і туризму, тел. +38(057)707-53-56; e-mail: [geoeco-series@karazin.ua](mailto:geoeco-series@karazin.ua); сайт: <http://periodicals.karazin.ua/geoeco>

Тексти статей представлені у авторській редакції. Автори несуть повну відповідальність за зміст статей, а також добір, точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей.

Статті пройшли внутрішнє та зовнішнє рецензування.

Ідентифікатор медіа у Реєстрі суб'єктів у сфері медіа: R30-04463 (Рішення № 1538 від 09.05.2024 р. Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення. Протокол № 15).

*Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"* is devoted to the modern studies in the field of geology, geochemistry, hydrogeology, ecology and social and economic geography.

"Visnyk" is intended for scientists, specialists and university lecturers.

Approved for printing by the decision of the Academic Council of V. N. Karazin Kharkiv National University (protocol No. 10 dated 05/27/2024).

**Editorial Board:** **Suyarko, Vasyl** – Chairman of the Editorial Board, DSc (Geology and Mineralogy), Professor; **Chuienko, Oleksandr** – Executive Secretary; **Bartashchuk, Oleksii** – DSc (Geology), Professor; **Vysochansky, Ilarion** – DSc (Geology and Mineralogy), Professor; **Kraynyukov, Oleksiy** – DSc (Geography), Professor; **Lurye, Anatolii** – DSc (Geology and Mineralogy), Professor; **Maksymenko, Nadija** – DSc (Geography), Professor; **Nekos, Alla** – DSc (Geography), Professor; **Niemets, Liudmyla** – DSc (Geography), Professor; **Peresadko, Vilina** – DSc (Geography), Professor; **Sehida, Kateryna** – Deputy Chairman, DSc (Geography), Professor; **Chervanyov, Igor** – Deputy Chairman, DSc (Technical), Professor (V. N. Karazin Kharkiv National University); **Biletsky, Volodymyr** – DSc (Technical), Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"; **Zhovinsky, Edward** – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Corresponding member of the National Academy of Science of Ukraine, M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine; **Zagnitko, Vasyl** – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv; **Kovalenko, Grygoriy** – DSc (Physics and Mathematics), Professor, Director Institute of high-energy physics and nuclear physics NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology" National Academy of Science Ukraine; **Fyk, Ilyia** – DSc (Technical), Professor, Head of the Department of Oil, Gas and Condensate Production, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"; **Khokha, Yurii** – DSc (Geology), Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine.

**International Council:** **Adamczyk, Zdzisław** – Dr. habil., Silesian University of Technology, Gliwice (Poland); **Wolodtschenko, Alexander** – DSc (Geography), Professor, Institute of Cartography, Dresden University of Technology (Germany); **Melikadze, George** – DSc (Geology), Institute of Geophysics, Ivane Javakishvili Tbilisi State University (Georgia); **Saadi, Nureddin** – PhD, University of Tripoli, Department of Geological Engineering (Libya); **Sasmaz, Ahmet** – DSc (Geology), Professor, Head of Geology Department, Firat University (Turkey); **Solecki, Andrzej Tomasz**, Dr. habil., Professor, Institute of Geological Science University of Wrocław, Wrocław University (Poland); **Stanaitis, Saulius** – DSc (Geography), Professor, Head of the Department of Geography and Tourism, Lithuanian University of Educational Science (Lithuania); **Cehlár, Michal** – PhD, Professor, Dean of Faculty of Mining, Ecology, Process Control and Geotechnologies, Technical University of Košice (Slovakia); **Shkaruba, Anton** – PhD, Senior Researcher, Estonian University of Life Sciences (Estonia).

*Visnyk* is a specialized edition on geological and geographical sciences. Indexed in: *WorldCat*, *BASE* (Bielefeld Academic Search Engine), *ResearchBible*, *SBB* (Staatsbibliothek zu Berlin), *Ulrich's Periodicals Directory*, *EBSCO*, *Index Copernicus*, *Google Scholar*, *DOAJ*, *Web of Science* (Emerging Sources Citation Index (ESCI)).

**Address of the Editorial Board:** Ukraine, Kharkiv, 61022, 4 Svobody Sq., V. N. Karazin Kharkiv National University, School of Geology, Geography, Recreation and Tourism, tel. +38(057)707-53-56; e-mail: [geoeco-series@karazin.ua](mailto:geoeco-series@karazin.ua); website: <http://periodicals.karazin.ua/geoeco>

The texts of the articles are presented in the original edition. The authors are fully responsible for the content of the articles, as well as the selection and accuracy of the given facts, quotations, proper names and other information.

Articles have undergone internal and external peer review.

Media identifier in the Register of the field of Media Entities: R30-04463 (Decision № 1538 dated May 9, 2024 of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine, Protocol № 15).

## З М І С Т

### ХРОНІКА

ДО ЮВІЛЕЮ Василя Григоровича СУЯРКА .....	10
---	----

### ГЕОЛОГІЯ

<i>Барташук Олексій, Суярко Василь, Чусько Олександр, Перрі Брюс Дж.</i> ТЕКТОНІЧНА ЕВОЛЮЦІЯ ВНУТРІШНЬОПЛИТНИХ СТРУКТУР САРМАТІЇ У ФАНЕРОЗОЇ. 1. СТРУКТУРНО-РЕЧОВИННА ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЛІТОСФЕРИ І ТЕКТОНІЧНА ПОДІЛЬНІСТЬ ЗЕМНОЇ КОРИ ЗА ГЕОФІЗИЧНИМИ ДАНИМИ .....	12
<i>Dernov Vitaly</i> LINGULID BRACHIOPODS WITH PROBABLY PRESERVED ORIGINAL SHELL COLOURATION FROM THE KAMENSK FORMATION (MOSCOVIAN, MIDDLE PENNSYLVANIAN) OF THE DONETS BASIN, UKRAINE .....	28
<i>Крошко Юлія, Ковальчук Мирон</i> СТРУКТУРНО-ЛІТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ГЛУХІВЕЦЬКОГО РОДОВИЩА ЕЛЮВІАЛЬНИХ КАОЛІНІВ .....	40
<i>Матвеев Андрій, Шевчук Олена, Колосова Ірина, Локтев Андрій</i> СТРАТИГРАФІЯ ЮРСЬКОЇ СИСТЕМИ РАЙОНУ СЕЛА КАМ'ЯНКА. ЧАСТИНА 2. ЧЕРКАСЬКА СВІТА .....	56
<i>Petik Viacheslav, Sukhov Valeriy, Sokolov Viktor, Iegupov Viacheslav,</i> <i>Goodary Rajeshwar, Pribylova Victoriia</i> STRENGTHENING THE ROLE OF HYDROGEOLOGICAL RESEARCH IN THE SYSTEM OF ENGINEERING INVESTIGATIONS FOR CONSTRUCTION .....	68
<i>Степанюк Леонід, Загнітко Василь, Павлов Геннадій, Довбуш Тетяна</i> ГЕОХРОНОЛОГІЯ ЗА МОНАЦИТОМ ЖИЛИ ГРАНІТУ СТАРОКРИМСЬКОГО КАР'ЄРУ (ПРИАЗОВ'Я, УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ) .....	80
<i>Хоха Юрій, Шлапінський Володимир, Савчак Олеся</i> ТЕКТОНІЧНІ ТА ГЕОХІМІЧНІ КРИТЕРІЇ ЕВОЛЮЦІЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ КРОСНЕНСЬКОЇ ЗОНИ КАРПАТ В КОНТЕКСТІ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ .....	89
<i>Яковлев Євгеній, Удалов Ігор</i> ПОТЕНЦІЙНІ ФАКТОРИ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОФІЛЬТРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ВОДОКОРИСТУВАННЯ У БАСЕЙНАХ ПІДЗЕМНИХ ВОД УКРАЇНИ .....	109

## ГЕОГРАФІЯ

<i>Ачкасов Антон, Попович Наталія, Пересадько Віліна, Гордезіані Тенгіз</i> ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОПОРТАЛІВ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД: ДОВОЄННІ РЕАЛІЇ Й ПІСЛЯВОЄННІ ПЕРСПЕКТИВИ .....	124
<i>Байтеряков Олег, Воронова Валерія</i> ТОПОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ .....	137
<i>Beznosiuk Olena</i> PROSPECTS OF A TOURIST CLUSTER BASED ON THE INTANGIBLE CULTURAL HERITAGE OF OPISHNE, RESHETYLIVKA, PETRYKIVKA .....	159
<i>Borysenko Kateryna, Hutchinson Simon M., Sinchuk Diana</i> MANIFESTATIONS AND CONSEQUENCES OF WATER CONFLICTS: CASE STUDY OF THE PECHENIHU RESERVOIR, KHARKIV REGION, UKRAINE .....	173
<i>Гетьман Володимир, Попович Сергій</i> ГЕОГРАФІЧНА РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ МЕРЕЖІ ЗАПОВІДНИКІВ І НАЦІОНАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ПАРКІВ УКРАЇНИ .....	188
<i>Husieva Nataliia, Niemets Oleksii</i> INVESTMENT POLICY OF UKRAINE DURING FULL-SCALE WAR: IMMEDIATE MEASURES AND FUTURE PERSPECTIVES .....	199
<i>Imrani Zaur, Huseynova Bayimkhanim</i> ETHNO-TOURISM POTENTIAL OF THE SHAKI-ZAGATALA ECONOMIC REGION: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES .....	215
<i>Margaryan Varduhi, Reshetchenko Svitlana, Vardanyan Vahram, Frunzikyan Hovakim</i> TRENDS IN THE 30-DAY MINIMUM WINTER RUNOFF OF RIVERS FLOWING OUT OF LAKE SEVAN .....	231
<i>Nedostrelova Larysa, Nedostrelov Maksym</i> ANALYSIS OF SPATIO-TEMPORAL ALLOCATION OF SNOW COVER ON THE TERRITORY OF VINNYTSIA REGION .....	240
<i>Niemets Liudmyla, Sehida Kateryna, Kravchenko Kateryna, Vila-Subirós Josep, Valjarević Aleksandar, Morar Cezar, Kobylin Pavlo, Kliuchko Liudmyla, Telebienieva Ievgeniia</i> INFORMATION: INTERDISCIPLINARY SIGNIFICANCE OF SOCIO-GEOGRAPHICAL CONCEPT .....	252
<i>Uhl Anna, Melnyk Oleksandr, Melnyk Yuliia, Manko Pavlo, Brunn Ansgar, Fesyuk Vasyl</i> REMOTE SENSING MONITORING OF CHANGES IN FOREST COVER IN THE VOLYN REGION: A CROSS SECTION FOR THE FIRST TWO DECADES OF THE 21st CENTURY	272
<i>Ель Хадрі Юссеф, Берлінський Микола, Сліже Марія, Головченко Катерина</i> ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНІ ЕКВАТОРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ТИХОГО ОКЕАНУ НА АКТИВНІСТЬ ТРОПІЧНИХ ЦИКЛОНІВ .....	284
<i>Щеглов Олександр, Шниг Віталій, Повишук Тетяна, Фомічев Нікіта</i> АТМОСФЕРНІ РІКИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА АНОМАЛЬНІ ОПАДИ НА ЗАХОДІ УКРАЇНИ	292

## ЕКОЛОГІЯ

<i>Amanova Shahnaz, Hajiyeva Afag, Jafarova Firusa</i> PREPARATION OF FUTURE DEVELOPMENT SCENARIOS OF URBAN LANDSCAPES IN ACCORDANCE WITH NATURAL AND SOCIO-ECONOMIC CONDITIONS (ON THE EXAMPLE OF THE CITIES OF THE KURA-ARAZ LOWLAND) .....	305
<i>Batrymenko Oleg, Chomko Dmytro, Tkach Oleg</i> DECARBONIZATION AS A MULTILATERAL POLITICAL MECHANISM FOR CARBON REGULATION .....	323
<i>Hajiyeva Gülnar Nuru</i> ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE PLANT COVER OF THE NORTHEASTERN SLOPE OF GREAT CAUCASUS (WITHIN AZERBAIJAN) .....	335
<i>Корогода Наталія, Купач Тетяна</i> ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ КУЛЬТУРНИХ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ .....	342
<i>Крайнюк Олена, Буц Юрій, Барбашин Віталій, Нікітченко Ольга, Паккі Мар'яна</i> ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ЗАСТОСУВАННЯ ХІМІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН (НА ПРИКЛАДІ КУПРУМВМІСНИХ ПРЕПАРАТІВ) ....	354
<i>Maksymenko Nadiya, Gololobova Olena, Gololobov Vadym, Kireyeu Viktor</i> REVITALIZATION OF REGULAR LANDSCAPE COMPOSITIONS OF THE PARK-MONUMENT OF LANDSCAPE ART «SHARIVSKYI» .....	366
<i>Matviichuk Oleksandr, Hudzevich Anatoliy, Shevchuk Oksana, Korobkova Hanna, Khodanitska Olena, Tkachuk Olesia, Stepanenko Inna</i> BIODIVERSITY CENTERS OF FAUNA IN THE URBANIZED LANDSCAPE OF EASTERN PODILLIA: TAXONOMIC RICHNESS AND CONSERVATION PROSPECTS ..	379
<i>Nekos Alla, Boiaryn Mariia, Karpyuk Zoya, Kotsun Larisa, Andreyeva Valentina, Lugowska Maria</i> EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF THE NATURE RESERVE FUND IN THE PRIPET RIVER BASIN IN THE VOLYN REGION .....	389
<i>Рибалова Ольга, Артем'єв Сергій, Бригада Олена, Ільїнський Олексій, Мацак Антон</i> ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НА ТЕРИТОРІЇ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ .....	399
<i>Ukhan Olha, Klebanov Denys, Nabyvanets Yurii, Osadcha Nataliia, Verkhulevska Tetiana</i> NUTRIENT AND ORGANIC SUBSTANCES EMISSIONS FROM DIFFUSE SOURCES TO THE RIVERS OF UKRAINIAN CARPATHIANS .....	414
<i>Khalilov Ilgar, Eminov Farhad</i> PROBLEMS OF OPTIMIZING THE PRODUCTION AND EXPORT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY CONSUMER PRODUCTS IN AZERBAIJAN .....	424
<b>ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО «ВІСНИКА ХАРКІВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ» .....</b>	<b>432</b>

## CONTENTS

### CHRONICLE

TO MARK THE ANNIVERSARY OF Vasyl Suyarko .....	10
--	----

### GEOLOGY

<i>Bartaschuk Oleksii, Suyarko Vasyl, Chuienko Oleksandr, Perry Bruce J.</i> TECTONIC EVOLUTION OF THE INTRA-PLATE STRUCTURES OF SARMATIA IN THE PHANEROZOIC. 1. GEOPHYSICAL ANALYSIS OF STRUCTURAL AND SUBSTANCE DIFFERENTIATION OF THE LITHOSPHERE AND TECTONIC DIVISIBILITY OF THE EARTH'S CRUST .....	12
<i>Dernov Vitaly</i> LINGULID BRACHIOPODS WITH PROBABLY PRESERVED ORIGINAL SHELL COLOURATION FROM THE KAMENSK FORMATION (MOSCOVIAN, MIDDLE PENNSYLVANIAN) OF THE DONETS BASIN, UKRAINE .....	28
<i>Kroshko Yulia, Kovalchuk Myron</i> STRUCTURAL AND LITHOLOGICAL MODEL OF THE GLUKHIVETSKY DEPOSIT OF ELUVIAL KAOLINS .....	40
<i>Matveev Andriy, Shevchuk Olena, Kolosova Iryna, Loktiev Andrii</i> JURASSIC SYSTEM STRATIGRAPHY AT THE KAMIANKA VILLAGE. PART 2. THE CHERKAS'KA FORMATION .....	56
<i>Petik Viacheslav, Sukhov Valeriy, Sokolov Viktor, Iegupov Viacheslav, Goodary Rajeshwar, Pribylova Victoriia</i> STRENGTHENING THE ROLE OF HYDROGEOLOGICAL RESEARCH IN THE SYSTEM OF ENGINEERING INVESTIGATIONS FOR CONSTRUCTION .....	68
<i>Stepanyuk Leonid, Zagnitko Vasyl, Pavlov Hennadiy, Dovbush Tatyana</i> GEOCHRONOLOGY BY MONAZITE VEINS OF GRANITE OF THE OLD CRIMEA QUARRY (AZOV REGION, UKRAINIAN SHIELD) .....	80
<i>Khoha Yury, Shlapinsky Volodymyr, Savchak Olesya</i> TECTONIC AND GEOCHEMICAL CRITERIA OF ORGANIC MATTER EVOLUTION OF THE CARPATHIANS KROSNEN ZONE IN THE CONTEXT OF OIL AND GAS POTENTIAL .....	89
<i>Yakovliev Yevhenii, Udalov Ihor</i> POTENTIAL FACTORS OF REGIONAL DEVELOPMENT OF DANGEROUS GEOFILTRATION PROCESSES OF WATER USE IN UNDERGROUND WATER BASINS OF UKRAINE .....	109

## GEOGRAPHY

<i>Achkasov Anton, Popovych Nataliia, Peresadko Vilina, Gordeziani Tengiz</i> GEOINFORMATION SUPPORT OF GEOPORTALS OF TERRITORIAL COMMUNITIES: PRE-WAR REALITIES AND POST-WAR PROSPECTS .....	124
<i>Baiteriakov Oleg, Voronova Valeria</i> TOPOLOGICAL ANALYSIS OF THE AUTOMOBILE TRANSPORT NETWORK OF ZAPORIZHZHIA REGION .....	137
<i>Beznosiuk Olena</i> PROSPECTS OF A TOURIST CLUSTER BASED ON THE INTANGIBLE CULTURAL HERITAGE OF OPISHNE, RESHETYLIVKA, PETRYKIVKA .....	159
<i>Borysenko Kateryna, Hutchinson Simon M., Sinchuk Diana</i> MANIFESTATIONS AND CONSEQUENCES OF WATER CONFLICTS: CASE STUDY OF THE PECHENIHY RESERVOIR, KHARKIV REGION, UKRAINE .....	173
<i>Hetman Volodymyr, Popovych Serhii</i> GEOGRAPHICAL REPRESENTATIVENESS OF THE NETWORK OF RESERVES AND NATIONAL NATURAL PARKS OF UKRAINE .....	188
<i>Husieva Nataliia, Niemets Oleksii</i> INVESTMENT POLICY OF UKRAINE DURING FULL-SCALE WAR: IMMEDIATE MEASURES AND FUTURE PERSPECTIVES .....	199
<i>Imrani Zaur, Huseynova Bayimkhanim</i> ETHNO-TOURISM POTENTIAL OF THE SHAKI-ZAGATALA ECONOMIC REGION: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES .....	215
<i>Margaryan Varduhi, Reshetchenko Svitlana, Vardanyan Vahram, Frunzikyan Hovakim</i> TRENDS IN THE 30-DAY MINIMUM WINTER RUNOFF OF RIVERS FLOWING OUT OF LAKE SEVAN .....	231
<i>Nedostrelova Larysa, Nedostrelov Maksym</i> ANALYSIS OF SPATIO-TEMPORAL ALLOCATION OF SNOW COVER ON THE TERRITORY OF VINNYTSIA REGION .....	240
<i>Niemets Liudmyla, Sehida Kateryna, Kravchenko Kateryna, Vila-Subirós Josep, Valjarević Aleksandar, Morar Cezar, Kobylin Pavlo, Kliuchko Liudmyla, Telebienieva Ievgeniia</i> INFORMATION: INTERDISCIPLINARY SIGNIFICANCE OF SOCIO-GEOGRAPHICAL CONCEPT .....	252
<i>Uhl Anna, Melnyk Oleksandr, Melnyk Yuliia, Manko Pavlo, Brunn Ansgar, Fesyuk Vasyl</i> REMOTE SENSING MONITORING OF CHANGES IN FOREST COVER IN THE VOLYN REGION: A CROSS SECTION FOR THE FIRST TWO DECADES OF THE 21st CENTURY	272
<i>El Hadri Youssef, Berlinskyi Mykola, Slizhe Mariia, Holovchenko Kateryna</i> INFLUENCE OF THE SEA SURFACE TEMPERATURE OF EQUATORIAL PACIFIC OCEAN ON THE TROPICAL CYCLONES ACTIVITY .....	284
<i>Shcheglov Oleksandr, Shpyg Vitalii, Povshyk Tetyana, Fomichev Nikita</i> INFLUENCE OF ATMOSPHERIC RIVERS ON EXTREME PRECIPITATION IN WESTERN UKRAINE .....	292



## ECOLOGY

<i>Amanova Shahnaz, Hajiyeva Afag, Jafarova Firuza</i> PREPARATION OF FUTURE DEVELOPMENT SCENARIOS OF URBAN LANDSCAPES IN ACCORDANCE WITH NATURAL AND SOCIO-ECONOMIC CONDITIONS (ON THE EXAMPLE OF THE CITIES OF THE KURA-ARAZ LOWLAND) .....	305
<i>Batrymenko Oleg, Chomko Dmytro, Tkach Oleg</i> DECARBONIZATION AS A MULTILATERAL POLITICAL MECHANISM FOR CARBON REGULATION .....	323
<i>Hajiyeva Gülnar Nuru</i> ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE PLANT COVER OF THE NORTHEASTERN SLOPE OF GREAT CAUCASUS (WITHIN AZERBAIJAN) .....	335
<i>Korohoda Nataliia, Kupach Tetiana</i> TECHNOLOGICAL FEATURES OF CULTURAL ECOSYSTEM SERVICES ASSESSMENT ..	342
<i>Krainiuk Olena, Buts Yuriy, Barbashyn Vitalii, Nikitchenko Olga, Pakki Marianna</i> TECHNOGENIC AND ECOLOGICAL HAZARDS OF USING CHEMICAL PLANT PROTECTION PRODUCTS (ON THE EXAMPLE OF COPPER-CONTAINING PREPARATIONS) .....	354
<i>Maksymenko Nadiya, Gololobova Olena, Gololobov Vadym, Kireyeu Viktor</i> REVITALIZATION OF REGULAR LANDSCAPE COMPOSITIONS OF THE PARK-MONUMENT OF LANDSCAPE ART «SHARIVSKYI» .....	366
<i>Matviichuk Oleksandr, Hudzevich Anatoliy, Shevchuk Oksana, Korobkova Hanna, Khodanitska Olena, Tkachuk Olesia, Polyvanyi Stepan, Stepanenko Inna</i> BIODIVERSITY CENTERS OF FAUNA IN THE URBANIZED LANDSCAPE OF EASTERN PODILLIA: TAXONOMIC RICHNESS AND CONSERVATION PROSPECTS ..	379
<i>Nekos Alla, Boiaryn Mariia, Karpyuk Zoya, Kotsun Larisa, Andreyeva Valentina, Lugowska Maria</i> EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF THE NATURE RESERVE FUND IN THE PRIPET RIVER BASIN IN THE VOLYN REGION .....	389
<i>Rybalova Olha, Serhii Artemiev, Olena Brihada, Oleksii Ilinskyi, Anton Matsak</i> ASSESSMENT OF THE RISK TO PUBLIC HEALTH FROM SOIL CONTAMINATION ON THE TERRITORY OF SOLID WASTE LANDFILLS .....	399
<i>Ukhan Olha, Klebanov Denys, Nabyvanets Yurii, Osadcha Nataliia, Verkhulevska Tetiana</i> NUTRIENT AND ORGANIC SUBSTANCES EMISSIONS FROM DIFFUSE SOURCES TO THE RIVERS OF UKRAINIAN CARPATHIANS .....	414
<i>Khalilov Ilgar, Eminov Farhad</i> PROBLEMS OF OPTIMIZING THE PRODUCTION AND EXPORT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY CONSUMER PRODUCTS IN AZERBAIJAN .....	424
<b>REQUIREMENTS TO THE MATERIALS SUBMITTED TO THE “VISNYK OF V. N. KARAZIN KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY” .....</b>	<b>432</b>

# ХРОНІКА

## До ювілею Василя Григоровича Суярка



**29 травня** виповнилося **75 років** від дня народження нашого вельмишановного колеги, Головного редактора Вісника – **Василя Григоровича Суярка** – видатного українського вченого-геолога і педагога вищої школи, фахівця в галузі геохімії, відомого громадсько-політичного діяча. Василь Григорович – доктор геолого-мінералогічних наук, професор, професор кафедри Фундаментальної та прикладної геології Харківського національного університету В.Н. Каразіна, академік Академії наук Вищої школи України та Української нафтогазової академії, член Донецького відділення Наукового Товариства імені Шевченка та заступник голови Харківського обласного відділення Українського Мінералогічного товариства. Лауреат премії імені В. Н. Каразіна. Нагороджений Відзнакою "100 років створення Державної геологічної служби України" та Відзнакою Донецького відділення НТШ – пам'ятною медаллю «Євграф Ковалевський» з нагоди 150-річчя НТШ.

Василь Григорович є автором понад 150 наукових праць, включно з 9 монографіями і 6 навчальними підручниками. Він є редактором на-

прямку «геологія» фундаментального науково-інформаційного проекту «Українська гірничо-енциклопедія», членом редколегій трьох українських періодичних видань, а також Головним редактором Вісника ХНУ імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія». Коло його наукових інтересів включає: геохімію, гідрогеологію, прогнозування та пошук корисних копалин, процеси гідротермального мінералоутворення, екологію геологічного довкілля.

Василь Григорович народився у місті Костянтинівка на Донеччині, а його дитинство і молоді роки пройшли у Бахмуті (колишній Артемівськ). Після закінчення школи він вирішив стати геологом, як і його мати – Олександра Василівна Суярко – відома українська геологиня, що заклала фундамент гідрогеології Українського Донбасу. У 1967 р. він вступив на гірничий факультет Дніпропетровського гірничого університету, а закінчив вищу освіту у 1973 р. на геолого-географічному факультеті Ростовського державного університету. За прикладом Олександри Василівни, яка більшу частину життя присвятила польовій гідрогеології, Василь Григорович про-

працював п'ять років геологом у польових партиях ВГО «Донбасгеологія».

Набувши знань і практичного виробничого досвіду з геології, геохімії та гідрогеології Донбасу, Василь Григорович обрав наукову кар'єру. Після закінчення очної аспірантури і захисту у **1981 р. кандидатської**, а у **1996 р. - докторської** дисертацій він працював геологом-дослідником протягом майже чверті віку (1983–2007 рр.) у кількох науково-дослідних інститутах України: Інституті мінеральних ресурсів (м. Сімферополь), НДС Донецького національного технічного університету (м. Донецьк), Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України (м. Київ), Українському НДІ природних газів (м. Харків), займаючись проблемами теоретичної і пошукової гідрогеохімії, процесами гідротермального мінералоутворення, формування хімічного складу підземних вод, геохімії вуглеводнів.

Від 2003р. Василь Григорович живе у Харкові і працює в УкрНДІгаз. З того ж часу він розпочав свою успішну науково-педагогічну діяльність, плідно працював у кількох вищих навчальних закладах: Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна (з 2003 р. – за сумісництвом), Черкаському державному технологічному університеті (2007–2008), Інституті землевпорядкування та інформаційних технологій (м. Київ) (2008–2009), Полтавському національному технічному університеті ім. Юрія Кондратюка де у 2011 р. йому присвоєне **вчене звання професора**.

З 2012 р. Василь Григорович на постійній основі працює професором нашого Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Спочатку – на кафедрі Мінералогії, петрографії та корисних копалин, де з 2021 р. завідував кафедрою, а потім – на кафедрі Фундаментальної і прикладної геології, де викладає такі дисципліни: Історія та методологія геологічних наук, Геохімія нафти і газу, Прогнозування, пошук та розвідка родовищ вуглеводнів, Основи геохімії, Геохімія нафти і газу, Геохімічні методи пошуків корисних копалин, Нафтогазоносність імпактних структур.

За роки науково-педагогічної діяльності Василем Григоровичем була створена своя наукова школа. Під його науковим керівництвом успішно захищені одна докторська та п'ять кандидатських дисертацій. Його учні працюють в нашому університеті, постійно діє аспірантура і докторантура за спеціальностями «Геохімія», «Геологія нафти і газу», «Гідрогеологія», «Регіональна

геологія». Професор Суярко В.Г. є членом вчених рад із захисту дисертацій.

**Василь Григорович Суярко** завжди займав активну патріотичну позицію і поклав багато часу, сил, енергії та здоров'я на становлення незалежної України. Свою боротьбу він почав ще у далекому 1967 році, навчаючись у Дніпропетровському гірничому інституті. Активна політична діяльність Василя Суярка почалася наприкінці 1980-х років з товариства «Меморіал», а далі – Народний рух України, виступи на Радіо «Свобода», підписання у 1989 р. Маніфесту Демократичної партії України. Він був членом Національної ради ДемПУ, двічі балотувався до Верховної Ради України, був помічником-консультантом Народного депутата ВР, членом Національного проводу Республіканської Християнської партії, очолював обласні партійні організації та обласний виборчий штаб «Нашої України» на Донеччині (2004). Був членом Артемівського (Бахмут) міськвиконкому (2002). Брав активну участь у Революції на граніті (жовтень, 1990), Помаранчевій революції (2004) та Революції гідності (грудень 2013 – лютий 2014).

З початком російської агресії на сході України професор Василь Суярко стає активним волонтером. Розвозить своєю «Нивою» продукти і одяг для наших захисників, інколи потрапляючи під ворожі обстріли.

Творча натура Василя Григоровича є напрочуд неординарною та багатогранною. Не менш кваліфіковано, ніж академічною наукою, у часи дозвілля він займається живописом, створюючи майстерні пейзажі у багатьох мальовничих куточках України. Захоплення полюванням зі своїми улюбленими англійськими сетерами зробило його експертом-кінологом Національної категорії Федерації мисливського собаківництва України, Почесним членом Українського товариства мисливців і рибалок. Він є відомим на всю Україну фахівцем, який судить численні польові змагання та виставки. А ще Василь Григорович у вільний час, замість звичайних розваг, може днями сидіти з вудкою або ходити по берегу водоймища зі спінінгом, в надії спіймати рибку.

Вельмишановний Василю Григоровичу! Ми, Ваші колеги і друзі, щиро вітаємо Вас з Ювілеєм! Ми звертаємося до Вас з великою повагою і щирими побажаннями міцного здоров'я і творчого довголіття, плідного використання Вашого духовного та інтелектуального потенціалу на благо України, української науки і освіти та нашого Університету. Зі святом Вас! З Роси та Води Вам!

*Ваші колеги-співробітники факультету геології, географії, рекреації і туризму, редколегія «Вісника»*


# ГЕОЛОГІЯ

<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-01>  
УДК 551.242:551.77(477)


Надійшла 11 березня 2024 р.  
Прийнята 20 квітня 2024 р.

## Тектонічна еволюція внутрішньоплитних структур Сарматії у фанерозої. 1. Структурно-речовинна диференціація літосфери і тектонічна подільність земної кори за геофізичними даними


**Олексій Барташук**<sup>1</sup>

д. геол. н., професор кафедри фундаментальної і прикладної геології,  
<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна,  
e-mail: [alekseybart@gmail.com](mailto:alekseybart@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0001-7831-6134>;

**Василь Суярко**<sup>1</sup>

д. геол.-мін. н., професор, кафедра фундаментальної та прикладної геології,  
e-mail: [vgsuyarko@gmail.com](mailto:vgsuyarko@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0002-3693-4767>;

**Олександр Чуєнко**<sup>1</sup>

зав. лабораторії по дослідженню порід, мінералів і викопних організмів,  
e-mail: [chuenko@karazin.ua](mailto:chuenko@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-6717-4695>;

**Брюс Дж. Перрі**<sup>2</sup>

PhD, геолог-розвідник, геохімік-аналітик,

<sup>2</sup> Flightline Minerals Canada INC., Камлупс, Британська Колумбія, Канада,  
[dr.bruce.j.perry.ph.d.canada@gmail.com](mailto:dr.bruce.j.perry.ph.d.canada@gmail.com), [Scopus Id 7201468973](https://scopus.com/authors/details/scopusid/7201468973)

Досліджувалася будова літосфери Сарматії за новітніми інтегрованими геолого-геофізичними, тектонофізичними, аерокомогеологічними, неотектонічними даними і результатами гравітаційного, магнітного, густинного та сейсмічного (ГСЗ, сейсмотомографія) моделювання. Метою дослідження було виявлення природи неоднорідностей літосфери Сарматії та їх впливу на характер процесу структурно-речовинної диференціації земної кори. Методика. Виконано порівняльний геотектонічний аналіз структури, складу і співвідношень окремих шарів консолідованої земної кори, розділу Мохо і підкорової мантії. По результатах аналізу з'ясувалися характер взаємозв'язку структури та складу поверхів літосфери і шарів земної кори, особливості тектонічної подільності кратонного ядра Сарматії. Результати. З'ясовано співвідношення і закономірності просторового розподілу окремих поверхів літосфери, шарів земної кори і коромантії суміші, структури розділу Мохо і підкорової мантії на території України. На підставі зіставлення сучасної сегментації консолідованої кори зі структурою поверхів літосфери встановлено, що сучасну структурно-речовинну неоднорідність Сарматської плити визначає вихідна, «вбудована» анізотропія літосфери, натомість структура земної кори не має однозначного зв'язку з рельєфом підшви сучасної сейсмічної літосфери. Винятками є її підйом з утворенням мантіїних купольних структур в окремих районах Західної та Східної мікроплит і під Лохвицьким сегментом Дніпровсько-Донецького авлакогена. Наукова новизна. З'ясовано характер впливу неоднорідності літосфери Сарматії, «вмороженої» протягом стабілізації дорифейського кратонного ядра Східноєвропейської платформи, на сучасну сегментацію та структурно-речовинну диференціацію земної кори. Вперше зроблено висновок про деформативну природу структурної диференціації земної кори Сарматії, яка сформувалася на тлі вихідної анізотропії літосфери під впливом процесів мантіїної активізації на етапах тектонічної еволюції у фанерозої. Практична значимість. Отримані дані щодо геодинамічного взаємозв'язку структурних поверхів літосфери, шарів земної кори і коромантії суміші можуть бути використані для геологічної інтерпретації при з'ясуванні геодинамічних умов формування і тектонічної еволюції внутрішньоплитних геоструктур Сарматії у фанерозої.

**Ключові слова:** літосфера, анізотропія, земна кора, тектонічна еволюція, структурна диференціація, Східноєвропейська платформа, Сарматія.

**Як цитувати:** Барташук Олексій. Тектонічна еволюція внутрішньоплитних структур Сарматії у фанерозої. 1. Структурно-речовинна диференціація літосфери і тектонічна подільність земної кори за геофізичними даними / Олексій Барташук, Василь Суярко, Олександр Чуєнко, Брюс Дж. Перрі // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 12-27. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-01>

**In cites:** Bartaschuk Oleksii, Suyarko Vasyl, Chuienko Oleksandr, Perry Bruce J. (2024). Tectonic Evolution of the Intra-plate Structures of Sar-matia in the Phanerozoic. 1. Geophysical analysis of structural and substance differentiation of the lithosphere and tectonic divisibility of the Earth's crust. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 12-27. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-01> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Земна кора південного сегменту дорифейського кратонного ядра Східноєвропейської платформи (СЄП), Сарматської плити, складається з різноманітної за розміром, віком, складом і будовою ансамблю геоблоків і терейнів континентальної земної кори. Вважається, що у сучасній структурі земної кори Сарматії ці тектонічні елементи розподілені майже навпіл у складі двох геодинамічно відносно самостійних Західної і Східної мікроплит, які відрізняються за структурою, товщинами і речовинним складом шарів земної кори [1]. Тектонічна еволюція Сарматії розглядається за свідченнями з внутрішньо-плитних геоструктур - кристалічних масивів Українського щита (УЩ), Воронезької антеклиз (ВА) та рифтогенних палеозападин Дніпровсько-Донецького авлакогена (ДДА), Донецької складчастої споруди (ДСС). Протягом фанерозойських етапів активізації у контрастних геодинамічних обстановках відбувалося формування та багаторазові перебудови цих регіональних геоструктур [1-2]. Геодинамічні обстановки і тектонічні режими деформацій елементів інфраструктури в їх межах суттєво відрізнялися за механізмами, напрямками і кінематикою рухів геоблоків і активізованих мас гірських порід на етапах платформної активізації [3]. Природа як від'ємних (осадових басейнів та ін.), так і позитивних (антекліз, валів та ін.) внутрішньо-плитних геоструктур континентальної земної кори є різноманітною, проте їх об'єднують загальні для усіх критерії і тенденції геологічного розвитку. Головним є тектонічний критерій розподілу їх загальної структури на складові системо-утворюючі сукупності позитивних та від'ємних інфраструктур [4]. Інфраструктурні елементи постійно утворюються, деформуються і руйнуються у ході тектонічної еволюції, протягом якої в їх межах змінюються напрямки та кінематика переважних рухів блоків і геомас гірських порід (вергентність) [1-3,5,6]. Структурна диференціація земної кори протікає у різноманітних геодинамічних обстановках середини плит [1,2,7,8], тому формування їх інфраструктури проявляється по-різному в залежності від переважного тектонічного режиму на етапах тектонічної еволюції регіональних геоструктур [9-11]. Наприклад, структурні елементи різних сегментів у лінійних рифтогенних басейнах відрізняються за тектонічним стилем через варіації інтенсивності та режимів деформацій уздовж їх простягання [1, 8, 11]. До того ж протягом тектонічної еволюції всередині осадових басейнів через інверсію режимів деформацій вихідні інфраструктурні елементи можуть змінюватися на нові структурні парагенези [3, 5, 6, 8, 11]. Як наслідок, структура басейнів тривалого розвитку рід-

ко зберігає інфраструктуру, узгоджену з вихідним тектонічним планом, зазвичай протягом тектонічної еволюції первинна структура зазнає інверсійних деформацій і набуває різною мірою незгідного, або цілком оберненого плану відповідно до їх первинної структури [1,6,9,11].

Тектоніка Сарматії досліджувалася шляхом інтеграції наявних геофізичних даних. Виконувалася порівняльний тектонічний аналіз характеру структурних співвідношень складових шарів, тектонічної подільності консолідованої земної кори, структури розділу Мохо і підкорової мантії. Вивчався вплив неоднорідностей літосфери Сарматії, набутих на протязі дорифейської стабілізації у складі кратонного ядра Східноєвропейської платформи, на загальний напрям та хід еволюційного процесу структурно-речовинної диференціації континентальної земної кори. Піднята проблема крім науково-теоретичного має також важливе практичне значення, оскільки більшість осадових басейнів є вугле-, рудо- та нафтогазонасними територіями (провінціями) на кшталт Донбасу, Криворізького залізорудного басейна, Дніпровсько-Донецької западини, внутрішньо-басейнові структури яких містять родовища рудних і нерудних корисних копалин та вуглеводнів [1, 5, 6].

**Методика досліджень.** Для дослідження будови окремих поверхів літосфери та шарів земної кори Сарматії використовувалися інтегровані геолого-геофізичні, тектонофізичні, дистанційні, неотектонічні дані. Для їх аналізу застосовувалися методи порівняльно-тектонічного і структурного аналізу, геологічних аналогій, створення тематичних карт з використанням комп'ютеризованих географічних інформаційних систем. По результатах з'ясувалися взаємозв'язки структури та складу індивідуальних та різноманітних поверхів літосфери і шарів земної кори, особливості тектонічної подільності та структурної диференціації земної кори Сарматської літосферної плити.

#### **Обговорення результатів.**

**Співставлення тектонічної подільності і структурно-речовинної диференціації поверхів літосфери і шарів земної кори Сарматії за геофізичними даними.** Дорифейське кратонне ядро СЄП складається з трьох великих континентальних плит - Фенноскандії, Сарматії та Волгоуралії [14] (рис. 1). Транс'європейська тектонічна шовна зона Тейшейра-Торнквіста (TESZ) на заході слугує кордоном стародавньої СЄП з молодією Західноєвропейською плитою, утвореною кількома спаяними фанерозойськими терейнами. Тектонічний шов TESZ сформувався внаслідок колізії континентальних мікроплит до початку герцинського етапу тектогенезу. Уральські гори є

східним кордоном СЄП, що утворився через закриття Уральського палео-океану у карбоні (0,35-0,25 млрд років тому). Сарматська плита стабілізувалася протягом пізнього архея-палеопротерозоя завдяки об'єднання кількох терейнів континентальної кори віку 3,8–2,8 млрд років [14,15]. Сарматія відокремилася від Волгоуралії близько 2,0 млрд років тому через утворення між ними терейну океанічної кори. На початках формування кратонного ядра СЄП (1,75 млрд років тому) на північній околиці Сарматії розпочалася субдукція континентальної кори, яка викликала її зіткнення з Фенноскандією. Остаточо кратонне ядро СЄП сформувалося внаслідок об'єднання літосферних плит Фенноскандії, Сарматії і Волгоуралії 1,25–0,8 млрд років тому [15]. Тоді у континентальній корі протягом кількох пізньо-рифейських епізодів рифтінгу сформувався Середньоруський рифтовий пояс субмеридіонального простягання, складений низкою кулісно ешелонованих грабенів [17] (рис. 1). На західній і східній околицях пояса розташовані Волино-Оршанський прогин, який відокремлює Фенноскандію від Сарматії, та Пачелмський авлакоген, що відділяє Сарматію від Волгоуралії, ще далі на південний захід розташувалася палеорифтова структура ДДА (рис. 1, 2).

Територія України охоплює різноманітні геологічні структури Сарматської плити у межах платформної частини стародавньої СЄП (УЩ, ДДА, ДСС, Волино-Подільська плита), молодих Західноєвропейської і Скіфської плит та зон зчленування різновікових платформ, де розташовані Передобруджинський прогин, Південноукраїнська монокліналь (Причорноморська западина), гірсько-складчасті споруди Карпат і Криму та Чорноморська западина у складі Альпійсько-Гімалайського мобільного пояса. За новітніми геофізичними даними літосфера і земна кора Сарматії мають неоднорідну, диференційовану структурно-речовинну будову (рис. 2) [17-30]. За усіма структурними ознаками у спостережених геофізичних полях Сарматський літосферний сегмент виділяється серед інших як найбільше деформована складова кратонного ядра СЄП.

Літосфері Сарматії притаманна суттєва неоднорідність орієнтації вектора розщеплення поперечної сейсмічної хвилі [22,23,25] (рис. 1, 3). Ця швидкісна анізотропія вважається свідченням структурно-речовинної гетерогенності, обумовленої стародавньою дорифейською, вбудованою («вмороженою») анізотропією літосфери [19]. Поверхнево-хвильова томографія надала можливість детально аналізувати будову усіх поверхів літосфери на території СЄП у великому діапазоні глибин, отримати зображення структур верхньої мантії, на кшталт зон високої швидкості,

які можуть обмежувати товщину літосфери, контролюючи склад її поверхів. На глобальній швидкісній моделі за томографією [25] (рис. 3) літосферна плита СЄП відбивається як регіон з найбільш швидкісною речовиною літосфери, ніж у середньому у Євразії на глибинах від 15-20 км до значно нижче 200 км. Високошвидкісне тіло континентальної літосферної плити простягається від Уралу до TESZ та від Арктики до Чорноморської западини. Натомість у південному сегменті СЄП в межах Сарматії напрями розщеплення зсувної хвилі різко змінюються з усталених субмеридіональних азимутів простягання на північно-західний, тоді переходячи на субширотний на півдні, у межах Скіфської молодшої плити. При цьому літосфера під Сарматією значно тонша за таку інших двох сегментів (рис. 2).

По результатах порівняльного структурного аналізу морфології і простягання спостережених магнітних і гравітаційних лінеаментних аномалій з швидкісними сейсмічними анізотропними аномаліями отримано інформацію про взаємодію динамічно пов'язаної геосистеми «консолідована кора-верхня мантія» [21]. Зокрема, аналіз комплексу цих трьох незалежних даних дав можливість ідентифікувати, локалізувати та виокремити деформації в земній корі та літосфері, які є вертикально когерентними, тобто геодинамічно спряженими, від накладених, без-кореневих деформацій [22].

Аналіз гравітаційного і магнітного спостережених аномальних полів свідчить, що разом вони відображають важливі структурні особливості глибинних шарів консолідованої земної кори СЄП, значна площа якої перекрита потужними відкладами плитного осадового чохла. На моделі залишкового магнітного поля Східноєвропейської літосферної плити яскраво відбиваються рифтогенні структури авлакогенів Пачелми та ДДА, а також міжплитний Польсько-литовсько-білоруський террейн як лінеаменти з низько-амплітудними варіаціями (рис. 4). Уральські гори відображаються переважно плямами позитивних аномалій, вишикуваних уздовж простягання пояса. Тектонічний кордон між СЄП та Уралом визначається лінійною негативною магнітною аномалією. Центральна частина Руської плити має найбільш складну структуру магнітного поля, поєднуючи мозаїчні поля і лінійні аномалії різної азимутальної орієнтації. Магнітному полю УЩ властива значна диференціація через розвиток аномальних зон з горизонтальними градієнтами до 10 мкТ/км (рис. 4).

Гравітаційне поле Сарматської плити та прилеглих регіональних структур аналізовано за даними супутникових спостережень на глобальній моделі EIGEN-6S2 за розподілом аномалій

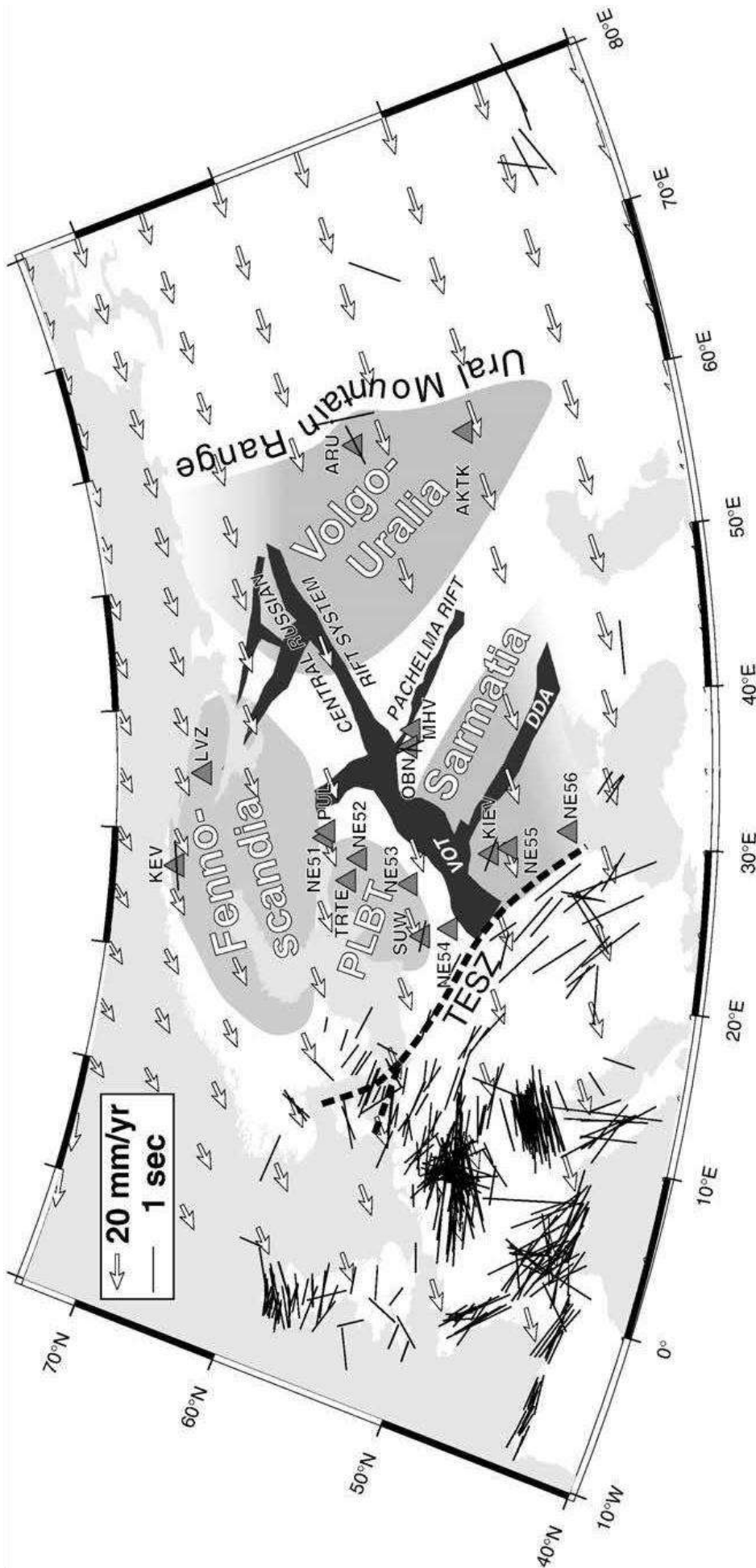


Рис. 1. Сегментация літосфери, кордони і палеорифтові пояси за [16] на швидкісній моделі Східноєвропейської платформи, згідно [22]: PLBT- польсько-литовсько-білоруський террейн Фенноскандії; DDA - Дніпровсько-Донецький авлакоген, VOT- Волино-Оршанський прогин. Чорні смуги - спостережені розщеплення поперечної хвилі, згідно (<http://www.gm.univ-montp2.fr/splitting>); білі стрілки - вектори руху Східноєвропейської літосферної плити відносно системи відліку гарячої точки HS3-Nuve11A, згідно [24]; трикутники – станції спостереження /

Fig. 1. Segmentation of the lithosphere, boundaries and paleorift belts by [16] on the speed model of the East European Platform, according to [22]. Symbols: PLBT - Polish-Lithuanian-Belarusian terrane of Fennoscandia; DDA - Dniipro-Donetsky avlakogen, VOT- Volyn-Orshansky depression. Black bars - observed shear wave splitting, according to (<http://www.gm.univ-montp2.fr/splitting>); white arrows - movement vectors of the East European lithosphere plate relative to the hot spot reference system HS3-Nuve11A, according to [24]; triangles are observation stations

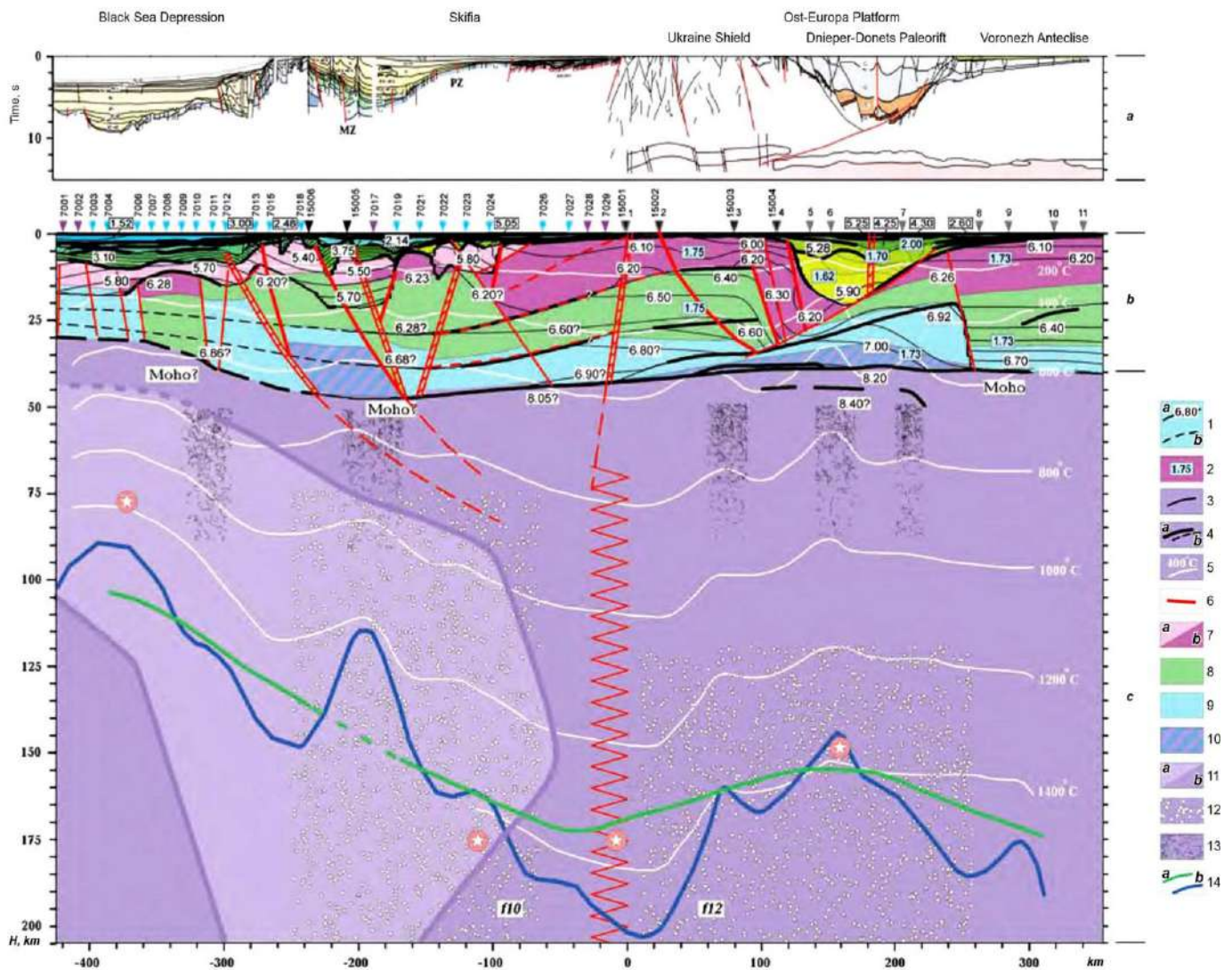


Рис. 2. Розрізи літосфери Східноєвропейської платформи вздовж профілю DOBRE fraction'99/DOBRE-2 [Сидоренко та ін., 2017] зі змінами згідно [31]. Умовні позначення: а – осадовий чохол, б – консолідована кора, в – мантія; 1- швидкість Р-хвилі, 2- Vp/Vs, 3- горизонти відбиття, 4- Мохо, 5- ізотерна, град С, 6- розломи, 7,8,9 – земна кора: 7- верхня (низька і регулярна щільність), 8- середня, 9- нижня; 10- коро-мантійна суміш, 11- низько- та високо швидкісна мантія, 12- глибинні флюїди, 13- термічні аномалії, 15- покрівля астеносфери: геотермічна та сейсмічна /

Fig. 2. Sections of the lithosphere Eastern European Platform along the DOBRE fraction'99/DOBRE-2 profile [by Sydorenko et al., 2017] with changes according to [31]. Symbols: a – sedimentary cover, b – consolidated crust, c – mantle; 1- P-wave speed, 2- Vp/Vs, 3- reflection horizons, 4- Moho, 5- isotherm, grad C, 6- faults, 7,8,9 – Earth's crust: 7- upper (low and regular density), 8- middle, 9- bottom; 10- crust-mantle mix, 11- low and high speed mantle, 12- deep fluids, 13- thermal anomalies, 15- roof of the asthenosphere: geothermal and seismic



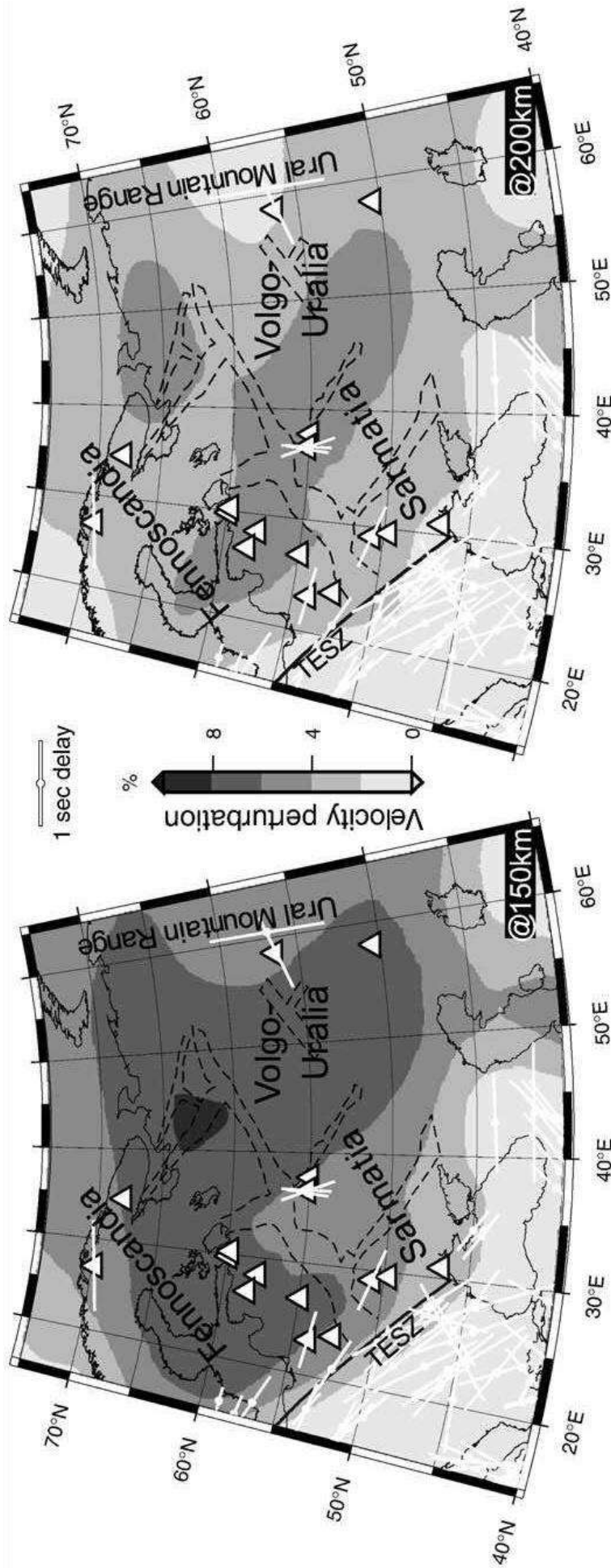


Рис. 3. Томографічна модель швидкості поверхневої хвилі у літосфері Східноєвропейської платформи у глибинних перерізах 150 км (ліворуч) і 200 км (праворуч), згідно [24]. Збурення швидкості у відсотках відносно PREM. Напрями розщеплення зсувної хвилі – білі смуги, трикутники – станції спостереження, чорний пунктир-рифтові пояси за [17] /

Fig. 3. Tomographic model of surface wave velocity of the East European Platform lithosphere in depth sections of 150 km (left) and 200 km (right), according to [24]. Velocity perturbation as a percentage relative to PREM. The directions of shear wave splitting are white stripes, triangles are observation stations, black dotted lines are rift belts by [17]

Буге та аномалій у вільному повітрі, висот геоїду та другої вертикальної похідної гравітаційного потенціалу [22] (рис. 5). Найбільш виразно у полі сили тяжіння у вільному повітрі відбивається структура УЩ, якій властиві додатні аномалії (до +40 мГал) широтного в центральній та східній частинах і північно-західного простягання у західній частині на тлі невиразно-нейтрального поля ВА (рис. 5, б).

Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецькому авлакогену, як складовій структурі протяжного Лінеаменту Карпінського властиве неоднорідне, диференційоване гравітаційне поле: мінімуми поля Прип'ятського прогину сусідують з Чернігівським максимумом. У Дніпровському грабені аномалії змінюються від позитивних (+40 мГал) у його північно-західній частині до негативних (-30 мГал) у південно-східній, натомість ДСС відповідає широтний максимум +40 мГал. Розподіл гравітаційних аномалій у вільному повітрі (рис.

5, б) свідчить про подовження структури ДДА у південно-східному напрямку до Валу Карпінського, що далі переходить у Мангишлацько-Туаркирський сегмент [11,16]. Це вважається геофізичною ознакою існування структури великого Сарматсько-Туранського лінеаменту (Лінеамент Карпінського), який є найбільшим планетарним мобільним поясом північно-західного азимуту простягання [28]. З північного сходу Сарматія відокремлена від Волгоуралії структурою Пачелмського авлакогена з лінійним гравітаційним мінімумом північно-західного простягання, який на схід змінює велика негативна аномалія Прикаспійської западини. Загалом структурам земної кори Сарматії і молодшим структурам її південного облямування притаманне північно-західне простягання спостережених аномалій поля сили тяжіння, що виразно проявляється у розподілі другої похідної гравітаційного потенціалу (рис. 5, г).

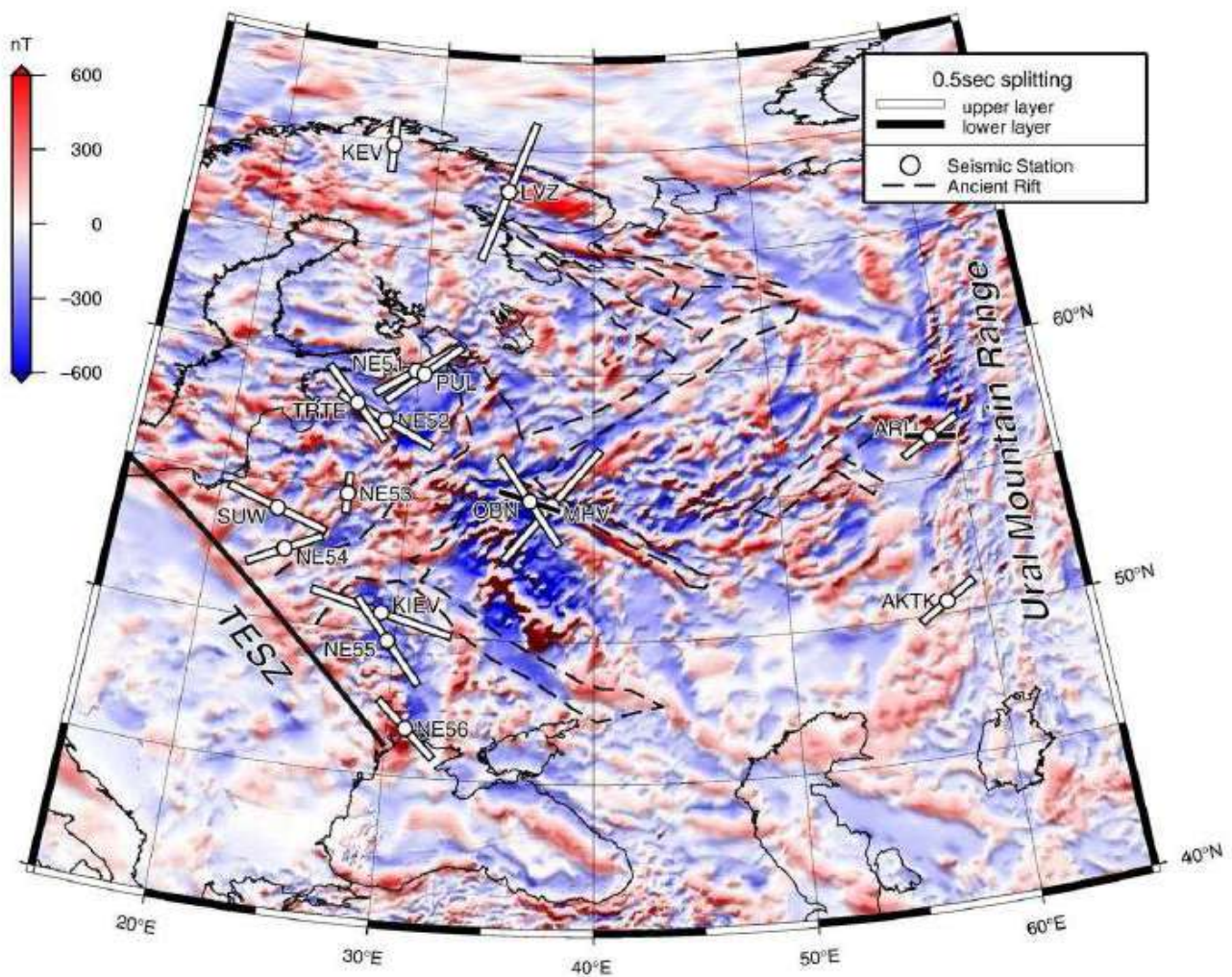


Рис. 4. Залишкове спостережене магнітне поле Східноєвропейської літосферної плити, згідно [26] чорний пунктир – палеорифтові пояси, згідно [16]. Середні показники розщеплення поверхневої хвилі – білі смуги, згідно [23] /

Fig. 4. The residual observed magnetic field of the East European lithosphere plate, according to [26], the black dotted line is paleorifts. Average values of surface wave splitting are white bars, according to [23] /

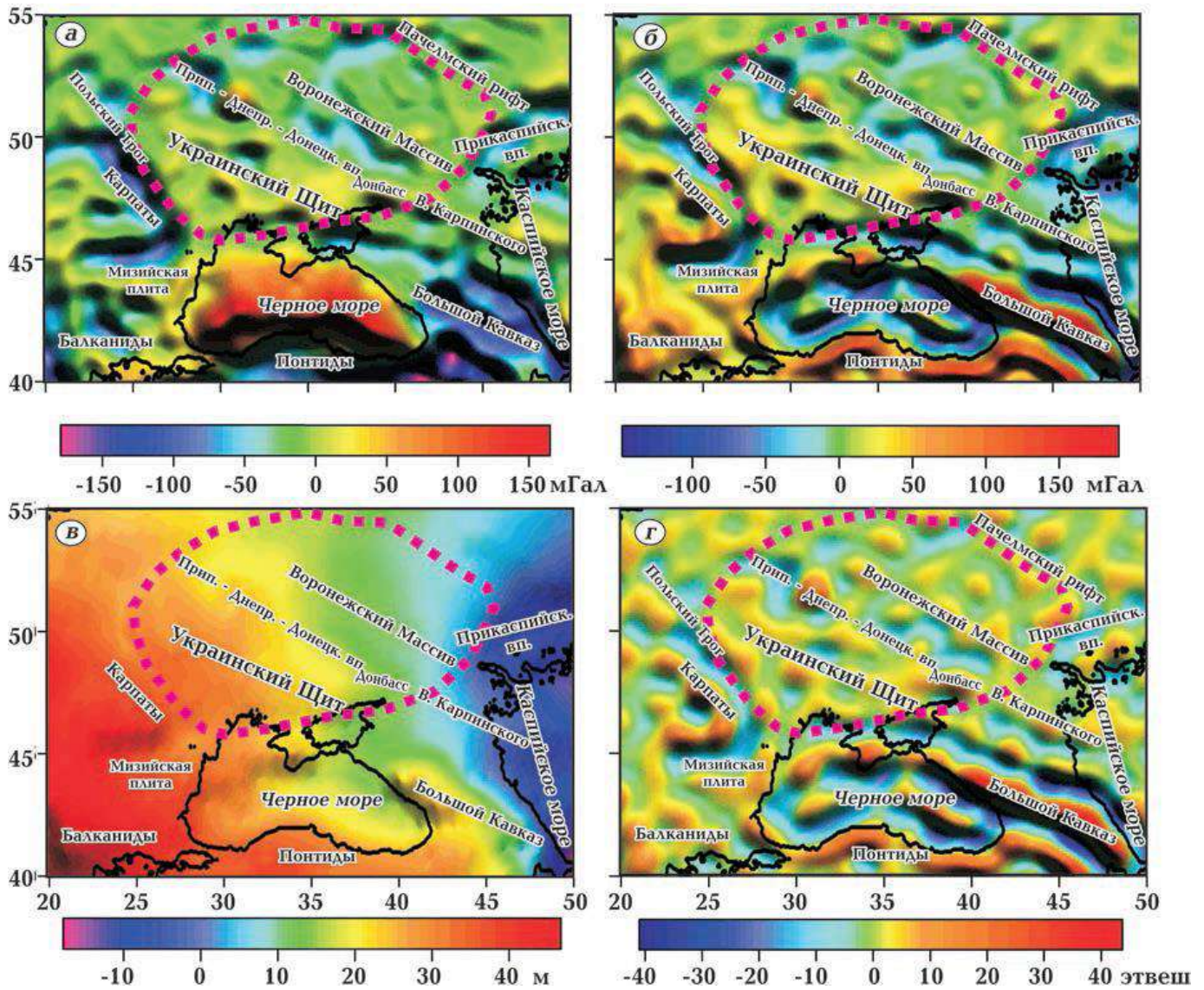


Рис. 5. Гравітаційне поле Сарматії (червоний пунктир) та навколишніх структур за супутниковими даними на моделі EIGEN-6S2, згідно [27]: аномалії Буге, мГал(а); аномалії у вільному повітрі, мГал(б); висоти геоїду, м (в); друга радіальна похідна гравітаційного потенціалу, етвеш (г) / Fig. 5. The gravity field of Sarmatia and surrounding units according to satellite data model EIGEN-6S2, according to [27]: Bouguer anomalies, mGal (a); Free Air anomalies, mGal (b); geoid heights, m (in); the second radial derivative of gravity potential, etvesh (g). Sarmatia is outlined in red dotted line

Аналіз просторового розподілу типів консолідованої кори (гранітного, діоритового, базальтового) і «коро-мантіїної суміші» на густинній моделі свідчить, що Сарматії притаманне загальне зменшення основності кори з заходу на схід уздовж структури УЩ [29] (рис. 6). При цьому на заході переважає базальтоїдний тип кори з вмістом базальту 40-70%, на сході діоритовий та гранітно-діоритовий. У ДДА поширена переважно діоритова кора, на тлі якої в осьовій частині Дніпровського грабена розвинений базальтоїдний тип. Винятком є західна частина Чернігівського сегменту, де базальтоїдний тип пов'язаний з вторгненням основних магматичних тіл на рифтовому етапі. Нерівномірним є розподіл типів

кори щодо осі палеорифта у Лохвицькому та Ізюмському сегментах, де кора має підвищену намагніченість «діоритового» та «базальтового» шарів.

На відміну від УЩ та ВА, коро-мантіїна суміш під ДДА складає понад 20% від товщини "базальтового" шару. Асиметрія поширення суміші уздовж авлакогену може свідчити про її нерівномірне «розтікання» внаслідок пульсуючого прояву кількох девонських (франських і фаменських) епізодів рифтингу, якими були викликані мантіїна декомпресія з вторгненням магми у кору [17]. Тяжіння лінійних зон підвищеного вмісту коро-мантіїної суміші до кордонів між геоблоками з різними типами кори може бути свідче-

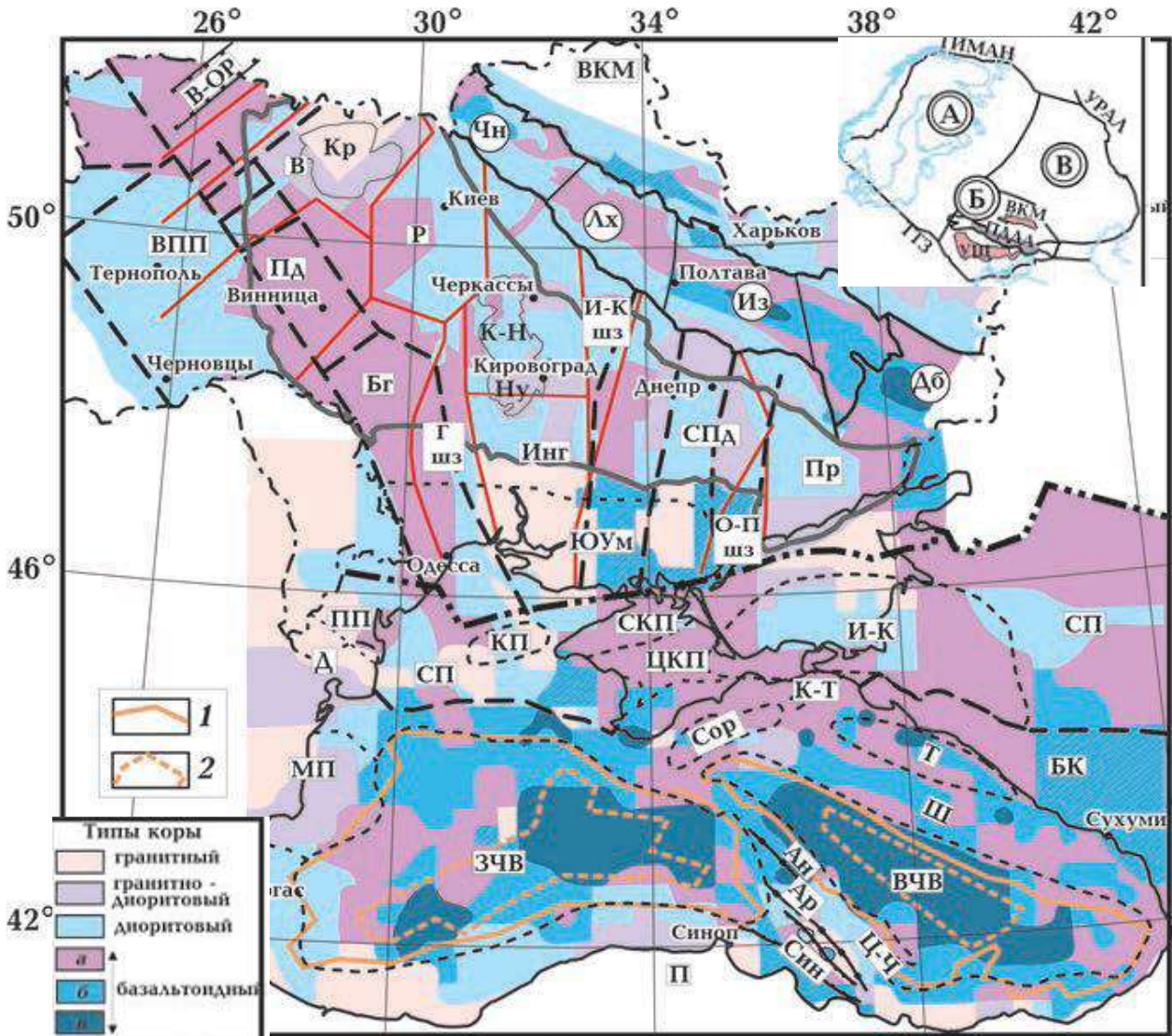


Рис. 6. Типи земної кори Сарматії та прилеглих територій за співвідношенням складу шарів, згідно [29]. Геодинамічні області земної кори, згідно [30]: 1 - розтягнутої континентальної; 2 - океанічної. Підтипи базальтоїдної кори за вмістом базальту: 1 - 40-70% (а), 2 - 70-90% (б), 3 - 100% (в). Умовні позначення: Геоструктурні елементи Сарматії, згідно [5,15-17,30]: 1-11 - кордони: 1- Дніпровсько-Донецького авлакогена; 2- Українського Щита; 3 - плутони (Кр - Коростенський, К-Н - Корсунь-Новомиргородський; Ну - Новоукраїнський масив); 4 - міжгеоблокові розломи УЩ; 5 - проєкції на земну поверхню зон зміщення розділу Мохо; 6 - структур Чорноморської западини; 7 - осі хребтів Андрусова (Ан) та Архангельського (Ар); 8 - Синопської (Сін) улоговини; 9 - південний кордон Скіфської плити (СП); 10 - південний кордон Східноєвропейської платформи (СЄП); 11 - зеленокам'яних структур. Тектонічне районування території України: 12 - Український щит (УЩ); 13 - Воронежський кристалічний масив (ВКМ); 14 - ДДА, СП, ВПП; 15 - південно-східна околиця Західноєвропейської платформи; 16 - Південно-Українська монокліналь (ЮУМ); 17 - Донецька складчаста споруда (Донбас); 18 - складчасті системи Добруджі, Криму, Карпат; 19 - Переддобруджинський та Передкарпатський прогини; 20 - Чорноморська западина. Геоблоки УЩ: В - Волинський; Пд - Подільський; Р - Росинський; Бг - Бузький; Ін - Інгультський; СПд - Середньопридніпровський; Пр - Приазовський. Шовні зони: Гшз - Голованівська; І-Кшз - Інгультсько-Криворізька; О-Пшз - Оріхово-Павлоградська; В-ОР - Волино-Оршанський рифт. Сегменти ДДА: Чн - Чернігівський, Лх - Лохвицький, Из - Ізюмський, Дб - Донбаський. Структури Чорноморської западини та прилеглих територій: МП - Мізійська плита, Д - Добруджа; прогини СП: ПП - Переддобруджинський, КП - Каркінітський, СКП - Північнокримський, І-К - Індоло-Кубанський; улоговини: ЗЧВ - Західно-Чорноморська, ВЧВ - Східно-Чорноморська, С - Сорокіна, Т - Туапсинська; підняття: Ш - Шацького, Ц-Ч - Центрально-Чорноморське. К-Т - Керченсько-Таманський прогин, П - Понтіди. Трансрегіональні тектонічні шви: Х-См - Херсон-Смоленськ, Д-Бр - Донецьк-Брянськ. Плити СЄП (врізка): А - Фенноскандія, Б - Сарматія, В - Волгоуралія. ПДДА - Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецький авлакоген; ТТЗ - тектонічний шов Тейшейра-Торнквіста /

Fig. 6. Types of the earth's crust of Sarmatia and adjacent territories by ratio layer composition, according to [29]. Geodynamic regions of the earth's crust, according to [30]: 1 - stretched continental; 2 - oceanic. Subtypes of basaltoid crust according to basalt content: 1 - 40-70% (a), 2 - 70-90% (b), 3 - 100% (c). Notations: geostructural elements of Sarmatia, according to [5,15-17,30]: 1-11 - boundaries: 1- Dnipro-Donetsk avlakogen; 2- Ukrainian Shield; 3 - plutons (Kr - Korostenskyi, K-N - Korsun-Novomyrhorodskyi; Nu - Novoukrainskyi massif); 4 - intergeoblock faults of the USH; 5 - projections on the Earth's surface of displacement zones of the Moho section; 6 - structures of the Black Sea depression; 7 - axes of the Andrusov (An) and Arkhangelsky (Ar) ridges; 8 - Sinopsky (Syn) basin; 9 - the southern border of the Scythian Plate (SP); 10 - the southern border of the Eastern European Platform (EEP); 11 - greenstone structures. Tectonic zoning of the territory of Ukraine: 12 - Ukrainian Shield (USH); 13 - Voronezh crystalline massif (VKM); 14 - DDA, SP, VPP; 15 - south-eastern edge of the Western European platform; 16 - South Ukrainian monocline (South Ukrainian monocline); 17 - Donetsk folding structure (Donbas); 18 - folded systems of Dobrudja, Crimea, Carpathians; 19 - Pre-Dobrudzha and Pre-Carpathian depressions; 20 - Black Sea depression. Geoblocks of the UCH: V - Volynskyi; South - Podilskyi; R - Rosynskyi; Bg - Buzky; In - Ingulsky; SPD - Middle Pridniprovskyi; Pr - Priazovskiy. Seam zones: Gshz - Golovanivska; I-Kshz - Inguletsko-Kryvorizka; O-Pshz - Orihovo-Pavlogradska; V-OR - Volyn-Orshansky rift. DDA segments: Chn - Chernihivskyi, Lh - Lokhvytskyi, Iz - Izyumskyi, Db - Donbasskyi. Structures of the Black Sea Basin and adjacent territories: MP - Miziyska plate, D - Dobruja; SP deflections: PP - Preddobrudzhinsky, KP - Karkinitzky, SKP - North Crimean, I-K - Indolo-Kubansky; basins: ZCHV - West Black Sea, VCHV - East Black Sea, S- Sorokina, T - Tuapsinsk; rise: W - Shatskogo, Ts-Ch - Central Black Sea. K-T - Kerch-Taman depression, P - Pontides. Transregional tectonic seams: Kh-Sm - Kherson-Smolensk, D-Br - Donetsk-Bryansk. SEP plates (inset): A - Fennoscandia, B - Sarmatia, C - Volgouralia. PDDA - Pripyat-Dnipro-Donetsk avlakogen; TTZ - Teixeira-Tornqvist tectonic seam

нням, на нашу думку, неодноразової активізації дорифтового каркасу розломів зі збільшенням його проникності для мантієвих флюїдів і формуванням власного тектонічного стилю переробки нижньої кори в різних сегментах палеорифта.

Товщини «гранітного шару» можуть опосередковано відображати вік і тектонічні режими активізації кори. «Гранітний» шар розташований у геоструктурах, яким властивий базальтоїдний тип кори (базальту 40-100%). Руйнування до повної зникнення під Дніпровським грабеном «гранітного» і значним стоншення «діоритового» шарів вважається наслідком розтягнення і стоншення кори і наступного вторгнення основних порід у верхню частину земної кори протягом рифтогенезу [17]. Релікти рифту збереглися в Чернігівському і частково Лохвицькому сегментах, натомість цілком перероблений на етапах тектонічної інверсії ДДА «без-гранітний» тип кори з «базальтовим мантієвим вікном» утворився в Ізюмському і Донбаському сегментах авлакогену (рис. 6).

Зменшення основності речовини земної кори із заходу на схід Сарматії уздовж простягання внутрішньо-плитних структур УЩ, ВА та ДДА є речовинним підтвердженням зробленого нами раніше висновку про розділ майже навпіл дорифейського кратонного ядра Сарматії на рубежі Інгuleцько-Криворізької тектонічної шовної зони УЩ на дві, відносно геодинамічно самостійних Західну та Східну мікроплити (рис. 6) [1]. Кожна з мікроплит охоплює кілька великих геоблоків - континентальних терейнів, які відрізняються за товщиною, речовинним складом, структурою шарів консолідованої кори та рельєфом розділу Мохо [17-29].

До складу Західної мікроплити Сарматії входять Волинський, Подільський, Росинський,

Бугський геоблоки, Голованівська шовна зона та Інгuleцький геоблок УЩ, а також їх північні продовження під рифтогенну структуру ДДА та на південних схилах ВА. Західній мікроплиті властиві значні варіації товщин земної кори: від максимальних при глибині розділу Мохо понад 65 км до мінімальних (менше 40 км) при його здійсненні під Коростенським і Корсунь-Новомиргородським вулкано-магматичними структурами. Під цими плутонічними масивами склад кори варіює від гранітного до базальтоїдного (вміст базальту 40-70%). Структури на розділі Мохо тут мають повсюдне меридіональне і північ-північно-західне простягання (рис. 7). Різка зміна азимутів простягання структур у підшві консолідованої кори спостерігається на північно-західному кордоні ССП, у зоні зчленування Сарматії зі Фенноскандією - у межах Волино-Оршанського авлакогена і Волино-Поліського вулканічного пояса та на північно-східному зануренні УЩ під структуру ДДА.

Східна мікроплита, на відміну від Західної, більше диференційована як за складом і структурою шарів кори, так і рельєфом розділу Мохо. Вона охоплює Середньопридніпровський та Приазовський геоблоки УЩ та їх північні продовження під ДДА та на ВА. В структурі підшви консолідованої кори під ними сформувалися синклінорії північ-північно-східного простягання, занурені на глибини понад 50км та антиклінорії, підняті до 35-40 км у розділі Мохо [29] (рис. 7). Кора має тут меншу потужність (до 40-45 км) і основність порівняно із Західною мікроплитою. Склад кори Східної мікроплити з заходу на схід змінюється від базальтоїдного (вміст базальту 40-70%) до гранітно-діоритового (рис. 6).

Таким чином, анізотропія літосфери Сарматії проявляється у варіаціях складу і товщин ін-

дивідуальних шарів консолідованої кори, рельєфі розділу Мохо, підосвах літосфери і консолідованої земної кори (рис. 2-7). Це природне явище яскраво відбивається уздовж простягання ДДА у суттєвих структурних відмінностях кори західної

(Чернігівський та Лохвицький сегменти) і східної (Ізюмський та Донецький сегменти) частин палеорифта, розділених тут Верховцівсько-Львовським коро-мантіїним розломом, трасованим на меридіані міста Полтава (рис. 6, 7).

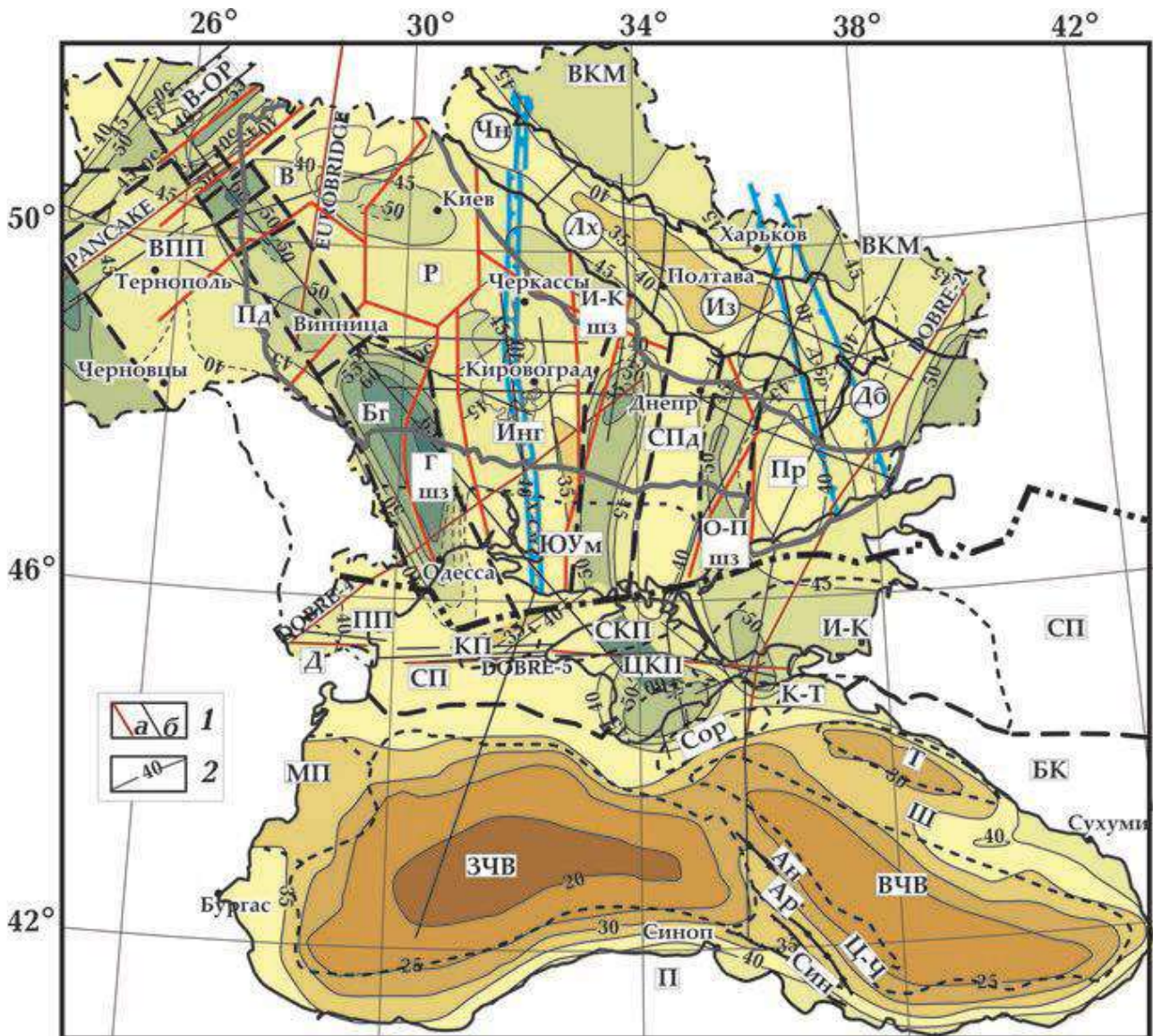


Рис. 7. Рельєф підосви консолідованої земної кори (розділу Мохо), км, згідно [29]:

1 - сейсмічні профілі: міжнародні геотраверси (а) та ГСЗ (б);

2 - глибини залягання розділу Мохо, км. Інші умовні позначення на рис. 6 /

Fig. 7. Relief of the sole of the consolidated Earth's crust (Moho section), km, according to [29]:

1 – seismic profiles: international geotraverse (a) and DSZ (b); 2 – the depths of the Moho discontinuity, km

(the dotted line shows the assumed ones). For other legends see Fig. 6

За результатами аналізу геофізичних ознак субширотна структурно-речовинна диференціація літосфери притаманна також кристалічним масивам УЩ та ВА. Палео-Український щит протягом дорифейського кратонного етапу, до утворення у його тілі ранньорифейсько-девонської рифтогенної структури ДДА, охоплював у своєму складі обидва кристалічних масиви. У ході пізньоархейсько-ранньопротерозойських колізійних процесів кратонної стабілізації скла-

дові континентальні геоблоки західної (Волинський, Подільський, Бугський, Росинський, Інгульський) та східної (Середньопридніпровський, Азовський) частин УЩ об'єдналися у складі ядра Сарматії [5, 16]. Отже, анізотропія літосфери має «вбудовану» природу внаслідок процесів стабілізації кратонного ядра Сарматії, коли у первинній структурі дорифейського палеощита об'єдналися різні за віком, складом, структурою і власною кінематикою рухів терейни континента-

льної кори. У сучасній структурі Сарматії вони входять до складу двох геодинамічно відносно самостійних Західної та Східної мікроплит [1]. Форми рельєфу підшви консолидованої кори УЩ (рис. 7) мають незгідні співвідношення зі структурами верхньої частини кори (рис. 4, 5). Інгулецько-Криворізька шовна зона роділяє Інгульський і Середньопридніпровський геоблоки та розділяє УЩ на західну та східну частини. Західній частині притаманний структурний ансамбль лінійних прогинів північ-північно-західного простягання глибиною до 65 км у розділі Мохо. У східній частині УЩ структури рельєфу Мохо краще узгоджуються з простяганням субмеридіональних дорифейських структур.

За результатами співставлення рельєфу підшви консолидованої кори зі структурою верхньої частини кори з'ясовано, що у межах Сарматії і на прилеглих територіях сформувалися чотири структурних плани деформацій земної кори (рис. 7). Глибинні структури кори субмеридіонального простягання є найдавнішими (архей-палеопротерозойський) і розташовані переважно у Східній мікроплиті та частково у східній частині Західної мікроплити. Північно-східне простягання мають корові структури у межах Голованівської шовної зони і в західній частині Західної мікроплити (Бугський, Росиєський, Подільський геоблоки), а також у зоні тектонічного зчленування Фенноскандії та Сарматії в межах Волино-Оршанського крайового рифтогенного прогину і на північно-західних околицях Волино-Подільської плити. Структури кори північно-західного простягання розташовані околицями та уздовж всього південно-західного кордону ССП та оточують масив УЩ з заходу, півдня та півночі, де розміщується ранньорифейсько-палеозойська рифтогенна структура ДДА, яка на південний схід переходить у трансрегіональну структуру Валу Карпинського.

На підставі викладених даних зроблено важливий теоретичний висновок: сучасна тектонічна подільність і просторова неоднорідність тектонічного стилю деформацій земної кори Сарматії є результатом докорінних структурних перебудов її кратонного ядра протягом фанерозойської еволюції. Дорифейські структури мають субмеридіональну орієнтацію, натомість післярифейським деформаційним структурам консолидованої кори Сарматії притаманне загальне північно-західне простягання, а молодшим мезозойсько-кайнозойським структурам її південного облямування властиве широтне простягання. Це яскраво відбивається у відповідних змінах складу і товщин складових шарів земної кори і спостерігається в аномальних геофізичних полях (сили тяжіння, магнітному, анізотропії швидкос-

тей) (рис. 2-7). Незгідність простягання структур верхньої частини кори з глибинною структурою дорифейського супракрустального чокола (рис. 6) є свідченням їх деформаційної, накладеної природи, сформованої протягом фанерозойських етапів тектонічної еволюції.

Дані зі структурної диференціації земної кори Сарматської плити можуть бути використані для подальшої геологічної інтерпретації при вивченні геодинамічних умов формування і тектонічної еволюції внутрішньо-плитних геоструктур Сарматії у фанерозої. У наступних частинах статті на підставі геологічної інтерпретації отриманих даних буде зроблено спробу реконструювати геодинамічні обстановки, тектонічні режими та можливі кінематичні механізми деформації земної кори Сарматії у фанерозої.

Висновки щодо значення «вбудованої» на протязі дорифейського етапу формування кратонного ядра Східноєвропейської платформи анізотропії літосфери Сарматії як передумови сучасної тектонічної подільності і структурної диференціації земної кори зроблені з огляду на особливості взаємозв'язку її динамічно спряжених поверхів, незгідність сучасного структурного плану та сегментації консолидованої кори з рельєфом підшви сейсмічної літосфери і шарів земної кори.

**Висновки.** 1. Аналіз геофізичних свідчень гетерогенності земної кори та анізотропії літосфери надав можливість з'ясувати причини незгідності тектонічного районування (блокової подільності та сегментації) структури різних поверхів літосфери і земної кори ССП. Розбіжність сейсмічних (густинних і швидкісних) та інших глибинних неоднорідностей кори, спостережених у геофізичних полях, з при-поверхневою структурою крихкої кори повсюдно проявляється у літосферній плиті ССП, особливо в межах Сарматії. Починаючи з глибини 15-20 км розподіл і конфігурація спостережених глибинних неоднорідностей не збігається з більшістю приповерхневих структур земної кори. На УЩ сейсмічні блоки та тектонічні геоблоки часто не корелюються з геотектонічною зональністю і великими структурними елементами будови супракрустальних комплексів кристалічного чокола (сегментацією літосфери). Мозаїчна блокова тектонічна подільність земної кори ССП та Сарматії відображає багаторазову переробку зі змінами і варіаціями у часі та просторі різноманітних геодинамічних обстановок і відповідних режимів деформацій земної кори.

2. За структурних ознак у спостережених геофізичних полях Сарматія є найбільш деформованим сегментом стародавнього кратонного ядра ССП зі значно стоншеною літосферою. Внаслідок вихідної анізотропії літосфери, «вмо-

роженої» протягом стабілізації Сарматії, тіло плити складається з різноманітного за віком, структурою та складом ансамблю геоблоків-терейнів континентальної земної кори. У сучасній структурі Сарматії ансамбль терейнів розділений майже навпіл Криворізько-Кременчуцькою шовною зоною на дві геодинамічно відносно самостійних Західну і Східну мікроплити.

3. Протягом тектонічної еволюції внаслідок неодноразових епізодів тектонічної активізації у межах Сарматії і на прилеглих територіях стародавньої ССП і молодших платформ сформувалися чотири структурних плани деформацій земної кори. Стародавні структури архей-палеопротерозойського кратонного ядра субмеридіональної орієнтації розташовані переважно у Східній та східній половині Західної мікроплит. Північно-

східне простягання мають структури Голованівської шовної зони, західної половини Західної мікроплити (Бугський, Подільський геоблоки) та зони зчленування Фенноскандії та Сарматії у межах Волино-Оршанського рифтогенного прогину і на північно-західних околицях Волино-Подільської плити. Структури північно-західного простягання розташовані околицями та уздовж всього південно-західного кордону ССП, оточуючи УЩ з заходу та півночі, широтні структури Чорноморської западини і Понтід оточують південні околиці Сарматії. Різка просторова незгідність орієнтування фанерозойських деформаційних структур кори з первинною «вбудованою» анізотропною структурою дорифейського супра-крупного цоколю є свідченням їх вторинної, накладеної, деформаційної природи.

#### Список використаної літератури

1. Бартацук О.В. Геодинамічні умови нафтогазоносності Дніпровсько-Донецького палеорифту: автореф. д-ра геол. наук. Київ: Інст. геол. наук НАН України, 2021, 33 с.
2. Бартацук О.В. Еволюція напружено-деформованого стану земної кори Дніпровсько-Донецького палеорифту у фанерозой // Доповіді НАНУ, 2019. № 3. С. 62-6.
3. Бартацук, О. В., Суярко, В. Г. (2018). Горизонтальні переміщення геомасивів у континентальних рифтогенних геоструктурах (на прикладі Дніпровсько-Донецького палеорифта). Частина 1. Структурні прояви тектонічної течії у фундаменті. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», (49), 10-23. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-49-01>
4. Chikov V.M. Introduction to the physical foundations of static and dynamic geotectonics. Ed. A.E. Kontorovich / RAS, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy. N-k: publishing house "Geo", 2011, 299 p.
5. Гінтов О. Б. Польова тектонофізика та її застосування при вивченні деформацій земної кори України. – Київ: Фенікс, 2005, 572 с.
6. Timurziev A. Recent shear tectonics of sedimentary basins: tectonophysical and fluiddynamic aspects (in connection with oil and gas content). Author's abstract. dis. d. g.-m. s. M.: MSU, 2009, 40 p.
7. Meijers, M.J., Hamers, M.F., van Hinsbergen, D.J., D.G., Kitchka, A., Langereis, C.G. & Stephenson, R.A. (2010). New late Paleozoic paleopoles from the Donbas Foldbelt (Ukraine): New late Paleozoic paleopoles from the Donbas Foldbelt (Ukraine): Implications for the Pangea A vs. B controversy. *Earth and Planetary Science Letters*, 297(1-2), 18-33. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.05.028>.
8. Kopp M.L., Kolesnichenko A., Mostryukov A.A. et al. Reconstruction of Cenozoic stress and deformation of the eastern Russian Plate and ways of its application for solving regional and applied problems. *Geodynamics*, 2017. Issue 2 (23). pp. 46-67. <https://doi.org/10.23939/jgd2017.02.046>.
9. Alvarez Ph., Maurin J.-C. Evolution du bassin Proterozoïque supérieur de Comba // *Precambrian Research*. 1991. Vol. 50. № 1–2. P. 139–152.
10. Bebeshev I. Evolution of Jurassic sedimentary basins of eastern Central Asia. Author's abstract. dis. d. g.-m. n. M.: GIN AN SSSR, 1988. 48 p.
11. Sobornov K. Structural evolution of the Karpinskiy swell, Russia // *C.R. Acad. Sci. Paris*. 1995. Vol. 321. Serie II. P. 161–169.
12. Sylvester, A.G, 1988. Strike-slip faults. *Geol. Soc. Amer. Bull*, 100, pp. 1666-1703.
13. Rebetsky Yu. Review of methods for reconstructing tectonic stresses and increments of seismotectonic deformations. *Tectonics today*. M.: OIPHZ RAS, 2002, pp. 227-243.
14. Bogdanova, S., Pashkevich, I., Gorbatshev, R., Orlyuk, M. (1996). Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics. *Tectonophysics*, 268 (1–4), 1–21.
15. Bogdanova, S., Gorbatshev, R., Grad, M., Janik, T., Guterch, A., Kozlovskaya, E., Motuza, G., Skridlaite, G., Starostenko, V., Taran, L. (2006). EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the East European Craton. In: Gee, D.G., Stephenson, R.A. (Eds.), *European Lithosphere Dynamics*, Geol. Soc. London – *Memoirs*, pp. 599–626.
16. Zonenshain L., Kuzmin M., Natapov L. *Tectonics of lithospheric plates on the territory of the USSR. Book 1*. M.: Nedra, 1990, 328 p.
17. Starostenko V.I., Pashkevich I.K., Makarenko I.B., Kuprienko P.Ya., Savchenko O.S. (2017). Heterogeneity of the lithosphere of the Dnieper-Donets depression and its geodynamic consequences. 1. Deep structure. *Geodynamics*, 1 (22), 125-138.



18. Reguzzoni, M., & Sampietro, D. (2015). GEMMA: An Earth crustal model based on GOCE satellite data. *Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.04.002>.
19. Geiko, V. S., Tsvetkova T. A., Shumlyanskaya L. A., Bugaenko I. V., Zaets L. N. (2005). Regional 3D-velocity model of the Sarmatian mantle (southwest of the East European Platform). *Geophysical Journal*, 27, 6, pp. 927–939.
20. Tsvetkova T., Bugaenko I., Zaets L. (2020). Seismic tomography of the mantle under the Dnieper-Donets depression and its surroundings. Part I. *Geophysical Journal*, 42(2), 71–85. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i2.2020.201742>.
21. Sydorenko G., Stephenson R., Yegorova T. et al. (2017). Geological structure of the northern part of the Eastern Black Sea from regional seismic reflection data including the DOBRE-2 CD Profile. In M. Sosson, R. Stephenson, S. A. Adamia (Eds), *Tectonic Evolution of the Eastern Black Sea and Caucasus*. Geol. Soc. London, Special Publ. 428, pp. 307–321.
22. Wüsterfeld, A., et al. (2009). Evidence for ancient lithospheric deformation in the East European Craton based on mantle seismic anisotropy and crustal magnetism, *Tectonophysics*. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.01.010>
23. Silver, P.G. (1996). Seismic anisotropy beneath the continents: probing the depths of geology. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 24, pp. 385–432.
24. Gripp, A., Gordon, R. (2002). Young tracks of hotspots and current plate velocities. *Geophys. J. Int.* 150, pp. 321–361.
25. Debayle, E., Kennett, B., Priestley, K. (2005). Global azimuthal seismic anisotropy and the unique plate motion deformation of Australia. *Nature* 433, pp. 509–512.
26. Korhonen, J.V., Fairhead, J.D., Hamoudi, M., Hemant, K., Lesur, V., Manda, M., Maus, S., Purucker, M., Ravat, D., Sazonova, T., Thébaud, E. (2007). *Magnetic Anomaly Map of the World, published by Commission for Geological Map of the World, supported by UNESCO, 1st Edition, GTK, Helsinki, 2007. ISBN 978-952-217-000-2.*
27. Chernaya, O., & Egorova, T. (2021). The gravitational field of Sarmatia according to satellite data (model EIGEN-6S2) and its interpretation. *Geophysical Journal*, 43(3), pp. 47–63. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i3.236380>.
28. Aizberg R. E., Garetsky R. G., Sinichka A. M. (1971). Sarmato-Turanian lineament of the earth's crust. In the book: *Problems of theoretical and regional tectonics*. M.: Nauka, pp. 41–51.
29. Makarenko, I. (2021). Density heterogeneity of the earth's crust in Ukraine and adjacent regions according to three-dimensional gravity modeling data. *Geophysical Journal*, 43(2), 45–95. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i2.230190>
30. Nikishin, A., Okay, A. I., Tuysuz, O., Demirer, A., Amelin, N., & Petrov, E. (2015). The Black Sea Basins Structure and history: new model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basin Structure and Fill. *Marine and Petroleum Geology*, 59, pp. 638–655. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.08.018>
31. Bartashchuk O.V. (2024). Structural evolution of the Earth crust of the East European platform: evidence from the Sarmatia plate. 1. Intra-plate tectonic and stages of the evolution of the Earth's crust. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 33(1), 022–034. <https://doi.org/10.15421/112403>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## **Tectonic Evolution of the Intra-plate Structures of Sarmatia in the Phanerozoic. 1. Geophysical analysis of structural and substance differentiation of the lithosphere and tectonic divisibility of the Earth's crust**

**Oleksii Bartaschuk**<sup>1</sup>

DSc (Geology), Professor of the Department of Fundamental and Applied Geology,  
<sup>1</sup> V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine;

**Vasyl Suyarko**<sup>1</sup>

DSc (Geology and Mineralogy), Professor,  
Department of Fundamental and Applied Geology,

**Oleksandr Chuienko**<sup>1</sup>

Head of laboratory for the study of rocks, minerals and fossil organisms;

**Bruce J. Perry**<sup>2</sup>

PhD, Exploration Geologist, Analytical Geochemist,

<sup>2</sup> Flightline Minerals Canada INC., Kamloops, B.C., Canada

### **ABSTRACT**

**Purpose.** The structure of the Sarmatia's lithospheric plate was studied based on the latest integrated geological, geophysical, tectonophysics, aerocosmo-geological, neo-tectonic data and the gravity, magnetic, dense and seismic (GSZ, seismotomography) modeling data. The aim of the study to reveal the nature of heterogeneities of the Sarmatia Lithosphere and their influence on the nature of the process of structural and material differentiation of the Earth's continental crust.

**Method.** A comparative geotectonic analysis of the structure, composition, and relationships of individual layers of the consolidated crust, the Moho section, and the sub-crustal mantle was performed. According to the results of the analysis, the nature of the relationship between the structure and composition of the Lithosphere component surfaces and the layers of the Earth's crust, the peculiarities of the tectonic division of the Pre-Rifean craton core of Sarmatia were clarified.

**Results.** The relationship and regularities of the spatial distribution of individual floors of the Lithosphere, the layers of the Earth's continental crust and the core-mantle mixture, the structure of the Moho interface and the sub-crustal mantle on the territory of Ukraine have been clarified. Based on the comparison of the modern segmentation of the consolidated crust with the structure of the lithosphere layers, it was established that the modern structural and material heterogeneity of the Sarmatia plate core is determined by the original, "built-in" anisotropy of the Lithosphere, while the structure of the Earth's crust does not have an unequivocal connection with the relief of the sole of the modern seismic lithosphere. Exceptions are its rise with the formation of mantle dome structures in separate areas of the Western and Eastern micro-plates and under the Lokhvytskyi segment of the Dnipro-Donetsk Avlacogen. Scientific novelty. The nature of the impact of the heterogeneity of the Sarmatia's lithosphere, "frozen" during the stabilization of the Pre-Rifean craton core of the East European Platform, on the modern segmentation and structural-material differentiation of the Earth's continental crust has been clarified.

**Scientific novelty.** For the first time, a conclusion was made about the deformational nature of the structural differentiation of the continental crust of Sarmatia, which was formed against the background of the initial anisotropy of the Lithosphere under the influence of processes of mantle activation at the stages of tectonic evolution in the Phanerozoic.

**Practical significance.** The obtained data on the geodynamic relationship between the structural surfaces of the lithosphere, the layers of the Earth's crust and the coromantium mixture can be used for geological interpretation when elucidating the geodynamic conditions of the formation and tectonic evolution of the intra-plate geostructures of Sarmatia in the Phanerozoic.

**Keywords:** *Lithosphere, anisotropy, Earth's crust, tectonic evolution, structural differentiation, East European Platform, Sarmatia.*

#### References

1. Bartashchuk O.V. (2021). *Geodynamic conditions of oil and gas bearing capacity of the Dnipro-Donetsk paleorift: autoref. Dr. geol. science. Kyiv: Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, 33 [in Ukrainian].*
2. Bartashchuk, O. (2019). *Evolution of the stress-deformed field of the Earth crust of Dnieper-Donets paleorift at Phanerozoic. Dop. Nation. Acad. Sci. Ukraine. 3, 62-71 [in Ukrainian].*
3. Bartashchuk O.V., Suyarko V. G. (2018). *Horizontally displaced of geomasses in the continental rift structures (on the example of the Dnipro-Donetsk paleorift). Part 1. Structural manifestations of tectonic flows in basement. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology" (49), 10-23. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-49-01> [in Ukrainian].*
4. Chikov, B. M. (2011). *Introduction to the physical foundations of static and dynamic geotectonics. Sib. Dep. RAS, V. Sobolev Inst. Geol. Min. "Geo", N-k.*
5. Gintov, O. (2005). *Field tectonophysics and its application in the study of deformations of the earth's crust of Ukraine. Phoenix, Kyiv.*
6. Timurziev A. (2009). *Recent shear tectonics of sedimentary basins: tectonophysical and fluiddynamic aspects (in connection with oil and gas content). Author's abstract. dis. d. g.-m. n. M.: MSU, 40.*
7. Meijers, M.J., Hamers, M.F., van Hinsbergen, D.J., D.G., Kitchka, A., Langereis, C.G. & Stephenson, R.A. (2010). *New late Paleozoic paleopoles from the Donbas Foldbelt (Ukraine): New late Paleozoic paleopoles from the Donbas Foldbelt (Ukraine): Implications for the Pangea A vs. B controversy. Earth and Planetary Science Letters, 297(1-2), 18-33. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.05.028>.*
8. Kopp, Kolesnichenko, Vasiliev et al. (2017). *Reconstruction of Cenozoic stress and deformations in the eastern east european platform with its regional and practical application. Geodynamics, 2 (23), 46-66.*
9. Alvarez Ph., Maurin J.-C. (1991). *Evolution du bassin Proterozoique superieur de Comba. Precambrian Research. 50, (1-2), 139-152.*
10. Bebeshev I. (1988). *Evolution of Jurassic sedimentary basins of eastern Central Asia. Author's abstract. dis. d. g.-m. s. M.: GINAS USSR, 48.*
11. Sobornov K. (1995). *Structural evolution of the Karpinskiy swell, Russia. C.R. Acad. Sci. Paris. 321 (II), 161-169.*
12. Sylvester, A.G. (1988). *Strike-slip faults. Geol. Soc. Amer. Bull, 100, 1666-1703.*
13. Rebetsky, Yu. (2002). *Review of methods of reconstruction of tectonic stresses and increments of seismic-tectonic deformations. Tectonics today. M.: OIFZ RAN, 227-243.*
14. Bogdanova, S., Pashkevich, I., Gorbatshev, R., Orlyuk, M. (1996). *Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics. Tectonophysics, 268 (1-4), 1-21.*
15. Bogdanova, S., Gorbatshev, R., Grad, M., Janik, T., Guterch, A., Kozlovskaya, E., Motuza, G., Skridlaite, G., Starostenko, V., Taran, L. (2006). *EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the East European*

- Craton. In: Gee, D.G., Stephenson, R.A. (Eds.), *European Lithosphere Dynamics*, Geol. Soc. London – Memoirs, 599–626.
16. Zonenshain, L.P., Kuzmin, M.I., Natapov, L.M., Page, B.M. (Eds.) (1990). *Geology of the USSR: A Plate-Tectonic Synthesis*, 21, AGU.
  17. Starostenko V.I. Pashkevich, I. B. Makarenko et al. (2017). Heterogeneity of the lithosphere of the Dnieper-Donets depression and its geodynamic consequences. Part 1. Deep structure. *Geodynamics*, 1 (22), 125 -138.
  18. Reguzzoni, M., & Sampietro, D. (2015). GEMMA: An Earth crustal model based on GOCE satellite data. *Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.04.002>.
  19. Gejko V. S., Cvetkova T. A., Shumljanskaja L. A., Bugaenko I. V., Zaets L. N. (2005). The regional 3D velocity model of the Sarmatia mantle (south-west of the East European platform), *Geophysical journal*, 27(6), 927–939.
  20. Tsvetkova, T., Bugaenko, I., & Zaets, L. (2020). Speed structure of the mantle under the Dnieper-Donets Depression and its surroundings. Part I. *Geophysical journal*, 42(2), 71–85. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i2.2020.201742>.
  21. Sydorenko G., Stephenson R., Yegorova T. et al. (2017). Geological structure of the northern part of the Eastern Black Sea from regional seismic reflection data including the DOBRE-2 CD Profile. In M. Sosson, R. Stephenson, S. A. Adamia (Eds), *Tectonic Evolution of the Eastern Black Sea and Caucasus*. Geol. Soc. London, Special Publ. 428, 307-321.
  22. Wüstefeld, A., et al. (2009). Evidence for ancient lithospheric deformation in the East European Craton based on mantle seismic anisotropy and crustal magnetics, *Tectonophysics*. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.01.010>
  23. Silver, P.G. (1996). Seismic anisotropy beneath the continents: probing the depths of geology. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 24, 385–432.
  24. Gripp, A., Gordon, R. (2002). Young tracks of hotspots and current plate velocities. *Geophys. J. Int.* 150, 321–361.
  25. Debayle, E., Kennett, B., Priestley, K. (2005). Global azimuthal seismic anisotropy and the unique plate motion deformation of Australia. *Nature*, 433, 509–512.
  26. Korhonen, J.V., Fairhead, J.D., Hamoudi, M., Hemant, K., Lesur, V., Manda, M., Maus, S., Purucker, M., Ravat, D., Sazonova, T., Thébaud, E. (2007). *Magnetic Anomaly Map of the World*, published by Commission for Geological Map of the World, supported by UNESCO, 1st Edition, GTK, Helsinki. ISBN 978-952-217-000-2.
  27. Chornaya, O., Yegorova, T. (2021). Gravity field of Sarmatia according to satellite data (model EIGEN-6S2) and its interpretation. *Geophysical journal*, 43(3), 47–63. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i3.236380>.
  28. Ayzberg, R., Garetskiy, R., Sinichka, A. (1971). Sarmato-Turanian lineament of the earth's crust. In *Problems of theoretical and regional tectonics*, 41–51. M.: Nauka.
  29. Makarenko, I. B. (2021). Density heterogeneity of the Earth's crust of Ukraine and adjacent territories from three-dimensional gravity modelling. *Geophysical journal*, 43(2), 45–95. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i2.230190>.
  30. Nikishin, A., Okay, A. I., Tuysuz, O., Demirel, A., Amelin, N., & Petrov, E. (2015). The Black Sea Basins Structure and history: new model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basin Structure and Fill. *Marine and Petroleum Geology*, 59, 638-655. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.08.018>
  31. Bartashchuk O.V. (2024). Structural evolution of the Earth crust of the East European platform: evidence from the Sarmatia plate. 1. Intra-plate tectonic and stages of the evolution of the Earth's crust. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 33(1), 022-034. <https://doi.org/10.15421/112403>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work


**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 11 March 2024

Accepted 20 April 2024

# Lingulid brachiopods with probably preserved original shell colouration from the Kamensk Formation (Moscovian, Middle Pennsylvanian) of the Donets Basin, Ukraine

Vitaly Dernov

PhD (Earth Sciences), Senior Researcher, Department of Palaeontology and Stratigraphy of the Palaeozoic sediments, Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: [vitalydernov@gmail.com](mailto:vitalydernov@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0002-5873-394X>

## ABSTRACT

**Problems Statement and Purpose.** The colouration (when pigment is distributed more or less uniformly within skeletal substance) and colour patterns (when pigment is concentrated or arranged in bands, lines, spots, patches, etc.) of fossil brachiopod shells is poorly understood, since its preservation in the fossil record requires the coincidence of several, sometimes random, taphonomic factors. However, the study of the original colouration of fossil invertebrates is of great palaeoecological and taphonomic importance (e.g., to study of the evolution of vision, the development of predator-prey relationships). Records of Palaeozoic brachiopod shells with preserved colouration are quite rare and the shell colouration and colour patterns are currently known for only 15 genera.

**Data and Methods.** Studied isolated valves of the lingulid brachiopods *Lingularia mytiloides* from the lower Moscovian Kamensk Formation of Luhansk Region (Ukraine) show a preserved colour pattern on the outer surface, represented mainly by light concentric bands. Studied remains are represented by small, 8–10 mm long and 6–7 mm wide, moderately convex ventral thin-shelled valves with elongate elliptical outlines, a rounded anterior margin, subparallel lateral margins and a small, pointed umbo. Valve surface is covered with thin concentric growth lines and weakly developed rugae.

**Results and Discussion.** The studied specimens were divided into two groups based on shell colouration features, which may reflect some details of the colouration and colour patterns. However, these differences may be taphonomic artefacts. It is quite possible that the colour bands on the surface of the valves are evidence of sulphide oxidation, but even so, they likely still reflect the original colour patterns. Environmental conditions were important factors for the preservation of the colouration on the shells of the studied lingulid brachiopods. Among these conditions, the most important were slow sedimentation, absence of agents of mechanical and chemical destruction, such as high-energy water activity, encrustation by epibionts, etc., dysaerobic conditions, and rapid burial apparently accompanied by the activity of bacterial communities.

The studied colour patterns on the shells of *Lingularia mytiloides* are similar to those on other fossil lingulids. The adaptive significance of this colouration for the studied lingulids, which lived infaunally, remains unclear and cannot be resolved with the available material.

**Keywords:** colouration, inarticulate brachiopods, Carboniferous, taphonomy, Donets Basin, Ukraine.

**In cites:** Dernov Vitaly (2024). Lingulid brachiopods with probably preserved original shell colouration from the Kamensk Formation (Moscovian, Middle Pennsylvanian) of the Donets Basin, Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 28-39. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-02>

**Introduction.** The original colouration (when pigment is distributed more or less uniformly within skeletal substance) or colour patterns (when pigment is concentrated or arranged in bands, lines, spots, patches, etc.) of skeletons of invertebrates are rarely preserved in the fossil record [4, 17, 37, 57], as aggressive environmental influences such as solar ultraviolet radiation, bacterial decomposition, etc. destroy some pigments (e.g., carotenoids and indigoids) [34, 57, 63].

In addition, taphonomic processes synchronous with the burial of remains (e.g., bioturbation, bioerosion, shell-crushing predation) and diagenesis processes such as dissolution, recrystallization, rock heating, etc., usually destroy the colouration formed by both pigments and structural features (i.e., interference patterns) of a skeleton [17, 37]. However, persistent compounds such as melanin and porphyrin can persist even after dissolution and recrystallization of the shell substance, and they are sometimes found even on steinkerns [57].

Pigments do preserve as molecular fossils [4, 10, 17], but they decay and no longer absorb light at particular wavelengths. Such a phenomenon would explain the survival of colour patterns, but not the original colouration. In turn, the colour patterns caused by the structural features of the skeletons are rarely preserved in the fossil record [37].

The study of the life-time colouration of fossil organisms is important for the palaeoecological, taxonomic and evolution research (e.g., to study of the evolution of vision, the development of the predator-prey dynamics in palaeoecosystems) [13, 37].

Brachiopods were an important component of Palaeozoic marine ecosystems, and their remains are present in marine rocks of different lithology formed under different sedimentary conditions. That is why these animals are quite well studied among many other groups of Palaeozoic marine biota. However, records of Palaeozoic brachiopod shells with preserved colouration are quite rare. So far, the largest number of such finds are known from the Devonian

[3, 4, 6, 8, 9, 11, 35, 40, 44] and Permian strata (see [62: Table 1]). There are much fewer records from the Carboniferous, and the shell colouration and colour patterns are currently known for only 15 genera, including *Petrocrania*, *Orbiculoidea*, *Schizophoria*, *Orthotetes*, *Mesolobus*, *Chonetinella*, *Striatifera*, *Semiplanus*, *Hustedia*, *Brachythyris*, *Athyris*, *Martinia*, *Acanthospirina*, *Composita*, and *Dielasma* (see Table 1 for details).

This paper presents the results of studying the colouration of shells of the lingulid brachiopods *Lingularia mytiloides* (Sowerby, 1812) from black shales of the Kamensk Formation (early Moscovian, Middle Pennsylvanian), exposed in the south part of Luhansk Region, Ukraine. So far, the only report on the colouration of fossil brachiopod shells from Ukraine is work of Baliński [4], which describes colour patterns on the shell surface of the Early Devonian strophomenids *Plectodonta* sp. from Podillia (western Ukraine). According to the author's own observations, some shells of the terebratulid brachiopod genus *Carneithyris* Sahni, 1925 from the upper Campanian (Upper Cretaceous) limestone succession exposed near the city of Luhansk (eastern Ukraine) also bear poorly preserved colour patterns that are visible in daylight (these fossils have not been studied under UV light). Other fossils with preserved colouration from Ukraine have been described or figured by Pchelintsev [50], Kolesnikov [38], Rogov and Perminov [54], Pacaud [49], Derinov [23], and Krokhmal et al. [41].

**Geological setting.** The studied material was collected at the Lutuhyn'ska-Pivnichna mine fossil site, which located near the town of Lutuhyne in Luhansk Region of Ukraine (coordinates: 48°25'25.8"N 39°12'26.9"E; Fig. 1A, B). The fossil-bearing rock is a dark grey, carbonaceous, sometimes pyritized siltstone with large carbonate nodules and interlayer or lenses of coquina (Fig. 1F), which composing the heap spoil of the Lutuhyn'ska-Pivnichna coal mine (Fig. 1E). This siltstone is a roof shale of the  $k_7^L$  coal layer (i.e., the lower interlayer of the  $k_7$  coal bed of the Kamensk Formation; Fig. 1C, D).

Numerous fossils such as ?worm tubes, brachiopods (*Orbiculoidea nitida* (Phillips, 1836), *Lingularia mytiloides* (Sowerby, 1812), *Derbyia* sp., *Neochonetes donetianus* (Aisenverg, 1950), *Densepustula* sp.), bivalves (species of the genera *Palaeoneilo*, *Phestia*, *Sanguinolites*, etc.), gastropods (species of the genera *Euphemites*, *Retispira*, *Bucaniopsis*, *Naticopsis*, *Soleniscus*), orthocerids, coiled nautiloids (species of the genera *Gzheloceras*, *Parametacoceras*, *Metacoceras*, *Temnocheilus*, *Peripetoceras*, *Coelogasteroceras*, *Ephippioceras*, etc.), ammonoids (*Wiedeyoceras clarum* Popov, 1979 and *Winslowoceras* sp.), trilobites (*Paladin* cf.

*lutugini* (Weber, 1933)), fishes (species of the genera *Symmorium* and *Venustodus*), terrestrial plants (*Calamites* sp.), bromalites and some other trace fossils have been collected from this stratigraphic level [22, 23 and unpublished author's data]. Shells of some lingulids studied here, as well as bivalves and gastropods from this fossil site, have retained their colouration. Previously, coiled nautiloids *Parametacoceras jongmansii* Delépine, 1937, *Metacoceras* spp., and *Coelogasteroceras coxi* Gordon, 1960 with colour patterns were described from this locality by the present author [23].

The Kamensk Formation consists of a paralic sequence of sandstones, siltstones, mudstones, coals, and limestones (see Fig. 1D). These rocks contain remains of various marine and terrestrial organisms, e.g., foraminifers, chaetetics, corals, brachiopods, bryozoans, bivalves, gastropods, cephalopods, crinoids, echinoids, conchostracans, horseshoe crabs, fishes, macroflora, palynomorphs, calcareous algae, etc. The thickness of the Kamensk Formation varies from 300 m in the NW part of the Donets Basin to 1050 m in the SE part of the basin [45, 52].

The lower part of the Kamensk Formation (stratigraphic interval between the  $K_1$  and  $K_3$  limestone layers) can be ascribed to the uppermost part of the Bashkirian and corresponds to the Krasnodonian Horizon (uppermost part of the Kayalian Regional Stage) of the regional stratigraphic scheme of the Dnipro-Donets Downwarf; the middle and upper parts of the Kamensk Formation (stratigraphic interval between the  $K_3$  and  $L_1$  limestone layers) attributed to the lower Moscovian and corresponds to the Kamensian Horizon (lower half of the Lovzivkian Regional Stage) [45, 52].

The Kamensian Horizon roughly corresponds to the Vereian Horizon of the stratotype section of the Moscovian Stage (Moscow Syncline, Russia) [45, 52]. The base of the Moscovian in the Donets Basin is at the base of the  $K_3$  limestone layer (lower part of the Kamensk Formation; see Fig. 1D) [45, 52]. The absolute age of the volcanic ash interlayer in the  $k_7$  coal bed is  $313.16 \pm 0.08$  My [20].

**Material and methods.** Six specimens (IGS NASU-27/01 to IGS NASU-27/06) of the valves of *Lingularia mytiloides* (Sowerby, 1812) with colour patterns were examined in this study. This material (collection IGS NASU-27) is stored in the Department of Palaeontology and Stratigraphy of the Palaeozoic Sediments, Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv. Several unnumbered specimens were photographed in the field and are currently stored in the Geological Museum of the Luhansk Taras Shevchenko National University (Poltava, Ukraine).

Studied fossils were collected from slightly weathered shales and small limonite nodules of the

heap spoil of the Lutuhyns'ka-Pivnichna coal mine. All specimens were studied and photographed under daylight, because the technique of studying the colour patterns on the shells of Mesozoic and Cenozoic molluscs by treatment with sodium hypochlorite (NaClO) and observation under UV light [13, 16, 26, 66] is inadequate for the available material, because sodium hypochlorite (bleach) is a strong oxi-

dant that reacts with the pyritized rock of the fossils rock matrix. Since the examined material is very rare, it was risky to process them in this way. Studies specimens immersed in water have not yielded outstanding results, and the wetting of pyritized fossils with water causes the development of pyrite decay, which leads to the destruction of the fossils [5, 12, 46].

Carboniferous brachiopods with preserved shell colouration

Table 1

Taxon	Locality	Age	Brief description	References
<i>Petrocrania modesta</i> (White & St. John, 1867)	Missouri, USA	Cherokee Group, Pennsylvanian	Dark blue or slate-colored	[30]
<i>Orbiculoidea nitida</i> (Phillips, 1836)	Boghead Quarry near Hamilton, Scotland	Carboniferous	Radial lines	[19]
<i>Schizophoria resupinata</i> (Martin, 1809)	Unknown	Carboniferous	Radial lines	[25]
<i>Orthotetes kaskaskiensis</i> (McChesney, 1860)	Preston, Illinois, USA	Chesterian, Mississippian	Concentric bands	[47]
<i>Mesolobus mesolobus</i> (Norwood & Pratten, 1854)	Muskingum County, Ohio, USA	Pottsville Formation, Lower Pennsylvanian	Concentric bands	[43]
<i>Chonetinella jeffordsi</i> Stevens, 1962	McCoy, Colorado, USA	Minturn Formation, Middle Pennsylvanian	Spots and con- centric bands	[61]
<i>Striatifera striata</i> (Fischer, 1837)	Verkhnyaya Usa River, Pechora Basin, Russia	Upper Serpukhovian, Mississippian	The shells are colored pink	[36]
<i>Striatifera striatoplicata</i> (Miloradovich, 1947)	Verkhnyaya Usa River, Pechora Basin, Russia	Upper Serpukhovian, Mississippian	The shells are colored pink	[36]
<i>Striatifera angusta</i> (Janis- chewsky, 1910)	Orlovka-Yama, Pechora Basin, Russia	Visean	The shells are colored pink	[36]
<i>Semiplanus semiplanus</i> (Schwetzov, 1922)	Usa River, Pechora Basin, Russia	Mississippian	The shells are colored yellow	[36]
<i>Hustedia mormoni</i> (Marcou, 1858)	New Philadelphia, Ohio, USA	Putnam Hill Shale, Middle Pennsylvanian	Concentric bands	[33]
<i>Brachythyris</i> sp.	Zalaz-di-Bozh, Pechora Basin, Russia	Upper Visean, Mississippian	The shells are colored brown	[36]
<i>Athyris</i> sp.	Verkhnyaya Usa River, Pechora Basin, Russia	Upper Serpukhovian, Mississippian	The shells are colored pink	[36]
<i>Martinia glabra</i> (Sowerby, 1821)	Unknown	Carboniferous	Radial lines	[25]
<i>Acanthospirina aciculifera</i> (Rowley, 1893)	Louisiana, Missouri, USA	Louisiana Limestone, Tournaisian, Mississippian	Radial lines	[55]
<i>Composita trinuclea</i> (Hall, 1858)	Zalaz-di-Bozh, Pechora Basin, Russia	Upper Visean, Mississippian	The shells are colored brown	[36]
<i>Composita globularis</i> (Phillips, 1836)	Zalaz-di-Bozh, Pechora Basin, Russia	Upper Visean, Mississippian	The shells are colored brown	[36]
<i>Dielasma hastata</i> (Sowerby, 1828)	Settle, Yorkshire.	Carboniferous	Radial lines	[18]
<i>Dielasma hastata</i> (Sowerby, 1828)	Longnor, Derbyshire	Mississippian	Radial lines	[2]
<i>Dielasma hastata</i> (Sowerby, 1828)	Unknown	Carboniferous	Radial lines	[25]
<i>Dielasma cf. hastata</i> (Sowerby, 1828)	Morchanov-Kyrta, Pechora Basin, Russia	Carboniferous/Permian boundary interval	Radial lines	[36]
	Utlan and Sobinsk Rodnik rivers, Pechora Basin, Russia	Upper Pennsylvanian	Radial lines	[36]
<i>Dielasma elongatum</i> (von Schlotheim, 1816)	Unknown	Carboniferous	Radial lines	[25]

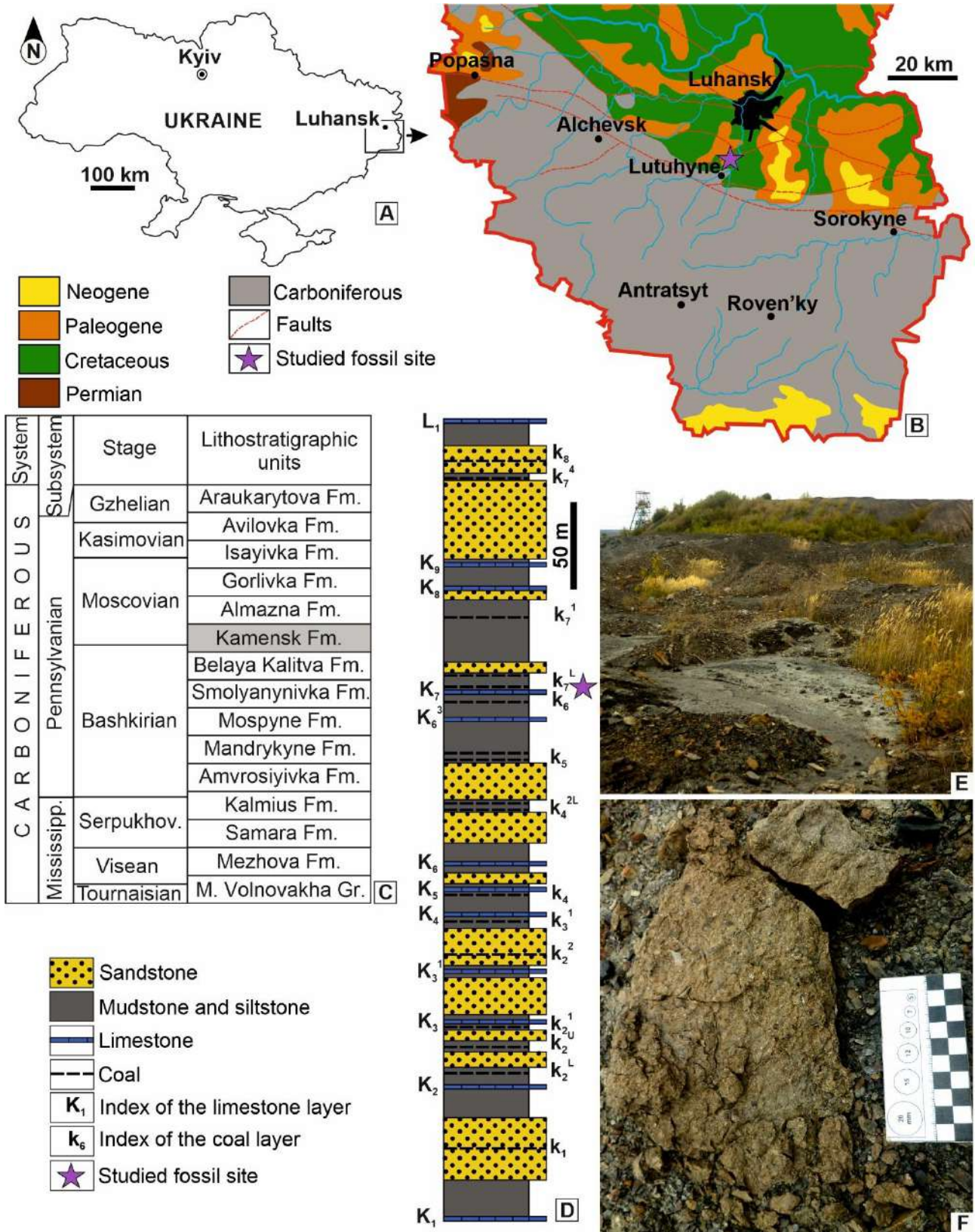


Fig. 1. Geographical and stratigraphic position of the studied fossil site.

A – study area; B – schematic geological map of the south part of Luhansk Region showing the geographic location of the studied fossil site (modified after [24]); C – stratigraphic position of the Kamensk Formation in the Carboniferous succession of the Donetsk Basin; D – stratigraphic position of the studied locality in the Kamensk Formation; E – general view of the dumps of the Lutuhynska-Pivnichna coal mine; F – coquina with remains of mollusks and brachiopods from the black shale of the Lutuhynska-Pivnichna fossil site.

Abbreviations: M. Volnovakha Gr. – Mokra Volnovakha Group,  
Mississipp. – Mississippian, Serpukhov. – Serpukhovian

**Morphology of lingulids with preserved colour bands.** Studied remains of *Lingularia mytiloides* (Sowerby, 1812) (Fig. 2) are represented by small (8–10 mm long and 6–7 mm wide), moderately convex thin-shelled ventral valves with elongate elliptical outlines (valve length/valve width = 1.37–1.50), a rounded anterior margin, subparallel lateral margins, and a small, pointed umbo. Maximum valve width is located at about the mid-length. Valve surface is covered with thin concentric growth lines and weakly developed rugae. Internal structure of valves is not studied.

**Description of colouration.** The studied specimens can be divided into two groups based on the shell colouration features, which reflect some details of the colouration and colour patterns. However, these differences may be taphonomic artefacts.

The first group includes specimens IGS NASU-27/01, IGS NASU-27/03, and IGS NASU-27/04.

**Specimen IGS NASU-27/01 (Fig. 2D).** The colouration of the valve surface is represented by thin (c. 0.3–0.6 mm) concentric bands, two of which are quite visible. The light bands are quite clearly visible against the brownish-grey background of the main part of the valve.

**Specimen IGS NASU-27/03 (Fig. 2B).** The background colour of the main part of the valve is brown. White concentric bands, c. 0.7 mm thick, are clearly visible against the main background.

**Specimen IGS NASU-27/04 (Fig. 2C).** The colouration of this specimen is very similar to that of the specimens IGS NASU-27/01 and IGS NASU-27/03, but probably better preserved and represented by thin (c. 0.25–0.30 mm) concentric white bands on a brown background, which, unlike the bands on the mentioned above specimens, have clear and sharp borders.

The second group includes specimens IGS NASU-27/02 and IGS NASU-27/05 and two unnumbered specimens in the Geological Museum of the Luhansk Taras Shevchenko National University.

**Specimen IGS NASU-27/02 (Fig. 2A).** The valve is quite poorly preserved. There are poorly preserved concentric light bands on its surface; the main part of the valve surface is yellowish-brown in colour.

**Unnumbered specimen (Fig. 2H).** The colouration of this specimen is very similar to that of the specimen IGS NASU-27/02, but the concentric bands on a yellowish-grey and yellowish-brown back-

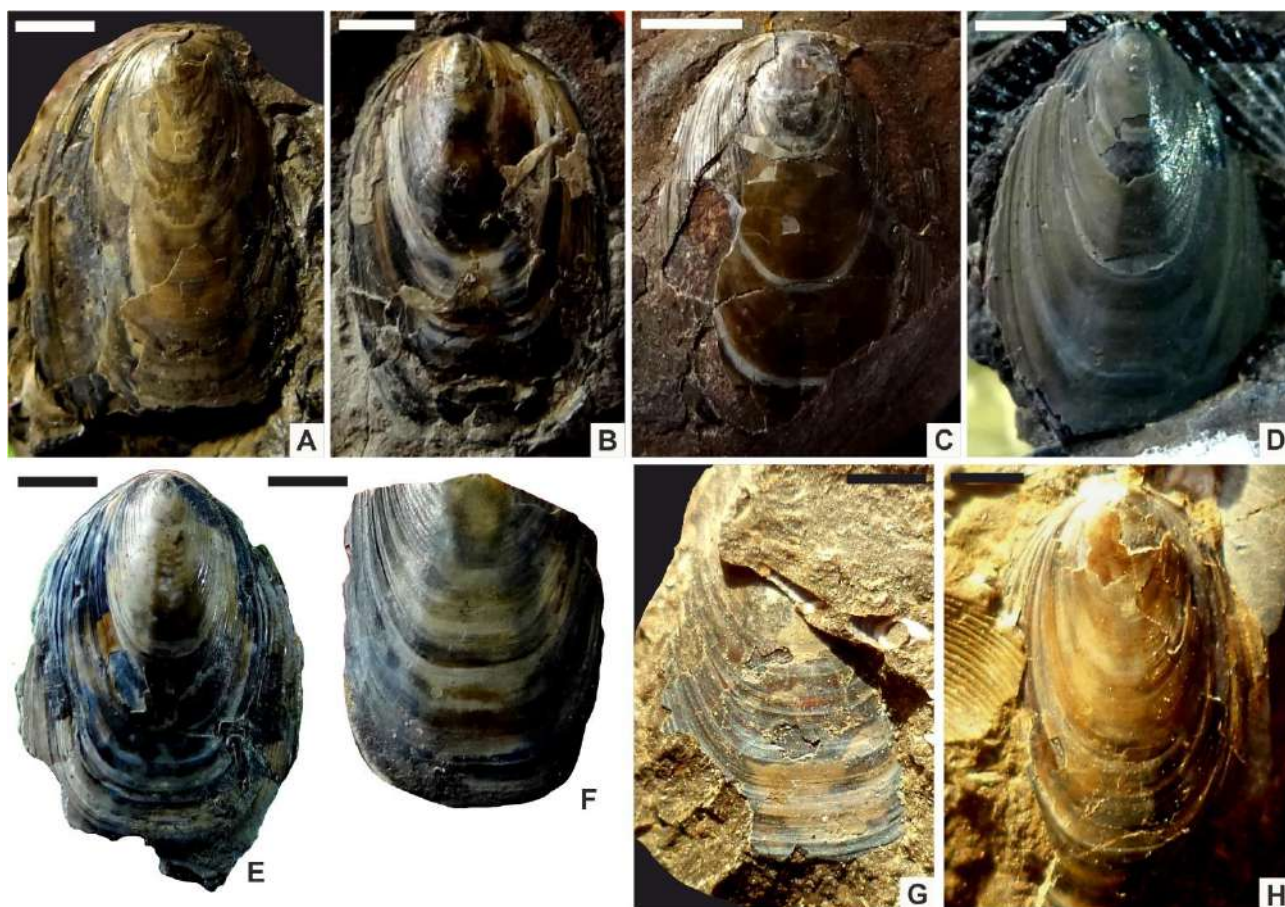


Fig. 2. Valves of *Lingularia mytiloides* (Sowerby, 1812) with probably preserved colour bands: A – IGS NASU-27/02; B – IGS NASU-27/03; C – IGS NASU-27/04; D – IGS NASU-27/01; E – IGS NASU-27/05; F – IGS NASU-27/06; G–H – unnumbered specimens (Geological Museum of the Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava). Scale bars = 2 mm.



ground are better observed than in the latter specimen, especially in the anterior part of the valve.

**Unnumbered specimen (Fig. 2G) and the specimen IGS NASU-27/06 (Fig. 2F).** The colouration of these specimens was studied only on a fragment of the anterior part of the valve, where it is represented by white and greyish concentric bands, c. 0.2–1.0 mm thick, with indistinct blurred borders on a grey background. In the specimen IGS NASU-27/06, the concentric bands are relatively thick and have indistinct boundaries and almost merge into a single spot.

**Specimen IGS NASU-27/05 (Fig. 2E).** The colouration of this specimen is similar to that of the two specimens described above (Fig. 2F, G) and is represented by thin concentric white and greyish bands, c. 0.3 mm thick on the grey-coloured anterior part of the valve and the umbonal part of the valve is evenly coloured white and greyish.

**Discussion. Taphonomy.** Pigments in fossil shells are very sensitive to light and oxygen, so it is desirable to isolate fossils with preserved colouration from the effects of these environmental agents [14, 17]. However, the specimens studied do not show such dependence, as they did not lose their colouration during prolonged exposure to the surface of rock dumps, where they were exposed not only to oxygen and sunlight, but also to precipitation and fluctuations in air temperature and the rock itself. It is possible that there are no pigments left in the fossils that could be destroyed by oxygen and light. A more dangerous process that can affect the preservation of the shells colour after they are removed from the rock is the development of the pyrite decay, since the rock matrix of the fossils is pyritized.

The key conditions for the preservation of the colour pattern of early Palaeozoic cephalopods of the Barrandian Area (Czech Republic) [64] and lower Moscovian nautiloids from the Lutuhyns'ka-Pivnichna fossil site [23] were low oxygen levels on and below the seafloor, rapid burial and lithification (especially in carbonate nodules), which are generally characteristic taphonomic features of Konservat-Lagerstätten [34]. In addition, probably, activity of bacterial communities and a very low water activity were also the reason for the preservation of the colouration on the nautiloid conchs from the Lutuhyns'ka-Pivnichna fossil site [23]. Probably, the same taphonomic conditions were decisive for preserving the colouration of the brachiopod shells after their burial in the bottom sediment. Kalashnikov [36] noted that the colour of some brachiopod shells from the late Visean algal bioherms in the Pechora Basin (Russia) was preserved due to the fact that these shells were enveloped in Cyanobacteria.

It should be noted that it is not possible to calcu-

late what part of the brachiopod shells from the fossil site retained their original colouration, since most fossils are represented by small fragments of thin-shelled valves, but it should be noted that all collected *Lingularia mytiloides* have undeniable or probable traces of the lifetime colouration, but only the former were used in the study. Therefore, it should probably be acknowledged that coloured valves of *Lingularia mytiloides* from the studied locality are not uncommon.

Dr Leonid Popov (National Museum Wales; personal communication, September 2023) doubts the possibility of preserving the colour pattern on lingulid shells, as the shells of fossil lingulids do not preserve the organic matter with which the pigment is bound. He considers the colour pattern on the surface of the lingulid shells described here as traces of oxidation of pyrite, which replaced the organic matter. As demonstrated in the Introduction section, pigments can remain preserved even when shells are recrystallized and/or dissolved. Furthermore, it is not claimed that the original pigment has been preserved in the studied valves. It is quite possible that Dr Popov is right and the colour bands on the surface of the valves are evidence of sulphide oxidation, but even so, they likely still reflect the original colour patterns on the surface of the shells.

**Comparison.** Various authors have figured lingulid valves that may bear the original colouration or colour patterns. They are discussed in detail below, but it is not entirely certain that these patterns on the shell surface are actually colouration and not growth lines, taphonomic artefacts, artefacts of photography, etc.

Probably, the same colour pattern as in the studied brachiopods is present on the shells of *Lingula mytiloides* Sowerby, 1812, *L. squamiformis* Phillips, 1836, *L. straeleni* Demanet, 1934, *L. sp.*, and *Liralingua wilsoni* Graham, 1970, as illustrated by Graham [29: pl. 14, figs 4–6, pl. 15, figs 3, 7, pl. 16, fig. 6, pl. 17, fig. 5]. These specimens come from the several Namurian-aged formations of the United Kingdom. Unfortunately, the low resolution of the black-and-white photographs of these brachiopods does not allow to confidently attributing the ornament figured to the original colouration of the shell.

Winkler-Prins and Martínez-Chacón [67] report white, grey and brown bands on the shells of *Lingula mytiloides* Sowerby, 1812 from black shales of the Tournaisian-aged Vegamián Formation of Spain, but do not provide detailed descriptions or images of this colour patterns. Probably, evidence of the original colouration are also present on the valves of *Lingula mytiloides* figured by Korejwo [39: pl. 1, figs 1–3] from the Tournaisian strata of Poland. These probable colour patterns are represented by

weakly pronounced concentric bands, but the low resolution of the photographs does not allow to confidently interpreting their as the colour ornamentation rather than taphonomic or photographic artefacts.

Also, probable colour concentric bands is present on the surface of the valves of *Lingula carbonaria* Shumard & Swallow, 1858 from the Bashkirian-aged Pottsville Formation of Ohio [43: pl. 7, figs 1–3]. Very similar colour patterns in the form of concentric bands are present on the valves of *Lingularia* cf. *smirnovae* Biernat & Emig, 1993 from the Triassic of Spain [42: fig. 5].

There are several other reports on the original colouration of Palaeozoic and Mesozoic inarticulate brachiopods. Cleland [15: pl. 12, figs 3, 4, 5, pl. 13, figs 8, 9] illustrated two shells of *Lingula milwaukeeensis* Cleland, 1911, as well as a shell of *Lingula* sp. bearing concentric colour bands. These fossils were found in the Devonian rocks of Wisconsin, USA. Kalashnikov [36] reported that the shells of *Lingula*, *Orbiculoidea*, *Lindstroemella*, and *Lingulipora* from the Carboniferous of the Pechora Basin are yellow and black in colour.

Greger [30] described several shells of the inarticulate brachiopods *Lingula* sp. (Upper Devonian Grassy Creek Shale of Missouri, USA) and *Orbiculoidea humilis* Hall, 1867 (Middle Devonian Hamilton Group of the New York State, USA). The colouration of *Lingula* sp. is represented by concentric dark blue bands, and the pattern on *Orbiculoidea humilis* is represented by concentric bands of light greenish and dark chestnut colours.

Singh [59] described a single specimen of the shell of *Lingula* (?*Pseudolingula*) *cincinnatiensis* Hall & Whitfield, 1875 from the Ordovician-aged Bullfork Formation in Kentucky, USA. Both valves of *Lingula* (?*Pseudolingula*) *cincinnatiensis* show

the dark brown and bluish-grey colouration. A similar colouration is present on the surface of *Lingula rauliniana* d'Orbigny, 1847 figured by Gaspard [27: fig. 3E] from the upper Cenomanian (Upper Cretaceous) of France.

**Conclusion.** From the early Moscovian Kamensk Formation, the valves of the lingulid brachiopods *Lingularia mytiloides* (Sowerby, 1812) with probably preserved original colouration were studied. The specimens were divided into two groups based on shell colouration features, which may reflect some details of the colouration and colour patterns. However, these differences may be taphonomic artefacts. It is quite possible that the colour bands on the surface of the valves are evidence of sulphide oxidation, but even so, they likely still reflect the original colour patterns on the surface of the shell.

The key conditions for the preservation of the colour pattern of the studied lingulid brachiopods were low oxygen levels on and below the seafloor, rapid burial and lithification (especially in carbonate nodules). The studied colour patterns on the shells of *Lingularia mytiloides* are similar to those on other fossil lingulids. The adaptive significance of this colouration for the studied lingulids, which lived infaunally, remains unclear and cannot be resolved with the available material.

**Acknowledgments.** I would like to thank Dr. Mykola I. Udovychenko (Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava), who collected some of the studied brachiopods. The reviewers whose comments and suggestions improved the quality of the final version of the manuscript are also acknowledged. The research was supported by the scientific theme “Late Precambrian and Phanerozoic biota of Ukraine: biodiversity, revision of systematic composition and phylogeny of leading groups” (No. 0122U001609).

### Bibliography

1. Айзенберг Д.Е. Материалы к фауне брахиопод свиты  $C_2^3$  Донецкого бассейна. Геолого-исследовательские работы. Материалы по стратиграфии и палеонтологии Донецкого бассейна. М.-Харьков: Углетехиздат, 1950. С. 113–141.
2. Вебер В.Н. Трилобиты Донецкого бассейна. М.: Издательство Всесоюзного геолого-разведочного объединения, 1933. 96 с.
3. Калашников Н.В. Об окраске раковин ископаемых брахиопод. Палеонтологический журнал. 1958. № 2. С. 129–132.
4. Колесников В.П. Сарматские моллюски. Палеонтология СССР. Т. 10. Ч. 2. М.: Издательство Академии Наук СССР, 1935. 507 с.
5. Крохмаль О.І., Комар М.С., Аністратенко О.Ю., Логвиненко В.М., Иванов Д.В. Нове місцезнаходження середньоплейстоценової фауни та паліофлори Русава-2 (Україна): геологія, палеонтологія, палеогеографія, відносна геохронологія. Геологічний журнал. 2023. № 384. С. 108–125.
6. Немировська Т.І., Єфіменко В.І. Середній карбон (нижній пенсильваній). Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. Т. 1. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України / за ред. П.Ф. Гожика. Київ: Логос, 2013. С. 283–303.
7. Полетаєв В.І. Вдовенко М.В., Щоголев О.К., Бояріна Н.І., Макаров І.А. Стратотипи регіональних стратиграфічних підрозділів карбону і нижньої пермі Доно-Дніпровського прогину. Київ: Логос, 2011. 236 с.
8. Попов А.В. Каменноугольные амmonoидеи Донбасса и их стратиграфическое значение. Л.: Недра, 1979. 119 с.

9. Пчелинцев В.Ф. Следы первоначальной окраски на раковинах юрских брюхоногих Крыма. Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. Отделение минералогии и геологии. 1925. Вып. 54. С. 131–134.
10. Рогов М.А., Перминов В.А. Первые находки кимериджских и берриаских аммонитов со следами окраски. Современные проблемы изучения головных моллюсков: морфология, систематика, эволюция, экология и биостратиграфия / под. ред. Т.Б. Леоновой, И.С. Барсковой, И.С. Митта. М. С. 47–49.
11. Фісуненко О.П. Геологічна карта. Луганська область: атлас. Київ: Картографія, 2004. С. 6.
12. Baily W.H. *Figures of characteristic British fossils with descriptive remarks*. London: John Van Voorst, 1867–1875. 126 p.
13. Baliński A. *Shell color pattern in an Upper Devonian rhynchonellid brachiopod*. *Acta Palaeontologica Polonica*. 1985. Vol. 30. No. 3–4. P. 241–244.
14. Baliński A. *First colour-patterned strophomenide brachiopod from the earliest Devonian of Podolia, Ukraine*. *Acta Palaeontologica Polonica*. 2010. Vol. 55. No. 4. P. 695–700.
15. Becherini F., Del Favero L., Fornasiero M., Guastoni A., Bernardi A. *Pyrite decay of large fossils: The case study of the Hall of Palms in Padova, Italy*. *Minerals*. 2018. Vol. 8. P. 1–14.
16. Biernat G. *Colour pattern in the Middle Devonian rhynchonellid brachiopods from the Holy Cross Mts*. *Acta Geologica Polonica*. 1984. Vol. 34. No. 1–2. P. 63–72.
17. Biernat G., Emig C.C. *Anatomical distinctions of the Mesozoic brachiopods*. *Acta Palaeontologica Polonica*. 1993. Vol. 38. No. 1–2. P. 1–20.
18. Blodgett R.B., Boucot A.J., Ferril B.A. *A color-banded Beachia (Brachiopoda: Terebratulida) from the Oriskany Equivalent (Mid-Early Devonian) of Central Alabama*. *Journal of Paleontology*. 1983. Vol. 57. No. 4. P. 865–869.
19. Blodgett R.B., Boucot A.J., Koch W.F. *New occurrences of color patterns in Devonian articulate brachiopods*. *Journal of Paleontology*. 1988. Vol. 62. No. 1. P. 46–51.
20. Blumer M. *Pigments of a fossil echinoderm*. *Nature*. 1966. Vol. 188. P. 1100–1101.
21. Boucot A.J., Johnson J.G. *Evidence of color banding in a Lower Devonian rhynchonellid brachiopod*. *Journal of Paleontology*. 1968. Vol. 42. No. 5. P. 1208–1209.
22. Cavallari D.C., Salvador R.B., Da Cunha B.R. *Dangers to malacological collections: bynesian decay and pyrite decay*. *Collection Forum*. 2014. Vol. 281. No. 1–2. P. 35–46.
23. Caze B., Merle D., Le Meur M., Pacaud J.-M., Ledon D., Saint Martin J.-P. *Taxonomic implications of the residual colour patterns of ampullinid gastropods and their contribution to the discrimination from naticids*. *Acta Palaeontologica Polonica*. 2011. Vol. 56. No. 2. P. 353–371.
24. Cheesman D.F., Lee W.L., Zagalsky P.F. *Carotenoproteins in invertebrates*. *Biological Reviews*. 1966. Vol. 42. No. 1. P. 131–160.
25. Cleland H.F. *The fossils and stratigraphy of the middle Devonian of Wisconsin*. *Wisconsin Geological and Natural History Survey Bulletin*. 1911. Vol. 21. P. 1–222.
26. Crippa G., Masini S. *Photography in the ultraviolet and visible violet spectra: unravelling methods and applications in palaeontology*. *Acta Palaeontologica Polonica*. 2022. Vol. 67. No. 3. P. 685–702.
27. Curry G.B. *Original shell colouration in Late Pleistocene terebratulid brachiopods from New Zealand*. *Palaeontologia Electronica*. 1999. URL: <https://palaeo-electronica.org/content/2-2-curry>
28. Davidson T. *A monograph of British Carboniferous Brachiopoda*. Part V. London: Printed for Palaeontographical Society, 1857–1862. 48 p.
29. Davidson T. *A monograph of British fossil Brachiopoda*. Supplement to the Permian and Carboniferous species. *Monographs of the Palaeontographical Society*. 1880. Vol. 34. P. 243–315.
30. Davydov V.I., Crowley J.L., Schmitz M.D., Poletaev V.I. *High-precision U–Pb zircon age calibration of the Global Carboniferous Time Scale and Milankovitch band cyclicity in the Donets Basin, Eastern Ukraine*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2010. Vol. 11. P. 1–22.
31. Delépine G. *Goniatites et Nautiloides du Niveau du Petit-Buisson à Heerlen (Hollande)*. *Annales de la Société Géologique du Nord*. 1937. T. 62. P. 36–55.
32. Dervov V. *The early Moscovian ammonoid species Wiedeyoceras clarum Popov, 1979 in the Donets Basin, Ukraine*. *Historical Biology*. 2023. Vol. 35. No. 7. P. 1261–1266.
33. Dervov V. *First evidence of color patterns on conchs of the lower Moscovian (Middle Pennsylvanian) coiled nautiloids from the Donets Basin, Ukraine*. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*. 2023. Vol. 129. No. 2. P. 329–342.
34. Foerste A.F. *The colour patterns of fossil cephalopods and brachiopods, with notes on gasteropods and pelecypods*. *Contributions from the Museum of Palaeontology of University of Michigan*. 1930. Vol. 3. No. 6. P. 109–150.
35. Gaspard D., Loubry P. *A brachiopod shell show during the middle Cenomanian in the stratotype area (France) – exceptional residual colour pattern*. *Annales de Paléontologie*. 2017. Vol. 103. No. 1. P. 81–85.
36. Gaspard D., Paris C., Loubry P., Luquet G. *Raman investigation of the pigment families in recent and fossil brachiopod shells*. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2019. Vol. 208. P. 73–84.
37. Gordon M. *Some American Midcontinent Carboniferous cephalopods*. *Journal of Paleontology*. 1960. Vol. 34. No. 1. P. 133–151.
38. Graham D.K. *Scottish Carboniferous Lingulacea*. *Bulletin of the Geological Survey of Great Britain*. 1970. Vol. 31. P. 139–184.
39. Greger D.K. *On the retention of the original color ornamentation in fossil brachiopods*. *Nautilus*. 1914. Vol. 28. P. 93–95.

40. Hall J. Descriptions and figures of the fossil Brachiopoda of the Upper Helderberg, Hamilton, Portage and Chemung groups, in *Natural History of New York, Part VI: Palaeontology*. Albany: Printed by C. Van Benthuysen, 1867. 427 p.
41. Hall J., Whitfield R. P. Descriptions of invertebrate fossils, mainly from the Silurian System. *Ohio Geological Survey*. 1875. Vol. 2. No. 2. P. 65–157.
42. Hoare R.D., Sturgeon M.T. Color pattern on a Pennsylvanian retziid brachiopod. *Journal of Paleontology*. 1979. Vol. 53. No. 1. P. 215–216.
43. Hollingworth N.T.J., Barker M.J. Colour pattern preservation in the fossil record; taphonomy and diagenetic significance. *The processes of fossilization / edited by S.K. Donovan*. London: Belhaven Press, 1991. P. 105–118.
44. Johnson J.G. Revision of Lower Devonian (Emsian) brachiopod biostratigraphy and biogeography, Central Nevada. *Journal of Paleontology*. 1986. Vol. 60. No. 4. P. 825–844.
45. Kobluk D.R., Mapes R.H. The fossil record, function, and possible origins of shell colour patterns in Paleozoic marine invertebrates. *Palaios*. 1989. Vol. 4. No. 1. P. 63–85.
46. Korejwo K. Biostratigraphy of the Carboniferous sediments from the Wierzchowo area (Western Pomerania). *Acta Geologica Polonica*. 1979. Vol. 29. No. 4. P. 457–473.
47. Kříž J., Lukeš P. Color patterns on Silurian *Platyceras* and Devonian *Merista* from the Barrandian area, Bohemia, Czechoslovakia. *Journal of Paleontology*. 1974. Vol. 48. No. 1. P. 41–48.
48. Marquez-Aliaga A., Emig C.C., Brito, J.M. Triassic lingulide brachiopods from the Iberian Range (Spain). *Geobios*. 1999. Vol. 32. No. 6. P. 815–821.
49. Morningstar H. Pottsville fauna of Ohio. *Geological Survey of Ohio, Bulletin*. 1922. Vol. 25. P. 1–312.
50. Murphy J.L. A Lower Devonian (Oriskany) brachiopod with color markings. *Ohio Journal of Science*. 1972. Vol. 72. No. 5. P. 296–299.
51. Newman A. Pyrite oxidation and museum collections: A review of theory and conservation treatments. *The Geological Curator*. 1998. Vol. 6. No. 10. P. 363–371.
52. Nitecki M.H., Sadlick W. Notable color pattern in a fossil brachiopod. *Journal of Paleontology*. 1968. Vol. 42. No. 2. P. 403–405.
53. Orbigny A. d'. *Paléontologie Française. Terrains Crétacés. Lamellibranches*. Paris: Baillière, 1842–1847. 897 p.
54. Pacaud J.-M. Nouvelle observation du motif résiduel de couleur preserve sur des coquilles d'*Athleta (Volutocorbis) suturalis* (Nyst, 1836) (Mollusca, Gastropoda, Volutidae) du Priabonien (Éocène supérieur) de Dnipro (oblast de Dnipropetrovsk, Ukraine). *Proceedings of the International Conference "Sustainable development of industry and society"*. Section 5: Geology and applied mineralogy (24<sup>th</sup>–26<sup>th</sup> May 2015, Kryvyi Rih). Kryvyi Rih, 2017. P. 73–77.
55. Phillips J. Illustrations of the geology of Yorkshire, or a description of the strata and organic remains. Pt. 2. *The Mountain Limestone district*. London, 1836. 253 p.
56. Rowley R.R., Williams J.S. Unique coloration of two Mississippian brachiopods. *Journal of the Washington Academy of Science*. 1933. Vol. 23. P. 46–58.
57. Sahni M.R. Morphology and zonal distribution of some chalk terebratulids. *Annals and Magazine of Natural History (series 9)*. 1925. Vol. 15. P. 353–385.
58. Schneider S., Werner W. Colour pattern preservation in *Fuersichella* n. gen. (Gastropoda: Neritopsoidea), bivalves, and echinid spines from the Upper Jurassic of Portugal. *Beringeria*. 2007. Vol. 37. P. 143–160.
59. Shumard B.F. Descriptions of new fossils from the Coal Measures of Missouri and Kansas. *Academy of Science of St. Louis Transactions*. 1858. Vol. 1. P. 198–227.
60. Singh R.J. Periostracum and color preservation in *Lingula* from the Upper Ordovician of northern Kentucky. *Journal of Paleontology*. 1979. Vol. 53. No. 3. P. 747–750.
61. Sowerby, J. *Mineral conchology of Great Britain*. Vol. 1. London: Printed by Benjamin Meredith. 234 p.
62. Stevens C. *Journal of Paleontology*. 1965. Vol. 39. No. 4. P. 728–729.63. Sun Y.L., Boucot A.J., Blodgett R.B., Ran W.Z. Color pattern on a martiniid brachiopod from South China. *Journal of Paleontology*. 1999. Vol. 73. No. 5. P. 973–976.
64. Tichy G. Über die Erhaltung von Farben und Farbmustern an triassischen Gastropoden-Gehäusen. *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*. 1980. T. 2. S. 175–217.
65. Turek V. Colour patterns in Early Devonian cephalopods from the Barrandian Area: taphonomy and taxonomy. *Acta Palaeontologica Polonica*. 2009. Vol. 54. No. 3. P. 491–502.
66. Williams S.T. Molluscan shell colour. *Biological Reviews*. 2016. Vol. 92. No. 2. P. 1039–1058.
67. Winkler Prins C.F., Martínez Chacón M.I. Brachiopods of the Lower Carboniferous Vegamián Formation (Cantabrian Mts., Spain): Part 1. Introduction, Linguliformea. *Revista Española Paleontologi*. 1999. Vol. 14. No. 3. P. 173–183.

#### References

1. Aisenverg, D. Ye. (1950). Materials on the brachiopod fauna of the C<sub>2</sub><sup>3</sup> Formation of the Donets Basin. *Materialy po stratigraphii i paleologii Donetskogo basseina (113–141)*. Ugletekhizdat.
2. Bailly, W.H. (1867–1875). Figures of characteristic British fossils with descriptive remarks. John Van Voorst. DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.13966>
3. Baliński, A. (1985). Shell color pattern in an Upper Devonian rhynchonellid brachiopod. *Acta Palaeontologica Polonica*, 30 (3–4): 241–244.

4. Baliński, A. (2010). First colour-patterned strophomenide brachiopod from the earliest Devonian of Podolia, Ukraine. *Acta Palaeontologica Polonica*, 55 (4): 695–700. DOI: <https://doi.org/10.4202/app.2010.0066>
5. Becherini, F., Del Favero, L., Fornasiero, M., Guastoni, A., Bernardi, A. (2018). Pyrite decay of large fossils: The case study of the Hall of Palms in Padova, Italy. *Minerals*, 8: 1–14. DOI: <https://doi.org/10.3390/min8020040>
6. Biernat, G. (1984). Colour pattern in the Middle Devonian rhynchonellid brachiopods from the Holy Cross Mts. *Acta Geologica Polonica*, 34 (1–2): 63–72.
7. Biernat, G., Emig, C.C. (1993). Anatomical distinctions of the Mesozoic brachiopods. *Acta Palaeontologica Polonica*, 38 (1–2): 1–20.
8. Blodgett, R.B., Boucot, A.J., Ferril, B.A. (1983). A color-banded *Beachia* (Brachiopoda: Terebratulida) from the Oriskany Equivalent (Mid-Early Devonian) of Central Alabama. *Journal of Paleontology*, 57 (4): 865–869.
9. Blodgett, R.B., Boucot, A.J., Koch, W.F. (1988). New occurrences of color patterns in Devonian articulate brachiopods. *Journal of Paleontology*, 62 (1): 46–51. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0022336000017984>
10. Blumer, M. (1960). Pigments of a fossil echinoderm. *Nature*, 188: 1100–1101. DOI: <https://doi.org/10.1038/1881100b0>
11. Boucot, A.J., Johnson, J.G. (1968). Evidence of color banding in a Lower Devonian rhynchonellid brachiopod. *Journal of Paleontology*, 42 (5): 1208–1209.
12. Cavallari, D.C., Salvador, R.B., Da Cunha, B.R. (2014). Dangers to malacological collections: bynesian decay and pyrite decay. *Collection Forum*, 281 (1–2): 35–46. DOI: <https://doi.org/10.14351/0831-0005-28.1.35>
13. Caze, B., Merle, D., Le Meur, M., Pacaud, J.–M., Ledon, D., Saint Martin, J.–P. (2011). Taxonomic implications of the residual colour patterns of ampullinid gastropods and their contribution to the discrimination from naticids. *Acta Palaeontologica Polonica*, 56 (2): 353–371. DOI: <https://doi.org/10.4202/app.2009.0084>
14. Cheesman, D.F., Lee, W.L., Zagalsky, P.F. (1966). Carotenoproteins in invertebrates. *Biological Reviews*, 42 (1): 131–160. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185x.1967.tb01343.x>
15. Cleland, H.F. (1911). The fossils and stratigraphy of the middle Devonian of Wisconsin. *Wisconsin Geological and Natural History Survey Bulletin*, 21: 1–222. DOI: <https://doi.org/10.1086/621902>
16. Crippa, G., Masini, S. (2022). Photography in the ultraviolet and visible violet spectra: unravelling methods and applications in palaeontology. *Acta Palaeontologica Polonica*, 67 (3): 685–702. DOI: <https://doi.org/10.4202/app.00948.2021>
17. Curry, G.B. (1999). Original shell colouration in Late Pleistocene terebratulid brachiopods from New Zealand. *Palaeontologia Electronica*. DOI: <https://palaeo-electronica.org/content/2-2-curry>
18. Davidson, T. (1857–1862). A monograph of British Carboniferous Brachiopoda. Part V. Printed for Palaeontographical Society. DOI: <https://doi.org/10.1080/02693445.1858.12027915>
19. Davidson, T. (1880). A monograph of British fossil Brachiopoda. Supplement to the Permian and Carboniferous species. *Monographs of the Palaeontographical Society*, 34: 243–315. DOI: <https://doi.org/10.1017/cbo9781139104043.006>
20. Davydov, V.I., Crowley, J.L., Schmitz, M.D., Poletaev, V.I. (2010). High-precision U–Pb zircon age calibration of the Global Carboniferous Time Scale and Milankovitch band cyclicity in the Donets Basin, Eastern Ukraine. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11: 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1029/2009gc002736>
21. Delépine, G. (1937). *Goniatites et Nautiloides du Niveau du Petit-Buisson à Heerlen (Hollande)*. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 62: 36–55.
22. Dernov, V. (2023a). The early Moscovian ammonoid species *Wiedeyoceras clarum* Popov, 1979 in the Donets Basin, Ukraine. *Historical Biology*, 35 (7): 1261–1266. DOI: <https://doi.org/10.1080/08912963.2022.2086803>
23. Dernov, V. (2023b). First evidence of color patterns on conchs of the lower Moscovian (Middle Pennsylvanian) coiled nautiloids from the Donets Basin, Ukraine. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 129 (2): 329–342. DOI: <https://doi.org/10.54103/2039-4942/19439>
24. Fissunen, O.P. (2004). Geological Map. In: Atlas of Luhansk Region (p. 6). *Kartographia* [in Ukrainian].
25. Foerste, A.F. (1930). The colour patterns of fossil cephalopods and brachiopods, with notes on gasteropods and pelecypods. *Contributions from the Museum of Palaeontology of University of Michigan*, 3 (6): 109–150.
26. Gaspard, D., Loubry, P. (2017). A brachiopod shell show during the middle Cenomanian in the stratotype area (France) – exceptional residual colour pattern. *Annales de Paléontologie*, 103 (1): 81–85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annpal.2016.11.005>
27. Gaspard, D., Paris, C., Loubry, P., Luquet, G. (2019). Raman investigation of the pigment families in recent and fossil brachiopod shells. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 208: 73–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.09.050>
28. Gordon, M. (1960). Some American Midcontinent Carboniferous cephalopods. *Journal of Paleontology*, 34 (1): 133–151.
29. Graham, D.K. (1970). Scottish Carboniferous Lingulacea. *Bulletin of the Geological Survey of Great Britain*, 31: 139–184.
30. Greger, D.K. (1914). On the retention of the original color ornamentation in fossil brachiopods. *Nautilus*, 28: 93–95.
31. Hall, J. (1867). Descriptions and figures of the fossil Brachiopoda of the Upper Helderberg, Hamilton, Portage and Chemung groups, in *Natural History of New York, Part VI: Palaeontology, IV*.
32. Hall, J., Whitfield, R. P. (1875). Descriptions of invertebrate fossils, mainly from the Silurian System. *Ohio Geological Survey*, 2 (2): 65–157.

33. Hoare, R.D., Sturgeon, M.T. (1979). Color pattern on a Pennsylvanian retziid brachiopod. *Journal of Paleontology*, 53 (1): 215–216.
34. Hollingworth, N.T.J., Barker, M.J. (1991). Colour pattern preservation in the fossil record; taphonomy and diagenetic significance. In: Donovan, S.K. (Ed.), *The processes of fossilization* (105–118). Belhaven Press.
35. Johnson, J.G. (1986). Revision of Lower Devonian (Emsian) brachiopod biostratigraphy and biogeography, Central Nevada. *Journal of Paleontology*, 60 (4): 825–844. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0022336000042979>
36. Kalashnikov, I.V. (1968). On the colouration of fossil brachiopods. *Palaeontological Journal*, 2: 129–132.
37. Kobluk, D.R., Mapes, R.H. (1989). The fossil record, function, and possible origins of shell colour patterns in Paleozoic marine invertebrates. *Palaios*, 4 (1): 63–85. DOI: <https://doi.org/10.2307/3514734>
38. Kolesnikov, V.P. (1935). Sarmatian mollusks. *Paleontologiya SSSR*. Vol. 10, part 2. Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR.
39. Korejwo, K. (1979). Biostratigraphy of the Carboniferous sediments from the Wierzchowo area (Western Pomerania). *Acta Geologica Polonica*, 29 (4): 457–473.
40. Kříž, J., Lukeš, P. (1974). Color patterns on Silurian *Platyceras* and Devonian *Merista* from the Barrandian area, Bohemia, Czechoslovakia. *Journal of Paleontology*, 48 (1): 41–48.
41. Krokhmal, O.I., Komar, M.S., Anistratenko, O.Yu., Logvynenko, V.M., Ivanoff, D.V. (2023). Rusava-2, a new locality of Mid-Pleistocene fauna and palynoflora in Ukraine: geology, palaeontology, palaeogeography and relative geochronology. *Geologičnij žurnal*, 384 (3): 108–125 [in Ukrainian]. DOI: <https://10.30836/igs.1025-6814.2023.3.274223>
42. Marquez-Aliaga, A., Emig, C.C., Brito, J.M. (1999). Triassic lingulide brachiopods from the Iberian Range (Spain). *Geobios*, 32 (6): 815–821. DOI: [https://10.1016/s0016-6995\(99\)80864-x](https://10.1016/s0016-6995(99)80864-x)
43. Morningstar, H. (1922). Pottsville fauna of Ohio. *Geological Survey of Ohio, Bulletin*, 25: 1–312. DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.17706>
44. Murphy, J.L. (1972). A Lower Devonian (Oriskany) brachiopod with color markings. *Ohio Journal of Science*, 72 (5): 296–299.
45. Nemyrovska, T.I., Yefimenko, V.I. (2013). Middle Carboniferous (Lower Pennsylvanian). In: Gozhik, P.F. (Ed.), *Stratigraphy of the Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine. 1. Stratigraphy of the Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic* (pp. 283–303). LAT&K [in Ukrainian].
46. Newman, A. (1998). Pyrite oxidation and museum collections: A review of theory and conservation treatments. *The Geological Curator*, 6 (10): 363–371. DOI: <https://doi.org/10.55468/gc479>
47. Nitecki, M.H., Sadlick, W. (1968). Notable color pattern in a fossil brachiopod. *Journal of Paleontology*, 42 (2): 403–405.
48. Orbigny, A. d' (1842–1847). *Paléontologie Française. Terrains Crétacés. Lamellibranches*. Baillière.
49. Pacaud, J.-M. (2017). Nouvelle observation du motif résiduel de couleur preservec sur des coquilles d'*Athleta* (*Volutocorbis*) *suturalis* (Nyst, 1836) (Mollusca, Gastropoda, Volutidae) du Priabonien (Éocene supérieur) de Dnipro (oblast de Dnipropetrovsk, Ukraine). *Proceedings of the International Conference "Sustainable development of industry and society"*. Section 5: Geology and applied mineralogy (24th–26th May 2015, Kryvyi Rih) (73–77). Kryvyi Rih.
50. Pchelintsev, V. (1925). Signs of the original coloration on Jurassic gastropod shells from Crimea. *Trudy Leningradskogo obshchestva yestestvoispytateley. Otdeleniye mineralogii i geologii*, 54: 131–134.
51. Phillips, J. (1836). *Illustrations of the geology of Yorkshire, or a description of the strata and organic remains. Pt. 2. The Mountain Limestone district*.
52. Poletaev, V.I., Vdovenko, M.V., Shchogolev, O.K., Boyarina, N.I., Makarov, I.A. (2011). Stratotypes of the Carboniferous and Lower Permian regional stratigraphic units of the Dnipro-Donets Downwarp. *Logos* [in Ukrainian].
53. Popov, A.V. (1979). Carboniferous ammonoids of the Donets Basin and their stratigraphic significance. *Nedra*.
54. Rogov, M.A., Perminov, V.A. (2009). First records of the Kimmeridgian and Berriasian ammonites with preserved shell coloration. In: Leonova, T.B., Barskov, I.S., Mitta V.V. (Eds), *Modern problems of cephalopod studies. Morphology, systematics, evolution, ecology and biostratigraphy* (47–49). M.
55. Rowley, R.R., Williams, J.S. (1933). Unique coloration of two Mississippian brachiopods. *Journal of the Washington Academy of Science*, 23: 46–58.
56. Sahni, M.R. (1925). Morphology and zonal distribution of some chalk terebratulids. *Annals and Magazine of Natural History (series 9)*, 15: 353–385.
57. Schneider, S., Werner, W. (2007). Colour pattern preservation in *Fuersichella* n. gen. (Gastropoda: Neritopsoidae), bivalves, and echinid spines from the Upper Jurassic of Portugal. *Beringeria*, 37: 143–160.
58. Shumard, B.F. (1858). Descriptions of new fossils from the Coal Measures of Missouri and Kansas. *Academy of Science of St. Louis Transactions*, 1: 198–227.
59. Singh, R.J. (1979). Periostracum and color preservation in *Lingula* from the Upper Ordovician of northern Kentucky. *Journal of Paleontology*, 53 (3): 747–750.
60. Sowerby, J. (1812). *Mineral conchology of Great Britain. 1*. Printed by Benjamin Meredith.
61. Stevens, C.H. (1965). Color retention in the brachiopod *Chonetinella jeffordsi* Stevens. *Journal of Paleontology*, 39 (4): 728–729.
62. Sun, Y.L., Boucot, A.J., Blodgett, R.B., Ran, W.Z. (1999). Color pattern on a martiniid brachiopod from South China. *Journal of Paleontology*, 73 (5): 973–976. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0022336000040804>

63. Tichy, G. (1980). Über die Erhaltung von Farben und Farbmustern an triassischen Gastropoden-Gehäusen. *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, 2: 175–217.
64. Turek, V. (2009). Colour patterns in Early Devonian cephalopods from the Barrandian Area: taphonomy and taxonomy. *Acta Palaeontologica Polonica*, 54 (3): 491–502. DOI: <https://doi.org/10.4202/app.2007.0064>
65. Weber, V.N. (1933). *Trilobites of the Donets Basin*. НКТП.
66. Williams, S.T. (2016). Molluscan shell colour. *Biological Reviews*, 92 (2): 1039–1058. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12268>
67. Winkler Prins, C.F., Martínez Chacón, M.I. (1999). Brachiopods of the Lower Carboniferous Vegamián Formation (Cantabrian Mts., Spain): Part 1. Introduction, Linguliformea. *Revista Española Paleontología*, 14 (3): 173–183. DOI: <https://doi.org/10.7203/sjp.23960>

## Лінгуліди (брахіоподи) з ймовірно збереженим оригінальним забарвленням черепашки з кам'янської світи (московський ярус, середній пенсильваній) Донецького басейну (Україна)

**Віталій Дернов,**

відділ стратиграфії та палеонтології палеозойських відкладів  
Інституту геологічних наук НАН України, Київ, Україна


Забарвлення та кольорові візерунки на черепашках викопних брахіопод вивчені недостатньо, оскільки їх збереження у викопних рештках вимагає збігу декількох, іноді випадкових, тафonomічних факторів. Однак, дослідження первинного (прижиттєвого) забарвлення викопних безхребетних має важливе палеоекологічне і тафonomічне значення. З кам'янської світи (нижня частина московського ярусу, середній пенсильваній) Луганської області (відвали вугільної шахти Лутугинська-Північна поблизу м. Лутугине) вивчено рештки стулок лінгулід *Lingularia mytiloides* (Sowerby, 1812), на яких ймовірно збереглося прижиттєве забарвлення. Прижиттєве забарвлення палеозойських брахіопод вивчено слабо. Наразі, найповніші відомості ми маємо щодо забарвлення девонських брахіопод, а серед кам'яновугільних брахіопод прижиттєвий візерунок чи забарвлення відоме лише у 15 родів. Вивчені ізольовані стулки *Lingularia mytiloides* демонструють кольоровий малюнок, представлений переважно світлими концентричними смугами. Досліджені зразки були розділені на дві групи на основі особливостей забарвлення черепашок. Однак ці відмінності можуть бути тафonomічними артефактами. Цілком можливо, що кольорові смуги на поверхні стулок є свідченням окислення сульфідів у піритизованих стулках, але навіть у цьому випадку вони, ймовірно, все ще відображають первісні кольорові візерунки на поверхні черепашки. Умови навколишнього середовища були важливими факторами для збереження забарвлення на стулках досліджених лінгулід. Серед цих умов найважливішими були низькі темпи седиментації, відсутність агентів механічної та хімічної деструкції, таких як висока активність водної товщі, інкрустація епібіонтами, дизаеробні умови та швидке поховання, що, очевидно, супроводжувалося діяльністю бактеріальних угруповань. На жаль, виявити адаптивне значення прижиттєвого візерунку на поверхні вивчених стулок брахіопод не вдалося.

**Ключові слова:** забарвлення, беззамкові брахіоподи, кам'яновугільна система, тафonomia, Україна.


Надійшла 9 березня 2024 р.  
Прийнята 16 квітня 2024 р.

## Структурно-літологічна модель Глухівецького родовища елювіальних каолінів

Юлія Крошко<sup>1</sup>

к. геол. н., ст. наук. співробітник, <sup>1</sup> Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна,  
e-mail: [ykrosh.79@ukr.net](mailto:ykrosh.79@ukr.net),  <https://orcid.org/0000-0002-7601-7760>;

Мирон Ковальчук<sup>1</sup>

д. геол. н., професор, зав. відділом літології,  
e-mail: [kms1964@ukr.net](mailto:kms1964@ukr.net),  <https://orcid.org/0000-0001-9265-9707>

На основі узагальнення і аналізу фактичного матеріалу створено структурно-літологічну модель Глухівецького родовища елювіальних каолінів, яке знаходиться в Козятинському районі Вінницької області поблизу смт. Глухів і входить до складу Глухівецько-Турбівського каолінового району. Розкрито причинно-наслідкові зв'язки різних петротипів порід фундаменту з товщиною, речовинним складом і зональністю кори вивітрювання і, як наслідок, зі структурно-літологічною будовою покладу елювіальних каолінів та його якісними показниками. На підставі координат і опису 691 свердловин, які були пробурені у різні роки виробничими геологічними організаціями, досліджено просторову мінливість рельєфу підшоши і поверхні покладу елювіальних каолінів та його товщини. З'ясовано, що поклад каолінів має складне залягання і складну морфологію, які виражені у значних коливаннях абсолютних позначок його покрівлі та підшоши і обумовлені геолого-тектонічними особливостями території та ерозійним зрізом. Відмітки покрівлі покладу каолінів змінюються від 209,1 м до 299,3 м, а відмітки підшоши – від 229,7 м до 296,8 м. За результатами опробування свердловин та хімічного аналізу каолінів досліджено латеральний розподіл середнього вмісту оксидів заліза, титану та показника білизни і вертикальний розподіл вмісту зазначених оксидів та показника білизни у межах окремих свердловин. З'ясовано, що латеральна і вертикальна мінливість показника білизни, вмісту оксидів заліза і титану обумовлена складною геологічною будовою родовища, перешаруванням різних за петрографічним і мінеральним складом кристалічних порід фундаменту, речовинним складом елювіальних утворень, що утворилися вивітрюванням цих порід. Підвищені значення показника білизни та вмісту оксидів заліза і титану наявні у різних частинах покладу каолінів. Встановлено, що просторовий розподіл показника білизни коливається в широких межах (68,1-92,24%) і визначається підвищеним вмістом Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та TiO<sub>2</sub>, або ж одного з зазначених оксидів. Вміст Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в каолінах становить 0,13-2,51 %; вміст TiO<sub>2</sub> – 0,16-1,83 %. З'ясовано, що між вмістом Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та TiO<sub>2</sub> існує прямиий або обернений кореляційний зв'язок. Трапляються випадки коли показник білизни каолінів є значним за наявності вище середнього вмісту одного з оксидів. Досліджено кореляційні зв'язки між певними параметрами покладу каолінів (рельєф поверхні і підшоши, товщина, показник білизни, вміст оксидів заліза і титану).

**Ключові слова:** Вінницька область, Глухівецьке родовище, елювіальні каоліни, структурно-літологічна модель, товщина каолінів, показник білизни, вміст оксидів титану і заліза.

**Як цитувати:** Крошко Юлія. Структурно-літологічна модель Глухівецького родовища елювіальних каолінів / Юлія Крошко, Мирон Ковальчук // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 40-55. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-03>

**In cites:** Kroshko Yulia, Kovalchuk Myron (2024). Structural and lithological model of the Glukhivetsky deposit of eluvial kaolins. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 40-55. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-03> [in Ukrainian]

**Вступ.** Глухівецьке родовище елювіальних каолінів із запасами понад 200 млн тон є одним з найбільших в Європі. Розташоване родовище в Козятинському районі Вінницької області поблизу смт. Глухів. У межах селища працюють, пов'язані з розробкою родовища елювіальних каолінів, Закрите Акціонерне Товариство «Глуховецький каоліновий завод», Приватне Акціонерне Товариство «Глуховецький гірничо-збагачувальний каоліновий комбінат», ТОВ «Акціонерне каолінове товариство». Продукція Глухівецького каолінового комбінату постачається підприємствам фарфоро-фаянсової, хімічної, радіо- і електрокерамічної, легкої та паперової галузей промисловості. У виробництві тонкої кераміки глухівецькі каоліни через низьку механічну міцність застосовуються лише в суміші з просянівськими каолінами [15].

Крім цього, у невеликій кількості каолін родовища використовується також при виробництві кабелю, гуми, парфумерії, ультрамарину, вогнетривів [1, 2, 13].

Завдяки добрим ливарним властивостям, пластичності, незначному вмісту коагулянтів і різних шкідливих солей, стабільному гранулометричному складу каолін Глухівецького родовища найбільш придатний для виробництва санітарно-технічних виробів. Вимоги до сировини визначаються її якістю та технологією збагачення [2, 13].

На сьогоднішній день, родовище значною мірою відпрацьоване.

**Матеріали та методи дослідження.** Методико-методологічною основою побудови структурно-літологічних моделей осадових формацій є напрацювання колективу науковців Інституту геологічних наук НАН України [5, 20]. Алгоритм



побудови структурно-літологічних моделей каолінових родовищ напрацьований авторами статті й апробований на низці родовищ Українського щита та оприлюднений у наукових публікаціях та на наукових конференціях різного рівня, зокрема [7, 22].

Основою для досліджень Глухівецького родовища були виробничі звіти: Сонкин Л.С., Всехсвятский С.С., 1969, «Прогнозная карта на первичные каолины (район Глуховецкого месторождения Винницкой области)»; Теодорович Ю.Н. и др., 1969, «Отчет о переоценке Глуховецкого месторождения каолинов (Винницкая область УССР)»; Сонкин Л.С., Овчинников А.С., Лужанская Л.Л., Смирнов Л.А., 1972, «Отчет по поисковым работам и составлению прогнозной карты на каолин в Казатинском и Калиновском районах Винницкой области (Листы М-35-94-А и М-35-94-Б)»; Бондаренко Г.Ф. и др., 1973, «Отчет о геологоразведочных работах, выполненных на Глуховецком месторождении первичных каолинов, в Казатинском районе Винницкой области, УССР»; Муштенко И.Ф., Тютюнник В.М., Бондаренко В.И., 1978, «Отчет о доразведке первого участка Глуховецкого месторождения первичных каолинов проведенной 1976-1978 годах (Казатинский район Винницкой области УССР)»; Логвин П.П. и др., 1981, «Глуховецкий каолиновый комбинат (развитие сырьевой базы). Разработка запасов каолина первого участка Глуховецкого месторождения»; Задорожный И.И. и др., 1981, «Технико-экономическое обоснование запасов первичных каолинов Глуховецкого месторождения в Винницкой области УССР»; Семеновенко Н.Н., Ткаченко А.С., 1984, «Отчет о доразведке и переоценке Глуховецкого месторождения первичных каолинов за 1977-83 гг. (Винницкая обл. УССР)», а також наукові публікації та дисертаційні дослідження, опрацювання та узагальнення матеріалу яких послужило основою для створення цілісної картини геологічної будови Глухівецького родовища та речовинного складу елювіальних каолінів.

На основі даних координат, опису, результатів опробування 691 свердловини, що пробурені у різні роки виробничими геологічними організаціями, хімічного аналізу каолінів та визначення їх білизни була створена цільова атрибутивна електронна база даних, яка стала фактологічним матеріалом для картографічних побудов, що характеризують рельєф підосви і покрівлі елювіальних каолінів, їх товщину, а також латеральний і вертикальний розподіл у них оксидів заліза, титану й індексу білизни. Картографічні побудови здійснювалися з використанням ПС-технологій у програмних забезпеченнях Golden Software Strater, Golden Software Surfer. Кореля-

ційні зв'язки між певними параметрами досліджувалися в Microsoft Excell.

**Аналіз попередніх досліджень.** Перші відомості про Глухівецьке родовище елювіальних каолінів були у 1901 році. Значний внесок у дослідження родовища зробили С.Г. Коклик, С.І. Боженів, М.І. Безбородько, О.В. Красовський та ін. Перші геолого-розвідувальні роботи на родовищі виконано у 1925-1926 роках під керівництвом В.І. Лучицького. Протягом 1928-1938 років здійснювалися роботи з геологічного дослідження родовища. Зокрема, протягом 1931-1932 років геолого-розвідувальні роботи здійснювалися Українським відділенням Інституту прикладної мінералогії (під керівництвом С.Г. Коклика), а в 1938 р – Українським геологічним управлінням (під керівництвом І.Г. Лобача). У 1940 році державним комітетом по запасам були затверджені запаси родовища в кількості 30,5 млн. т. Після другої світової війни неодноразово проводилися роботи з дорозвідки і переоцінки запасів родовища у зв'язку зі зміною вимог до сировини та ГОСТів. Зокрема такі види робіт були проведені у 1951-1952 рр. трестом «Укргеолнеруд» (керівник робіт Б.О. Гіндалевич). У 1961 році дорозвідка родовища була здійснена Вінницькою партією Подільського раднаргоспу. З 1961 року на родовищі постійно здійснювалася експлуатаційна розвідка з метою уточнення умов залягання і сортності каолінів. Неодноразово проводилися дорозвідки окремих ділянок родовища з метою переведу однієї категорії запасів в іншу.

У подальші роки, значний внесок у дослідження Глухівецького родовища елювіальних каолінів загалом, товщини, зональності, речовинного складу кори вивітряння й її структурного контролю; особливостей поширення, товщини і морфології покладу елювіальних каолінів, його речовинного складу, якості тощо у різні роки зробили В.І. Бондаренко, С.С. Всехсвятський, Ю.К. Іванов, В.Ю. Кондрачук, І.Ф. Муштенко, Ю.А. Русько, М.М. Семеновенко, Л.С. Сонкін, Ю.М. Теодорович, О.С. Ткаченко, В.М. Тютюнник, М.Ю. Фішкін та ін. [4, 6, 14].

Згодом, у межах родовища було виокремлено окремі блоки з відповідною сортністю каолінової сировини.

У 1982 році Ф.Д. Овчаренко зі співавторами узагальнили дані про каоліни більшості родовищ України, зокрема щодо їх сировинної бази, мінералогії, генезису та структурних особливостей, фізико-хімічних властивостей тощо; подали відомості щодо оптимальних технологій переробки та застосування каолінів у виробництві порцеляни та фаянсу, паперу, гуми та інших галузях предметності.

У 1977 р. інформація щодо каолінів була уза-

гальнена в геолого-економічному огляді [2].

Багато наукових праць було присвячено дослідженню технологічних властивостей каолінів родовища. Зокрема, науково обґрунтовано доцільність використання низькосортного каоліну з домішками легкоплавкої глини або паливного шлаку та інших домішок для отримання лицьової і порожньоютилої цегли методом пластичного формування [3]. Структурно-механічні та реологічні показники збагачених і незбагачених каолінів Глухівецького родовища в технології виробництва санітарної кераміки досліджували В.Г. Сальник зі співавторами. Розроблено технологію виробництва модифікованого каоліну, що може використовуватись як світлий наповнювач при виробництві гумових сумішей, полімерів, лаків, фарб, клеїв, пластмас [3]. Він є заміником дорогої і дефіцитної імпоротної білої сажі, ціна якої вдвічі вища.

Геологічна будова, проблеми вивчення Глухівецько-Турбівського рудного вузла були частково висвітлені у 2005 р. [9]. Літологічна характеристика кори вивітрювання докембрійських порід фундаменту району розташування Глухівецького родовища побіжно висвітлена в праці [16]. У 2013 р. на підставі даних 134 свердловин було здійснено моделювання розподілу оксидів заліза і титану у покладі каолінів Глухівецького родовища [11] та зроблено висновок про те, що високоякісні каоліни з мінімальним вмістом оксидів заліза поширені у центральній частині, а низькосортні каоліни – у східній. Згодом, у 2014 році ці результати досліджень було покладено в основу кандидатської дисертації де подано порівняльну характеристику елювіальних каолінів з різних родовищ північно-західної частини Українського щита [8].

Враховуючи унікальність за запасами Глухівецького родовища і наявність значної кількості розрізаних даних стосовно його геологічної будови, настала нагальна проблема в узагальненні та аналізі наявного фактичного матеріалу, поданні його в цілісному вигляді по родовищу, а не по окремим ділянкам, спонукала авторів до створення структурно-літологічної моделі цього родовища, яка висвітлює його структурно-геологічну позицію, зональність і речовинний склад кори вивітрювання, геометричні параметри покладу каолінів та просторовий і вертикальний розподіл в них показника білизни, вмісту оксидів заліза й титану, кореляційні зв'язки між ними тощо.

**Мета публікації** полягає в створенні структурно-літологічної моделі Глухівецького родовища елювіальних каолінів, яка висвітлює особливості причинно-наслідкових зв'язків між геолого-тектонічною будовою території; будовою, ре-

човинним складом і зональністю кори вивітрювання; умовами залягання, речовинним складом і просторовою та вертикальною мінливістю якісних показників (показник білизни, вміст шкідливих домішок оксидів заліза і титану) покладу каолінів.

**Результати досліджень.** Глухівецьке родовище розташоване на південній околиці смт. Глухівці Вінницької обл. в межах вирівняного, слабко пагорбкового плато з абсолютними відмітками 260-306 м на вододілах малих річок Гнилоп'ять і Гуйна (рис. 1).

**Загальні риси геологічної будови.** Глухівецьке родовище має складну геологічну будову як кристалічного фундаменту, за рахунок гіпергенного розкладу порід якого утворилася кора вивітрювання, так і самої кори вивітрювання, яка є складовою частиною родовища. Глухівецьке родовище приурочене до одного зі значних субмеридіональних розламів Глухівецької зони в місці його сполучення з Білопільською північно-східною зоною (геолкарта, Бердичів). Турбівсько-Глухівецька (за Забіякою, 1974) або Глухівецька (за Сонкіним, 1977) зона ускладнена дрібнішими субширотними порушеннями. У місцях її зчленування з ними присутні ділянки підвищеної тріщинуватості та більшої товщини зони гіпергенезу. Кристалічні породи фундаменту утворюють складку, що вигинається із північно-східного простягання (у південній половині родовища) до субмеридіонального (у північній). Падіння складки на південний-схід під кутом 40-80°.

У геологічній будові Глухівецького родовища бере участь складний комплекс архейно-нижньопротерозойських порід бузької та дністровсько-бузької серій: біотит-плагіоклазові, гранат-біотит-плагіоклазові, амфібол-піроксен-біотит-гранатові, амфібол-піроксен-плагіоклазові гнейси, граніти-чарнокіти, граніти і мігматити серед яких переважають чудново-бердичівські граніти та мігматити, в полі поширення яких присутні ксеноліти гнейсів бугської серії та незначні за розміром тіла пегматитів та апліт-пегматоїдних гранітів яким притаманна багатомінеральна асоціація – гранат, кордієрит, біотит, плагіоклаз, калієвий польовий шпат (зазвичай ортоклаз), кварц та ільменіт та ін; мезозой-кайнозойська кора вивітрювання кристалічних порід, осадові утворення міоцен-пліоцену і четвертинної системи.

Родовище розташоване в тектонічно-ускладненій зоні контакту різновікових кристалічних порід, що відрізняються мінеральним складом, структурно-текстурними особливостями. Головним розламом родовище поділене на дві частини: у західній переважають мігматити зі значною кількістю біотитвмісних гнейсів і слан-



Рис. 1. Розташування кар'єрів Глухівецького родовища на космічному знімку з порталу Google Earth /  
Fig. 1. Location of the quarries of the Glukhivetsky deposit in a space image from the Google Earth portal

ців, рідше гіперстенових кристалосланців; у східній частині – гранітоїди представлені порфіроподібними різновидами зі значним вмістом мікрокліну та з ксенолітами мігматитів і гнейсів [3]. У смузї між вказаними частинами родовища залягають мігматити насичені гнейсовим матеріалом та значні за розміром ксеноліти гнейсів. На згині складки присутні розривні порушення, які складають Глухівецький регіональний розлам.

У пізньотріасово-ранньоюрську епоху породи кристалічного фундаменту зазнали інтенсивного вивітрювання в умовах гумідного клімату. Поверхня кристалічних порід на яких залягає кора вивітрювання має складний рельєф, обумовлений як первинним заляганням, неоднорідним складом, тектонічними порушеннями кристалічних порід, так і процесами їх гіпергенного перетворення. Відмітки абсолютних висот поверхні кристалічних порід знаходяться в межах 187,9-268 м (перепад висот 119,9 м). Через родовище, з північного заходу на південний схід, простягається значне за розмірами коритоподібне пониження в рельєфі поверхні кристалічних порід, яке ускладнено валоподібними поперечними ви-

ступами, що розмежують його на окремі западини складної конфігурації. Вказані особливості рельєфу поверхні кристалічних порід обумовили різну глибину вивітрювання, особливості залягання кори вивітрювання, її речовинний склад та товщину [6, 14]. Віддзеркаленням петрографічного чинника в утворенні кори вивітрювання є більш глибоке залягання підшви елювію в межах західної ділянки, аніж в межах східної.

Пульсаційний геотектонічний розвиток території з переважанням висхідних тектонічних рухів спричинив частковий, а подекуди й повний розмив кори вивітрювання. Найбільш інтенсивною денудація кори вивітрювання була у нижньому і середньому міоцені, понті, верхньому пліоцені. Неодноразова зміна клімату протягом геологічної історії існування кори вивітрювання спричинила активізацію епігенетичних процесів та перетворення її мінерального складу.

**Характеристика кори вивітрювання.** На усіх, без винятку, породах кристалічного фундаменту розвинута кора вивітрювання лінійно-площового морфологічного типу. Найбільш поширеною є кора вивітрювання гранітоїдів, які

мають подібний мінеральний склад і тому речовинний склад їхньої кори вивітрювання теж має багато спільних рис з деякими відмінностями. Кора вивітрювання різних за мінеральним складом гнейсів, незважаючи на відмінності їх в мінеральному складі, здебільшого одноманітна.

Поверхня кори вивітрювання залягає на глибинах від 2-4 м до 12,0 м, подекуди до 16,0-25,5 м і обумовлена характером поверхні кристалічних порід фундаменту та характером поверхні сучасного рельєфу.

Товщина кори вивітрювання залежить від ступеня її заглиблення в кристалічний субстрат, що контролюється структурно-тектонічним чинником, та від розчленованості первинного рельєфу поверхні кристалічних порід, на якій почала утворюватися кора вивітрювання, і ступеня та нерівномірності розмиву останньої після завершення її утворення. На більшості території родовища товщина кори вивітрювання становить 20-40 м; у центральній частині – 64-76 м. Важливу роль в утворенні кори вивітрювання мали зони контактів між різними петротипами порід, лінійно-видовжені зони тріщинуватості і катаклазу, які сприяли проникненню гіпергенних процесів у кристалічних породах на значну глибину, подекуди утворюючи лійкоподібні лінійні зони кори вивітрювання товщиною до 110 м.

Кора вивітрювання характеризується вертикальною зональністю, яка налічує три зони (знизу-догори): перша – дезинтеграції і вилуговування, друга – початкового гідролізу (каолініт-гідрослюдиста), третя – кінцевого гідролізу та окиснення продуктів вивітрювання (каолінітова).

Профіль кори вивітрювання, літологічний і мінеральний склад її зон визначається петротипом кристалічних порід фундаменту, ступенем тріщинуватості, їх мінеральним складом та ступенем гіпергенного перетворення.

Переходи між зонами кори вивітрювання поступові (виражені у поступовій зміні фізичних властивостей, структурно-текстурних характеристик і речовинного складу елювію) та умовні. Зональність кори вивітрювання у межах родовища не витримана за латераллю і обумовлена петрографічним складом материнських порід. Подекуди у профілі елювію деякі зони відсутні та часто присутні потовщення окремих зон.

Зона дезинтеграції і вилуговування залягає безпосередньо на материнських породах та представлена жорсткою і щабелем. На ділянках, де материнськими породами є гнейси та мігматити, зона дезинтеграції і вилуговування є дуже незначною або відсутня і на материнських породах залягає каолініт-гідрослюдиста зона кори вивітрювання.

Речовинний склад зони дезинтеграції і вилу-

говування визначається петротипом і мінеральним складом материнських порід. У корі вивітрювання гнейсів, зона представлена сильно тріщинуватими сірувато-зеленими породами, уламками вивітрених гнейсів. Тріщини у породі заповнені гідроксидами заліза та глинистими мінералами. Мінеральний склад представлений каолінітом (до 20 %), нотронітом (до 10 %), монтморилонітом (до 10 %), гідрохлоритом, гетитом, гідрогетитом та одиничними зернами опалу. Зона дезинтеграції і вилуговування, що утворилася за рахунок вивітрювання гранітів аплітопегматоїдних, являє собою жорстку каолінізовану з уламками материнських порід. Серед мінералів присутні каолініт (5-40 %), гідрослюда (до 10 %), гетит, гідрогетит, опал, лейкоксен та ін. Зона дезинтеграції і вилуговування, що утворилася за рахунок вивітрювання гранітів і мігматитів, представлена слабо вивітряними щабелістотріщинуватими породами, які вверх за розрізом змінюються жорсткою каолінізованою. Мінерали представлені каолінітом (до 10 %), гідробіотитом (2-3 %), гідроксидами заліза (3 %), опалом та ін.

Загалом, у зоні дезинтеграції і вилуговування, материнські породи інтенсивно тріщинуваті, плагіоклази майже повністю перетворені на каолініт, а в окремих випадках на монтморилоніт, з утвореними на ньому каолінітом і галузитом, піроксени – на нонтроніт і монтморилоніт. Біотит менш змінений і лише на краях лусок присутні гідробіотит та хлорит. Мікроклін каолінізований лише за площинами спайності. Від подошви до покрівлі зони дезинтеграції і вилуговування поступо збільшується вміст вторинних мінералів, зокрема монтморилоніт і гідрослюда заміщуються каолінітом, хлорит – гідрослюдами і каолінітом. Гіпергенні зміни властиві також деяким акцесорним мінералам.

У межах зони дезинтеграції і вилуговування відбувається інтенсивне окиснення закисного заліза, різко збільшується вміст окисного заліза за постійного – сумарного [4]. Для гранат-біотитових гранітів та біотит-плагіоклазових гнейсів збільшення вмісту окисного заліза в цій зоні не характерне. Тут наявне інтенсивне винесення  $Fe^{+2}$  з незначним зменшенням кількості тривалентного заліза.

Товщина зони дезинтеграції і вилуговування 1,5-47,7 м, в середньому – 10 м.

Відсотковий вміст основних породоутворювальних оксидів зони дезинтеграції і вилуговування різних петротипів порід кристалічного фундаменту такий (у %): гранітів (порфіроподібних):  $Al_2O_3$  – 16,25-17,1;  $SiO_2$  – 67,70-70,0;  $Fe_2O_3$  +  $FeO$  – 0,54-4,12;  $TiO_2$  – 0,4-0,45;  $K_2O$  – 3,50-5,05;  $Na_2O$  – 2,35; гранітів бердичівського комплексу:  $Al_2O_3$  – 16,86-17,0;  $SiO_2$  – 67,77-68,1;

$Fe_2O_3$  – 0,54-4,15;  $TiO_2$  – 0,4-0,45;  $K_2O$  – 3,505-6,30;  $Na_2O$  – 0,70-2,66; біотит-плагіоклазових гнейсів:  $Al_2O_3$  – 16,26-17,8;  $SiO_2$  – 65,35-65,85;  $Fe_2O_3$  – 0,16-0,55;  $TiO_2$  – 0,65-0,72;  $K_2O$  – 1,4-2,3;  $Na_2O$  – 0,85-1,6 [4].

Зона початкового гідролізу (каолініт-гідрослюди́ста) поширена не повсюдно та змінює зону дезинтеграції і вилуговування чи материнські породи. Породи складені переважно кварцом, каолінітом і гідрослюдою, вміст якої досягає 40 %, і подекуди забарвлені оксидами заліза у жовто-бурі тона. У межах зони початкового гідролізу вторинні мінерали переважають над материнськими, зокрема, майже повністю завершується вивітрювання плагіоклазів, каолінізується мікроклін, гідратується біотит з утворенням гідробіотиту і лейкоксену, хлорит заміщується гідробіотитом і каолінітом, відбувається каолінізація гідрослюди, каолінізуються гранати, за рахунок розкладання рутилу утворюється ільменіт тощо. Мінерально-геохімічні перетворення супроводжуються утворенням гідрогетиту.

Залежно від петротипів материнських порід виокремлено декілька різновидів каолініт-гідрослюди́стої зони. Зокрема, на гранітах і мігматитах (бердичівський комплекс) каолініт-гідрослюди́ста зона представлена світло-сірою породою, яка складена каолінітом (30-70 %), гідрогетитом (10-15 %), гідрослюдою (10-40 %), кварцом (20-35 %), мікрокліном (3-10 %), гранатом, цирконом, ільменітом, лейкоксом, рутилом, апатитом, монацитом, сфеном, піритом, ортитом. На гнейсах каолініт-гідрослюди́ста зона представлена світло-сірою, сірою породою з зеленуватим відтінком, іноді жовто-бурою породою, яка складається з каолініту (38-62%), гідробіотиту (15-35 %), монтморилоніту (3-5 %), кварцу (15-25 %), гідрогетиту (до 3 %), ільменіту, циркону, апатиту, ортиту, гранату, монациту, сфену, лейкоксену, рутилу. На апліто-пегматоїдних гранітах каолініт-гідрослюди́ста зона представлена сірою, білувато-жовтою, зеленувато-рожевою породою, яка складена каолінітом (20-40 %), рожевим напівзруйнованим мікрокліном, каолінізованими плагіоклазами, кварцом, гідробіотитом.

У межах зони відбувається подальше окиснення  $Fe^{+2}$  (збільшення вмісту окисного заліза на 100 мг/см<sup>3</sup> порівняно з зоною дезинтеграції і вилуговування) та загальне винесення заліза [4]. Винятком є кора вивітрювання, що утворилася за рахунок гіпергенного розкладу гранат-біотитових гранітів.

Товщина зони початкового гідролізу 0,7-41,3 м; на пегматитах і апліто-пегматоїдних гранітах – до 0,5 м; в середньому на родовищі – 25 м.

Відсотковий вміст основних породоутворювальних оксидів каолініт-гідрослюди́стої зони різних петротипів порід кристалічного фундаменту такий (у %): гранітів (порфіроподібних):  $Al_2O_3$  – 16,05-18,59;  $SiO_2$  – 66,35-68,82;  $Fe_2O_3$  +  $FeO$  – 0,60-3,20;  $TiO_2$  – 0,32-0,50;  $K_2O$  – 1,75-2,77;  $Na_2O$  – 0,20-0,53; гранітів бердичівського комплексу:  $Al_2O_3$  – 17,69-18,2;  $SiO_2$  – 65,47-66,2;  $Fe_2O_3$  – 0,74-1,32;  $TiO_2$  – 0,45-0,75;  $K_2O$  – 0,85-2,74;  $Na_2O$  – 0,15-0,25; біотит-плагіоклазових гнейсів:  $Al_2O_3$  – 19,25-21,15;  $SiO_2$  – 64,56-65,64;  $Fe_2O_3$  – 0,35-0,50;  $TiO_2$  – 0,41-0,75;  $K_2O$  – 0,63-1,2;  $Na_2O$  – 0,05-0,1 [4].

Породи зони дезинтеграції і вилуговування, початкового гідролізу та лужні каоліни після збагачення їх піщаної фракції є польовошпатовою сировиною.

Зона кінцевого гідролізу та окиснення продуктів вивітрювання (каолінітова) представлена товщею каолінів, характеризується повним гіпергенним розкладом усіх породоутворювальних мінералів, за винятком кварцу, циркону, монациту, апатиту.

Товщина зони кінцевого гідролізу та окиснення продуктів вивітрювання мінлива, залежить від інтенсивності розвитку кори вивітрювання та від її збереження від розмиву. Найбільші товщини приурочені до западин коритоподібного пониження в поверхні кристалічних порід та в межах вододілу давнього і сучасного рельєфу, де товщина покладу каолінів становить 40,0-45,6 м, а подекуди 52,0 м. Однак, найбільші товщини покладу каолінів були в північно-західній частині родовища (на сьогоднішній день відпрацьованій) і становили 67,6 м. Ділянки значної товщини покладу каолінів видовжені у північно-східному і субмеридіональному напрямках та мають складну конфігурацію, обумовлену конкордантністю і дискордантністю зон дроблення. Найменшої товщини покладу каолінів знаходиться в межах виступу блоку гнейсів, який простягається на 0,5 км у північній частині родовища.

На межі зони початкового гідролізу і зони кінцевого гідролізу та окиснення на окремих ділянках (головно північно-східна ділянка родовища) присутні пеліканіти у вигляді лінз, гнізд, коротких жил товщиною 0,2-20,1 м.

Пеліканіти – це біла, світло-сіра щільна, масивна порода, яка зовнішньо нагадує каолін і має дрібнолускувату, гелеподібну структуру з реліктами зернистої. Складені пеліканіти каолінітом і опалом (заміщує плагіоклази, частково мікроклін і вивітрює тріщини в породі) – 70 %, мікрокліном – 15 %, кварцом – 10 %, лейкоксом – 3 %, цирконом, монацитом.

Через поступовий перехід каолініт-гідрослю-

дистої зони в каолінітову чітко виокремити нижню межу останньої не завжди можливо. Вторинні мінерали представлені каолінітом, монтморилонітом, хлоритом, гідрослюдами, лейкоксеном. За вмістом оксидів калію і натрію зона кінцевого гідролізу та окиснення поділяють на дві підзони: лужні каоліни і нормальні каоліни.

Відсотковий вміст основних породоутворювальних оксидів каолінітової зони різних петротипів порід кристалічного фундаменту таких (у %): гранітів бердичівського комплексу:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 20,56-27,74;  $\text{SiO}_2$  – 62,62-66,65;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,28-0,31;  $\text{TiO}_2$  – 0,21-1,26;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,15;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,12-0,13; біотит-плагіоклазових гнейсів:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 22,56-25,02;  $\text{SiO}_2$  – 64,47-65,3;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,23-0,44;  $\text{TiO}_2$  – 0,41-0,94;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,17-0,67;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,07-0,14; гранітів (порфіроподібних):  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 22,31-22,76;  $\text{SiO}_2$  – 68,55-68,73;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  – 0,48-0,60;  $\text{TiO}_2$  – 0,31-0,43;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,23-0,26;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,04-0,15 [4].

У межах покладу каолінів наявна субширотна зона збагачення графітом, який знижує їх каолінів [3].

У корі вивітрювання гранітів бердичівського комплексу діагностовано значні вмісти монациту і циркону, зокрема вміст монациту досягає  $5 \text{ кг/м}^3$  при середньому вмісті  $100 \text{ г/м}^3$  [17]. У корі вивітрювання кварц-польовошпатових метасоматитів з циркон-рідкісноземельною мінералізацією у межах зон розривних порушень середній вміст циркону і монациту досягає кількох кілограмів на метр кубічний; у відвалах Глухівського комбінату середній вміст монациту становить  $219 \text{ г/м}^3$ ; у пісках відвалів –  $650 \text{ г/м}^3$ ; монацитовий концентрат містить 30-36 %  $\text{TR}_2\text{O}_3$  [17]. Вміст торію в корах вивітрювання обумовлений його вмістом у кристалічних породах, а також гіпергенними процесами, які спричинюють утворення вторинних ореолів збагачення.

Породи зони дезинтеграції і вилуговування й каолініт-гідрослюдистої зони та лужні каоліни після збагачення їх піщаної фракції відповідають вимогам до польовошпатової сировини. Піски-відходи придатні для використання в будівництві (100 %), для приготування бетонних розчинів (84 %), для тонкої кераміки (85 %), для виробництва карбіду кремнію (понад 50 %). [3, 11, 15].

**Характеристика каолінів.** Підзона лужних каолінів (сума  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  до 7.12 %; вміст  $\text{K}_2\text{O}$  до 5,5 %) утворилася в профілі кори вивітрювання на ділянках поширення калій-польовошпатовмісних петротипів порід з якими лужні каоліни пов'язані просторово і парагенетично. Максимальний вміст суми лугів встановлено в корі вивітрювання апліто-пегматоїдних гранітів.

Лужні каоліни являють собою білу, содоподібну щільну породу, яка складена каолінітом (30-50 %), кварцом (до 45 %), гідромусковітом,

гідробіотитом, гетитом, гідрогетитом, лейкоксенном, сагенітом, опалом. Акцесорні мінерали представлені ільменітом, цирконом, монацитом, турмаліном, гідрослюдами, гідрогетитом; вихід польовошпатового концентрату – 8 %.

Залягають лужні каоліни на різних гіпсометричних рівнях у нижній частині зони. Товщина лужних каолінів в корі вивітрювання порфіроподібних гранітів в межах східної ділянки 0,8-17,2 м (середня 4,7 м); в корі вивітрювання бердичівських гранітів та мігматитів у межах західної ділянки – 2,0-20,8 м (зазвичай 5,0-10,0 м) [4].

Нерівномірне поширення лужних каолінів пов'язане з нерівномірністю поширення і неоднорідністю материнських кристалічних порід, в яких вміст мікрокліну різний. Найбільш поширені лужні каоліни у східній частині родовища, менше – в західній і майже відсутні – в південно-західній.

Нормальні каоліни (сума  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  до 0,90 %) – це білого, світло-сірого, кремowego, вохристо-бурого забарвлення породи, які повністю складені каолінітом, кварцом та акцесорними мінералами. Подекуди присутні плями озалізнєння.

У каолінах, що утворилися вивітрюванням різних петротипів порід, виокремлено декілька різновидів, які різняться забарвленням, вмістом піщаної і глинистої фракцій, каолініту, кварцу, акцесорних мінералів, оксидів заліза, титану, алюмінію і білизною [13]. Так, каоліни, що утворилися внаслідок вивітрювання гранітів і мігматитів бердичівського комплексу мають строкате забарвлення: світло-кремове, біле з жовтими і кремовими плямами, що надає породі плямистої текстури (обумовлена гіпергенним розкладом різних мінералів материнської породи). Зокрема, жовто-вохристі плями обумовлені вивітрюванням гранатів, кремове забарвлення – розкладом темноколірних мінералів, а біле – польових шпатів. Каоліни, утворені вивітрюванням мігматитів мають світло-кремове, жовто-кремове забарвлення, часто зберігають смугасту текстуру материнських порід. Структура породи зерниста, дрібнолускувата, пелітоморфна. Речовинний склад породи представлений каолінітом (до 95 %), кварцом (5-35 %), мікрокліном (до 5 %) та акцесорними мінералами (ільменіт, лейкоксен, циркон, апатит).

Каоліни, що утворилися внаслідок вивітрювання гнейсів являють собою світло-сіру, жовто-сіру, кремово-жовту, вохристо-жовту, темно-кремову дрібнозернисту породу, яка складена пелітоморфним, дрібнолускуватим каолінітом (до 80 %), кварцом (до 40 %) та акцесорними мінералами (циркон, апатит, лейкоксен).

Каоліни, що утворилися вивітрюванням пегматитів, пегматоїдних і апліто-пегматоїдних гранітів, мають сніжно-біле, біле, світло-сіре забарвлення і складені мікролускуватим каолінітом (90 %), кварцом (10 %), ільменітом, лейкоксеном.

Каоліни, що утворилися внаслідок вивітрювання порфіроподібних гранітів мають світло-кремове і світло-сіре забарвлення та складені пелітоморфним, дрібнолускуватим каолінітом (50-70 %), кварцом (30-35 %), апатитом, цирконом, лейкоксеном, монацитом, гідрогетитом.

У межах західної ділянки каоліни містять незначну кількість забарвлюючих оксидів та значну кількість гідролуд [3].

Строкатість вказаних чинників віддзеркалюється у латеральній і вертикальній зміні якості і сортності сировини і тому каоліни різних частин родовища різняться за якісними характеристиками.

Каолін-сирець містить (у %):  $Al_2O_3$  – 25,18-25,22;  $SiO_2$  – 65,32-69,80;  $Fe_2O_3$  – 0,22-0,52;  $TiO_2$  – 0,17-1,1. У його глинистій складовій, яка містить 95-99 % каолініту та 1-2 % гідролуд, каолініт утворює луско-, петлеподібні та променисті агрегати. Гідролуди присутні у вигляді окремих лусок та агрегатів і заміщуються каолінітом. Механічні домішки представлені кварцом та в незначній кількості мікрокліном, плагіоклазом, роговою обманкою, ільменітом, цирконом, апатитом, монацитом, рутилом, ортитом, магнетитом, гранатом, лімонітом.

Збагачені каоліни мають такий хімічний склад (у %):  $Al_2O_3$  – 32,0-39,23;  $SiO_2$  – 45,52-53,64;  $Fe_2O_3$  – 0,12-2,18;  $TiO_2$  – 0,22-1,08.

Характерною особливістю каоліну Глухівського родовища є висока дисперсність та однорідність глинистої речовини, що зумовлено характером материнських порід і високим ступенем каолінізації. Залишки після збагачення такого каоліну представлені широким діапазоном крупнозернистого, рідше дрібнозернистого кварцу. Польовий шпат і слюда як залишки трапляються рідкісно і в незначній кількості. Відсутність залишків польового шпату і слюди зумовлює високу вогнетривкість каоліну, зокрема 1800-1810°C – для чистого білого каоліну та 1770-1780°C – для сірувато-жовтого.

За результатами даних 691 свердловини авторами досліджено характер рельєфу поверхні і підшови алювіальних каолінів та їх товщини за латераллю (рис. 2). Відмітки покрівлі покладу каолінів змінюються від 209,1 м до 299,3 м (середнє значення 281,57 м). Відмітки підшови покладу каолінів змінюються від 229,7 м до 296,8 м (середнє значення 262,78 м). Коливання абсолютних позначок рельєфу підшови каолінів у двох сусідніх свердловинах розвідувальної мережі іно-

ді становить 20-22 м. Товщина покладу каолінів змінюються від 1,1 м до 52,0 м (в середньому 18,99 м). У 42,83 % досліджених свердловин (691 свердловина) товщина покладу каолінів перевищує його середнє значення; в 14,32 % свердловин товщина покладу каолінів понад 30,0 м.

Найменша товщина каолінів притаманна ділянкам з незначною загальною товщиною (до 10-15 м) кори вивітрювання. Як правило, пониженим ділянкам підшови каолінів відповідають їх значні товщини.

Підвищеним ділянкам підшови каолінів часто відповідають їх незначна товщина та підвищені ділянки їхньої покрівлі. Кореляційний зв'язок між рельєфом підшови і покрівлі каолінів – прямий помірний (+ 0,35); між рельєфом підшови каолінів та їх товщиною – зворотний середній (- 0,68); між абсолютною відміткою устя свердловини та товщиною каолінів – прямий помірний (+ 0,36), а між абсолютною відміткою устя свердловини та рельєфом підшови каолінів – прямий дуже слабкий (+ 0,15).

Аналіз рельєфу поверхні підшови кори вивітрювання та товщини елювіальних каолінів дозволяє стверджувати, що поширення кори вивітрювання значної товщини (понад 30 м) та зони елювіальних каолінів товщиною понад 20 м співпадає з ділянками тектонічно-ослаблених зон у породах кристалічного фундаменту. Як приклад, є північна частина родовища, де товщина кори вивітрювання лінійно-змішаного типу становить 50-70 м та просторово співпадає з тектонічно-ослабленими зонами [6].

Білизна є основним показником якості каолінів для паперової та інших галузей промисловості та залежить від вмісту в них оксидів заліза і титану [1, 2, 10]. У зв'язку з цим авторами досліджено просторовий і вертикальний розподіл показника білизни і оксидів заліза й титану в каолінах (рис. 3).

Аналіз розподілу зазначених параметрів за латераллю дозволив встановити, що вміст  $Fe_2O_3$  в каолінах становить 0,13-2,51 % (середнє значення 0,52 %). Вміст  $TiO_2$  в каолінах становить 0,16-1,83 % (середнє значення 0,97 %). Показник білизни каолінів змінюється від 68,1 % до 92,24 % (середнє значення 81,34 %). У 20,98 % свердловин одночасно наявні вище середнього вміст  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ . В 1,44 % свердловин одночасно присутні вище середнього значення вміст  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  та показника білизни. У 15,77 % свердловин одночасно присутні вище середнього вміст  $Fe_2O_3$  і показник білизни. У 17,07 % свердловин одночасно присутні вище середнього показник білизни і вміст  $TiO_2$ .

Кореляційний зв'язок між оксидом заліза і оксидом титану – прямий практично відсутній;

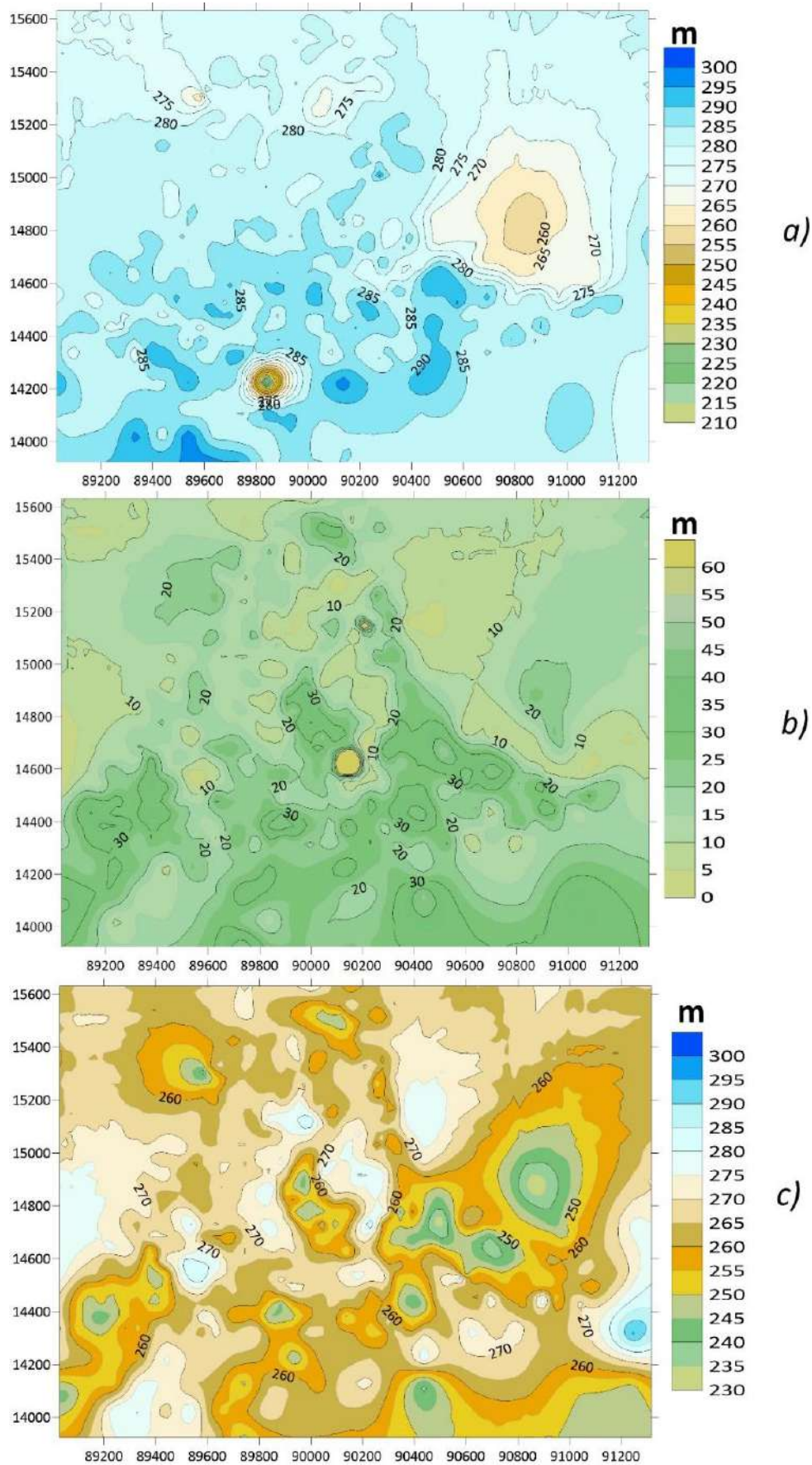


Рис. 2. Співвідношення ізогіпс верхньої (a) і нижньої (c) поверхні покладу елювіальних каолінів та ізопахіт їхньої товщини (b) /

Fig 2. The relationship between the isogypses of the top (a) and of the bottom (c) surface of the layer of eluvial kaolins and isopachites of their thickness (b)



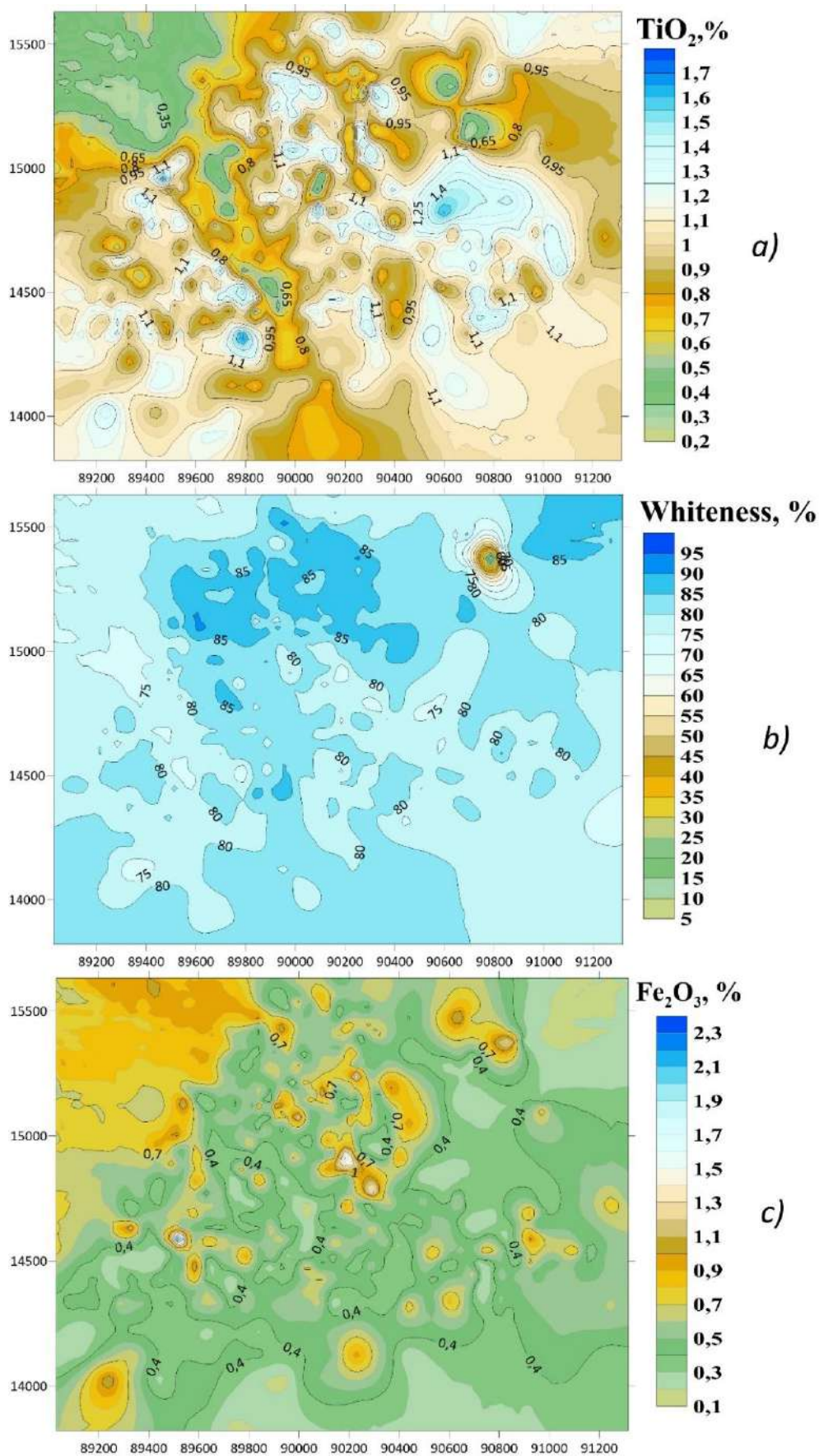


Рис. 3. Просторовий розподіл середніх вмістів (у %) оксидів  $TiO_2$  (a),  $Fe_2O_3$  (c), та індексу (в %) білизни (b) в покладі елювіальних каолінів / Fig. 3. Spatial distribution of average contents (in %) of oxides  $TiO_2$  (a),  $Fe_2O_3$  (c), and whiteness index (in %) (b) in the layer of eluvial kaolins

між оксидом заліза і показником білизни – зворотний слабкий (- 0,21); між оксидом титану і показником білизни – зворотний помірний (- 0,33); між товщиною каолінів і показником білизни – відсутній.

Аналіз вертикального розподілу показника білизни та вмісту оксидів заліза і титану у свердловинах вказує на нерівномірний їх розподіл та змінні їхні кореляційні зв'язки (рис. 4). Так, між вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{TiO}_2$  наявний прямий або обернений кореляційний зв'язок й їхні вмісти вище середнього наявні в різних частинах (нижня, середня, верхня) покладу каолінів. Значення вище середнього показник білизни у різних свердловинах має у нижній, середній і верхній частині товщі каолінів. На показник білизни в різних випадках на різних гіпсометричних рівнях покладу мають вплив підвищені вмісти одного з зазначених оксидів або сукупна дія обидвох. Зі зростанням вмісту одного з оксидів або ж обидвох одночасно, показник білизни зменшується. Кореляційним аналізом з'ясовано, що між показником білизни і вмістом оксиду титану кореляційний зв'язок прямий помірний (+ 0,31 – див. рис. 4 з), середній (+ 0,60 – див. рис. 4 ж), сильний (+ 0,72 – див. рис. 4 є) та зворотний помірний (- 0,44; - 0,45 – див. рис. 4 а, в), середній (- 0,52 – див. рис. 4 з), сильний (- 0,76; - 0,77 – див. рис. 4 б, в); між показником білизни і вмістом оксиду заліза кореляційний зв'язок прямий дуже слабкий (+ 0,12 – див. рис. 4 є) та зворотний помірний (-0,31 – див. рис. 4 д), середній (- 0,56; - 0,66; - 0,64; - 0,66; - 0,63 – див. рис. 4 а, б, в, з, ж), сильний (- 0,71 – див. рис. 4 є); між вмістом оксиду титану і оксиду заліза кореляційний зв'язок прямий дуже слабкий (+ 0,14 – див. рис. 4 є), слабкий (+ 0,24 – див. рис. 4 д), помірний (+ 0,35; + 0,32 – див. рис. 4 є, ж), середній (+ 0,55 – див. рис. 4 б), сильний (+, 075 – див. рис. 4 в) та зворотний дуже слабкий (- 0,16 – див. рис. 4 з), помірний (- 0,37 – див. рис. 4 а).

Найбільші значення показника білизни мають каоліни, що утворилися внаслідок вивітрювання апліто-пегматоїдних гранітів і пегматитів, дещо менше – гранітів і мігматитів, а найменше – гнейсів.

Характерною особливістю будови каолінового покладу Глухівецького родовища є наявність у його верхній частині сировини низьких марок з білизою 67-73 % [3]. За нашими дослідженнями мінімальне значення показника білизни становить 68,1%.

Таким чином, унаслідок складної геологічної будови і перешаровування різних петротипів материнських порід у межах родовища, каоліни мають змінний показник білизни у вертикальному перетині і за латераллю.

**Висновки.** Глухівецьке родовище елювіальних каолінів утворилося в ранньокрейдову епоху в межах субмеридіональних розламів Глухівецької зони (ускладнена дрібнішими субширотними порушеннями) в місці їх сполучення з Білопільською північно-східною зоною. Головним розламом рудне поле поділене на частини в межах яких переважають певні петротипи порід кристалічного фундаменту. Родовище елювіальних каолінів просторово і парагенетично пов'язане з корою вивітрювання різних за віком, петрографічним і мінеральним складом докембрійськими породами кристалічного фундаменту.

На основі узагальнення і аналізу фактичного матеріалу створено структурно-літологічну модель Глухівецького родовища елювіальних каолінів, яка розкриває причинно-наслідкові зв'язки між геолого-тектонічною будовою території; будовою, речовинним складом і зональністю та товщиною кори вивітрювання; умовами залягання, речовинним складом, товщиною і просторовою та вертикальною мінливістю якісних показників (показник білизни, вміст шкідливих домішок оксидів заліза і титану) покладу каолінів.

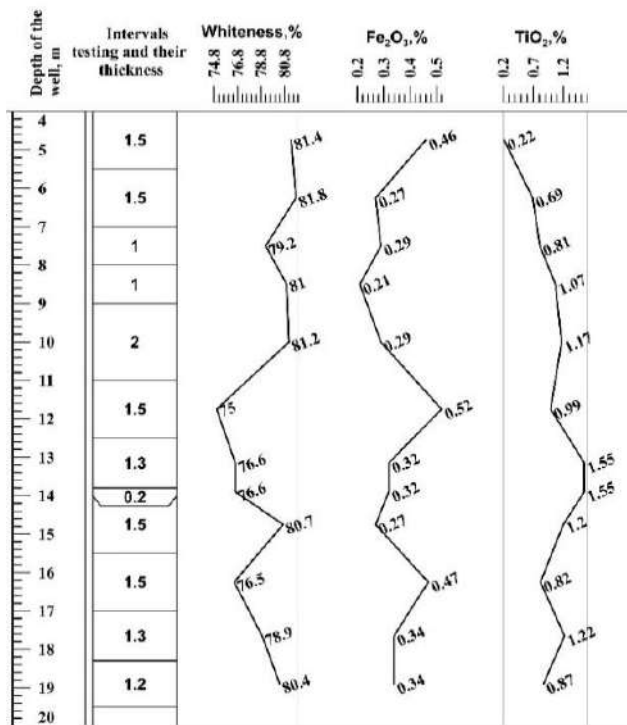
З'ясовано, що поклад каолінів має складне залягання і складну морфологію, які виражені у значних коливаннях абсолютних позначок його покрівлі та подошви і обумовлені геолого-тектонічними особливостями території родовища та ерозійним зрізом. Встановлено, що коливання висот між абсолютними позначками покрівлі каолінів становлять 90,2 м, а коливання висот між абсолютними позначками подошви каолінів – 67,1 м. Коливання абсолютних позначок рельєфу подошви каолінів у двох сусідніх свердловинах іноді досягає 22 м. Таке значне коливання абсолютних відміток подошви і покрівлі покладу каолінів, зокрема й на незначній відстані обумовило складну конфігурацію покладу і значно вплинуло на його товщину, яка змінюється від 1,1 до 52,0 м. Значні товщини каолінів здебільшого притаманні пониженим ділянкам їхньої подошви.

Встановлено, що кореляційний зв'язок між рельєфом подошви і покрівлі каолінів – прямий помірний; між рельєфом подошви каолінів та їх товщиною – зворотний середній; між абсолютною відміткою устя свердловини та товщиною каолінів – прямий помірний, а між абсолютною відміткою устя свердловини та рельєфом подошви каолінів – прямий дуже слабкий.

Речовинний склад каолініту і польовошпатової сировини визначається петротипом материнських порід субстрату і особливостями вертикальної зональності їхньої кори вивітрювання.

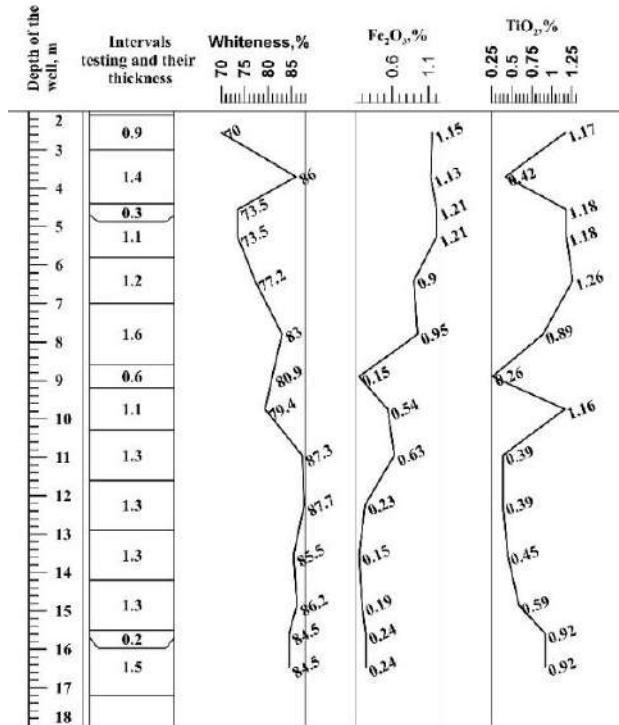
З'ясовано, що розподіл середніх значень показника білизни каолінів та середніх значень

DH 7003



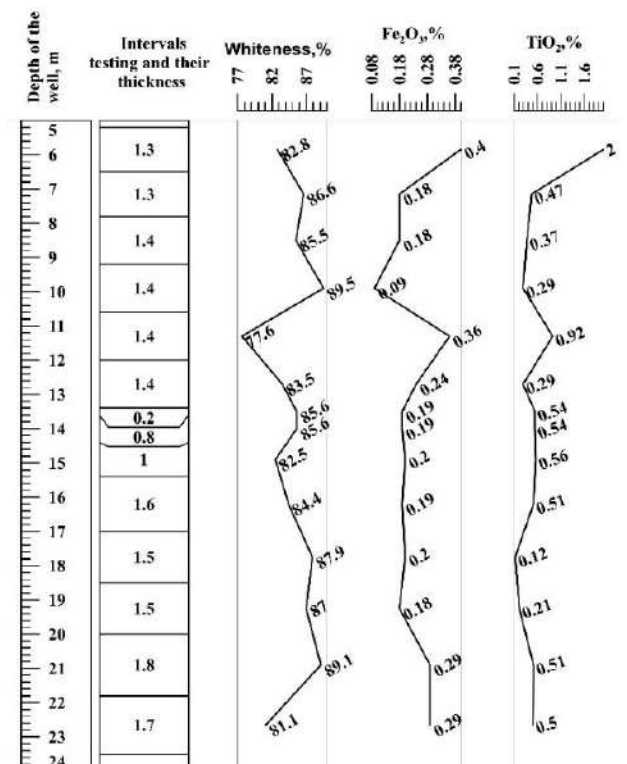
a

DH 7007



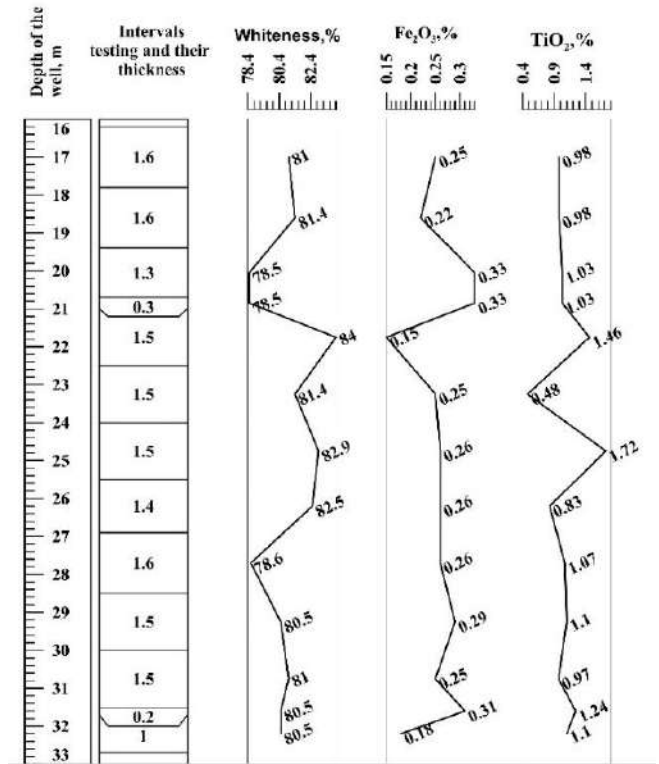
b

DH 7011



c

DH 7018



d

Рис. 4. Вертикальна мінливість білизни елювіальних каолінів та вмісту в них Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і TiO<sub>2</sub>.

a – свердловина 7003, б – свердловина 7007, в – свердловина 7011, г – свердловина 7018 / Fig. 4. Vertical variability of whiteness content of eluvial kaolins and their content of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub>.

a – well 7003, b – well 7007, c – well 7011, d – well 7018

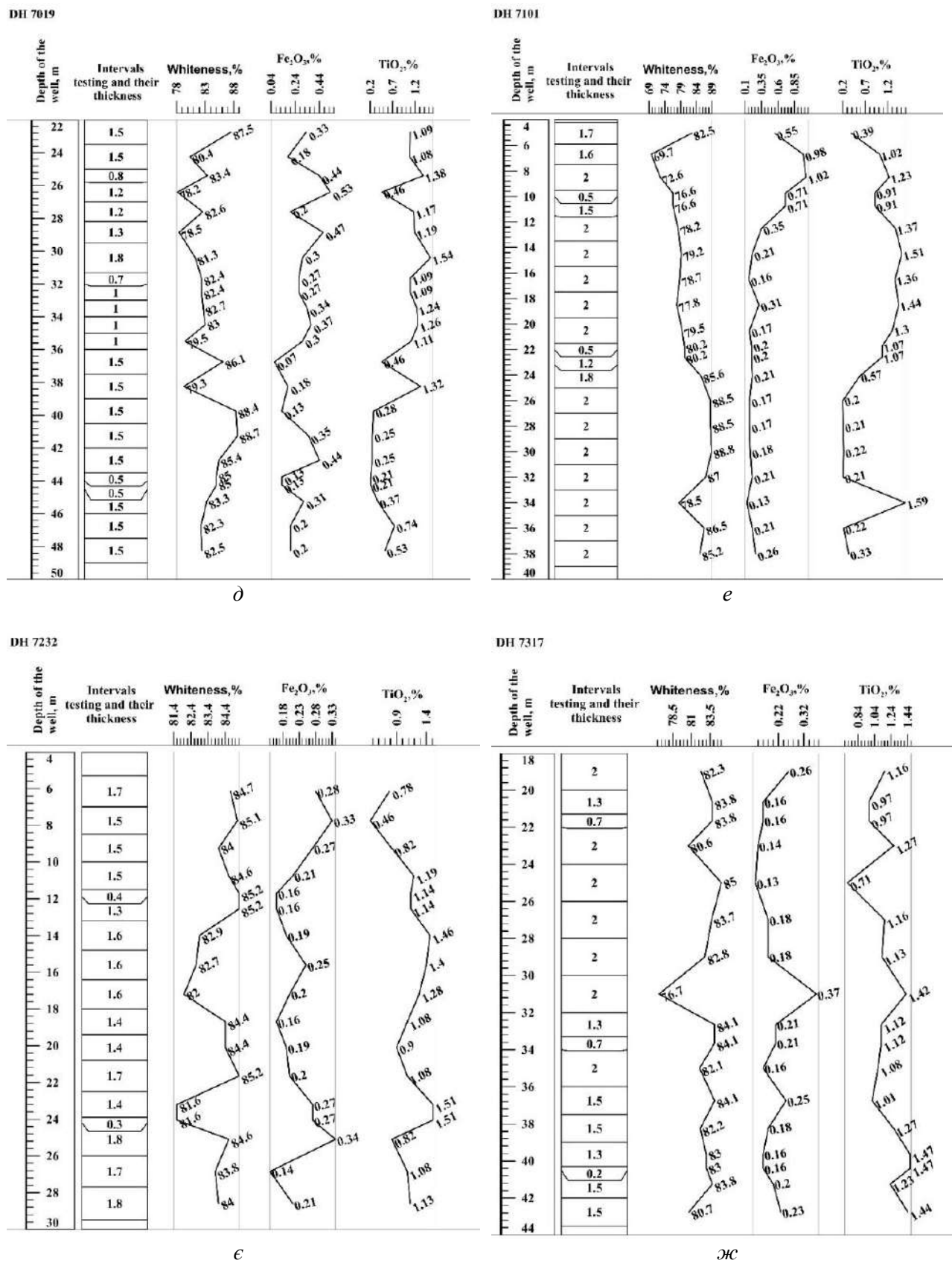


Рис. 4. Вертикальна мінливість білизни елювіальних каолінів та вмісту в них Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і TiO<sub>2</sub>.  
 д – свердловина 7019, е – свердловина 7101, ж – свердловина 7232, з – свердловина 7317 /  
 Fig. 4. Vertical variability of whiteness content of eluvial kaolins and their content of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub>.  
 e – well 7019, f – well 7101, g – well 7232, h – well 7317

вмісту  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{TiO}_2$  за латераллю не рівномірній. Середнє значення показника білизни каолінів 81,34 %, а середні значення вмісту оксидів заліза і титану – 0,52% і 0,97% відповідно. У 20,98 % від загальної кількості свердловин вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  вище середнього. Значення показника білизни вище середнього наявне при значному вмісті  $\text{TiO}_2$  (17,07 % свердловин),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (15,77 % свердловин), а в 1,44 % свердловин значний показник білизни каолінів наявний при одночасному значному вмісті оксидів титану і заліза.

Встановлено, що кореляційний зв'язок між вмістом оксиду заліза і оксиду титану – прямий слабкий; між вмістом оксиду заліза і показником білизни – зворотний слабкий; між вмістом оксиду титану і показником білизни – зворотний помірний; між товщиною каолінів і показником білизни – зворотний дуже слабкий.

Дослідження вертикального розподілу показника білизни та вмісту оксидів заліза і титану у свердловинах дозволило встановити їх нерівномірний розподіл та змінні кореляційні зв'язки між ними. З'ясовано, що в каолінах значення показника білизни знаходиться в межах 68,1-92,24 %, а вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{TiO}_2$  становить 0,13-2,51 % та 0,16-1,83 % відповідно. Встановлено, що між показником білизни і вмістом оксиду титану кореляційний зв'язок прямий помірний, середній, сильний та зворотний помірний, середній, сильний; між показником білизни і вмістом оксиду заліза кореляційний зв'язок прямий дуже слабкий та зворотний помірний, середній, сильний; між вмістом оксиду титану і оксиду заліза

кореляційний зв'язок прямий дуже слабкий, слабкий, помірний, середній, сильний та зворотний дуже слабкий, помірний.

З'ясовано, що між вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  та  $\text{TiO}_2$  існує прямий або зворотний кореляційний зв'язок. Прямий різної сили кореляційний зв'язок між вмістом  $\text{TiO}_2$  та  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  встановлено в 21,09 % свердловин.

Таким чином, латеральний та вертикальний розподіл показника білизни каолінів залежить від сумарного вмісту  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  та  $\text{TiO}_2$ , або ж одного з зазначених оксидів. У 18,08 % свердловин при товщині покладу каолінів вище середнього діагностовано значення показника білизни вище середнього.

Отже, структурно-геологічна позиція родовища, перешаровування в його межах різних за петрографічним і мінеральним складом кристалічних порід фундаменту, речовинний склад елювіальних утворень обумовили складу будову покладу каолінів, латеральну і вертикальну мінливість вмісту оксидів заліза, титану, показника білизни та якості каоліну.

Структурно-літологічна модель Глухівецького родовища елювіальних каолінів дає цілісне уявлення про родовище та слугує інформаційною базою щодо основних структурно-літологічних характеристик і функціональних властивостей даного об'єкту, має пізнавально-методологічний аспект, який полягає у висвітленні причинно-наслідкового механізму утворення родовища елювіальних каолінів в межах Глухівецько-Турбівського каолінового району.

#### Список використаної літератури

1. Гелета О.Л. Мінеральні ресурси України: Глини. Частина 2. Характеристика глин, огляд їх запасів і галузей використання. // Коштовне та декоративне каміння. – 2014. – №4. – С. 16-26.
2. Бордюгов В.П. Каолин (геолого-економічний обзор). – К.: Геоинформ, 1997.
3. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000 аркуш М-35-XXIII (Бердичів). – Київ, Міністерство екології та природних ресурсів України. Північне державне регіональне геологічне підприємство «Північгеологія», Правобережна ГЕ, 2001. – 97 с.
4. Иванов Ю.К., Русько Ю.А., Теодорович Ю.Н. Минералогическая характеристика коры выветривания района Глуховецкого месторождения первичных каолинов // Кора выветривания на территории УССР. – Киев: Наукова думка, 1971. – Ч. 2. – С. 102-123.
5. Ковальчук М.С. Геолого-генетичні моделі рудоносних кір вивітряння та продуктів їх розмиву і перевідкладення. // Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні: Збірник тез наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка (14-16 травня 2019 р., Київ). У 2-х томах. Київ: НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка, 2019. – Т. 2. – С. 53-54.
6. Кондрачук В.Ю., Сонкин Д.С. Кора выветривания Глуховецкого района каолиновых месторождений и структурный контроль ее развития // Кора выветривания на территории УССР. – Киев: Наукова думка, 1971. Ч. 2. С. 123-134.
7. Крошко Ю.В., Ковальчук М.С. Структурно-літологічна модель Турбівського родовища елювіальних каолінів. // Геологічний журнал. – 2022. – № 1 (378). – С. 50-61. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2>
8. Кузьманенко Г.О. Первинні каоліни північно-західної частини Українського щита [Текст]: Дисертація канд. геол. наук: 04.00.01, НАН України, Ін-т геол. наук, Київ, 2014. – 230 с.
9. Лепігов Г.Д., Василенко А.П. Глухівецько-Турбівський рудний вузол (Геологічна будова, проблеми вивчення). // Мінеральні ресурси України, 2005. – № 2. – С.13-15.
10. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том. 2. Неметалічні корисні копалини / Д. Гурський та ін.; ред.: М. Щербак, С. Гошовський. – Київ-Львів: Центр Європи, 2006. – 552 с.

11. Ремезова Е.А., Кузьманенко Г.А. Модели распределения каолинов Глуховецкого месторождения (Украина) по качественным показателям // Георесурсы, 2013. – 5(55). – С. 16-18.
12. Розко А.М., Федоренко Ю.Г. Будова та сорбційні властивості вивітрених кристалів мікрокліну Глуховецького родовища // Мінералогічний журнал. – 2016. – 38 (4). – С. 39-44.
13. Рудько Г.І., Озерко В.М., Шепель І.В. Геологія і геолого-економічна оцінка родовищ каоліну України / за ред. Г.І. Рудька. – Чернівці: Букрек, 2015. – 336 с.
14. Русько Ю.А. Каолинизация и каолины Украинского щита. – Киев: Наукова думка, 1976. – 158 с.
15. Сальник В.Г., Черняк Л.П., Петрук Р.В. Порівняльний аналіз структурно-механічних та реологічних показників збагачених і незбагачених глухівецьких каолінів в технології виробництва санітарної кераміки. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 6. – С. 16-20.
16. Слюсаренко Г.О. Літологічна характеристика кори вивітрянання докембрійських порід північно-західної частини Українського щита // Збірник наук. праць Ін-ту геол. наук НАН України. – 2009. – Вип. 2. – С. 135-140.
17. Суцук К.Г. Закономірності міграції і концентрації торію в зоні гіпергенезу на території Українського щита // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. – 2014. – Вип. 23. – С. 148-157.
18. Ткачук Л.Г., Сонкин Л.С. Каолины Глуховецко-Турбовского района Украинского щита и перспективы их использования. – К.: Наукова думка, 1981. – 291 с.
19. Фишкин М.Ю. Минералогия и условия образования каолинов Глуховского месторождения // Минералогический сборник Львовского геологического общества. – 1962. – № 16. – С. 227-239.
20. Хрущов Д.П., Ковальчук М.С., Ремезова Е.А. и др. Структурно-литологическое моделирование осадочных формаций. – Киев : Интерсервис, 2017. – 352 с.
21. Kroshko Y.V., Kovalchuk M.S., Kuzmanenko H.O., Okholina T.V. 2022. Structural and lithological model of the Zhezheliv deposit of eluvial kaolin. Геологічний журнал. 3 (380): 67-80. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.3.253551>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Structural and lithological model of the Glukhivetsky deposit of eluvial kaolins

*Yulia Kroshko*<sup>1</sup>

PhD (Geology), Senior Researcher,  
Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine;

*Myron Kovalchuk*<sup>1</sup>

DSc (Geology), Professor, Head of the Department of Lithology

### ABSTRACT

**Introduction.** The relevance of this publication is associated with the problem of foundation and developing a raw material base of kaoline raw material in accordance with the demand of the national industry.

**The purpose of the publication** is the development of a digital structural-lithological model of the Glukhovetsky deposit, which displays the causal relationship between the geological structure of the crystalline foundation, the zoning and the material composition of the cortex of the crystalline foundation breeds, the thickness and relief of the surface and the sole of the illegal of the kaolins, the indicator of the underlying of the kaolins, the content of the oxides in them by oxides iron and titanium.

**Materials and Methodology.** The algorithm for building structural and lithological models of kaolin deposits was developed by the authors of the article and tested on a number of deposits of the Ukrainian Shield and made public in scientific publications and at scientific conferences of various levels. Production reports, scientific publications and dissertation studies were the basis for the research of the Hlukhivetsky deposit. Based on the coordinates, description, test results of 691 wells, chemical analysis of kaolins and determination of their whiteness, a target electronic database was created, which became factual material for cartographic constructions. Maps are built in a software environment Golden Software Strater, Golden Software Surfer software. Correlation between certain parameters were investigated in Microsoft Excell.

**Main Results.** The spatial variability of the relief of the surface and bottom of the deposit of eluvial kaolins and its thickness was studied. It has been found that the kaolin deposit has a complex morphology, which are expressed in significant fluctuations of the absolute marks of its surface and bottom and are caused by the geological and tectonic features of the territory and the erosion of the section. The petrographic and mineral composition of the rocks of the crystalline foundation determined the lateral and vertical variability of the whiteness index, the content of iron and titanium oxides in kaolins, and the lateral and vertical variability of their quality. It was established that the spatial distribution of the whiteness index varies widely (68.1-92.24 %) and is determined by the increased content of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub>, or one of the specified oxides. Sometimes, in the presence of an above-average content of one of the oxides, the whiteness of kaolins is significant. The conducted studies reveal cause-and-effect relationships between the geological and tectonic structure of the deposit, the zoning and material composition of the weathering crust, the relief of the top and bottom of kaolins, their thickness and quality parameters.

**Conclusions.** The structural-lithological model shows cause-and-effect relationships between the geological and tectonic structure of the deposit, the zoning and material composition of the weathering crust, and the quality parameters of kaolins. The created structural-lithological model is an instrument of information support for further development of the field, as well as the basis for assessing the conditions of education, occurring and quality of raw materials of kaolins of this genetic type.

**Keywords:** Vinnytsia region, Glukhiv deposit, eluvial kaolins, structural-lithological model, kaolin thickness, whiteness index, content of titanium and iron oxides.

#### References

1. Geleta O.L. (2014). *Mineral resources of Ukraine: clay. Part 2. Characteristics of clay, inspection of their stocks and industries. Pregnant and decorative stones.* 4. 16-26.
2. Bordyugov V.P. (1997). *Kaolin (geological and economic review).* K.: Geinform.
3. *State Geological Map of Ukraine scale 1: 200 000 sheets M-35-XXIII (Berdychiv) (2001).* Kyiv. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Northern State Regional Geological Enterprise «Pivnich Geology» Pravoberezhna GE, 97.
4. Ivanov Yu.K., Rusko Yu.A., Theodorovich Yu.N. (1971). *The mineralogical characteristics of the cortex of the weathering of the Glukhovetsky deposit of primary kaolins. Bark of weathering in the territory of the Ukrainian SSR.* Kyiv: Naukova Dumka, 2. 102-123.
5. Kovalchuk M.S. (2019). *Geological and genetic models of weathering of ore-bearing crusts and products of their erosion and redeposition. Achievements and prospects for the development of geological science in Ukraine: Collection of theses of the scientific conference dedicated to the 50th anniversary of the M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation (May 14-16, Kyiv).* In 2 volumes. Kyiv: NAS of Ukraine, M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation. 2. 53-54.
6. Kondrachuk V.Yu., Sonkin D.S. (1971). *Weathering crust of the Glukhovetsky district of kaolin deposits and structural control of its development. Weathering crusts on the territory of the USSR.* Kyiv: Naukova dumka. 2. 123-134.
7. Kroshko Yu.V., Komalchuk M.S. (2022). *Structural and lithological model of the Turbiv deposit of eluvial kaolins.* *Geological Journal*, 1 (378). 50-61: <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.1.244419>
8. Kuzmanenko G.O. (2014). *Primary kaolins of the northwestern part of the Ukrainian shield [Text]: Ph (D) thesis.* geol. Sciences: 04.00.01, National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Geol. of science. Kyiv. 230.
9. Lepigov G.D., Vasilenko A.P. (2005). *Glukhovetsko-Turbivsky ore node (Geological structure, problems of study).* *Mineral resources of Ukraine.* 2. 13-15.
10. *Metallic and non-metallic minerals of Ukraine. Volume. 2. Non-metallic minerals (2006).* D. Gurskyi et al.; edited by M. Shcherbak, S. Goshovskiy. Kyiv-Lviv: Center of Europe. 552.
11. Remezova E.A., Kuzmanenko H.A. (2013). *Models of distribution of kaolins of the Glukhovetsky deposit (Ukraine) on qualitative indicators.* *Georesources*, 5 (55). 16-18.
12. Rozko A.M., Fedorenko Y.H. (2016). *Structure and sorption properties of weathered microcline crystals of the Glukhovetsky deposit.* *Mineralogical journal.* 38 (4). 39-44.
13. Rudko G.I., Ozerko V.M., Shepel I.V. (2015). *Geology and geological and economic assessment of kaolin deposits of Ukraine / edited by G.I. Rudko.* Chernivtsi: Bukrek. 336.
14. Rusko Yu.A. (1976). *Kaolinization and kaolins of the Ukrainian shield.* Kyiv: Naukova Dumka. 158.
15. Salnyk V.G., Chernyak L.P., Petruk R.V. (2007). *Comparative analysis of structural-mechanical and rheological indicators of enriched and non-enriched Gluhivtsi kaolins in the technology of production of sanitary ceramics.* *Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute.* 6. 16-20.
16. Slyusarenko H.O. (2009). *Lithological characteristics of the weathering crust of the Precambrian rocks of the northwestern part of the Ukrainian shield.* *Collection of Sciences. works of the Institute of Geol. of Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine.* 2. 135-140.
17. Sushchuk K.G. (2014). *Regularities of migration and concentration of thorium in the zone of hypergenesis on the territory of the Ukrainian Shield.* *Collection of scientific works of the Institute of Geochemistry of the Environment.* 23. 148-157.
18. Tkachuk L.G., Sonkin L.S. (1981). *Kaolins of the Glukhovetsko-Turbovsky region of the Ukrainian shield and prospects for their use.* Kyiv: Naukova Dumka. 291.
19. Fishkin M.Yu. (1962). *Mineralogy and conditions for the formation of kaolins from the Glukhovetsky deposit.* *Mineral. Collection of the Lvov Geological Society.* 16. 227-239.
20. Khrushchev D.P., Kovalchuk M.S., Remezova E.A. etc. (2017). *Structural and lithological modeling of sedimentary formations.* Kyiv: Interservice. 352.
21. Kroshko Y.V., Kovalchuk M.S., Kuzmanenko H.O., Okholina T.V. (2022). *Structural and lithological model of the Zhezheliv deposit of eluvial kaolin.* *Geological Journal.* 3 (380): 67-80. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.3.253551>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 8 June 2023

Accepted 21 September 2023

## Стратиграфія юрської системи району села Кам'янка. Частина 2. Черкаська світа

*Андрій Матвеев*<sup>1</sup>

д. геол. н., доцент, кафедра фундаментальної та прикладної геології,

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна,

e-mail: [matveev@karazin.ua](mailto:matveev@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0002-2600-6529>;

*Олена Шевчук*<sup>2,3</sup>

д. геол. н., пров. наук. співробітник,

<sup>2</sup> Шведський музей історії природи, Стокгольм, Швеція,

<sup>3</sup> Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна,

e-mail: [hshevchuk@ukr.net](mailto:hshevchuk@ukr.net),  <http://orcid.org/0000-0001-7221-4540>;

*Ірина Колосова*<sup>1</sup>

ст. викладач, кафедра фундаментальної та прикладної геології,

e-mail: [kolosova@karazin.ua](mailto:kolosova@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0002-1428-4281>;

*Андрій Локтєв*<sup>4</sup>

к. геол. н., голова наглядової ради<sup>4</sup> ТОВ «Інститут геології», Київ, Україна,

e-mail: [shon327@hotmail.com](mailto:shon327@hotmail.com),  <https://orcid.org/0000-0003-3640-8473>

Стаття присвячена дослідженню черкаської світи юрської системи Північно-Західної окраїни Донецької складчастої споруди. Встановлений її речовинний склад та особливості його зміни в межах околиць с. Кам'янка, що на південній Ізюмщині. Наукові дослідження спирались на аналіз літературного матеріалу, результати картувальних робіт, а також власні польові, лабораторні та аналітичні дослідження. Проведено хімічний та рентгеноструктурний аналізи глин, мінералогічний аналіз пісків. Проведено мікропалеонтологічний, палінологічний аналізи та узагальнені дані про поширення викопних решток, в тому числі, вперше досліджені діноцисти. Черкаська світа, в межах дослідженої території, чітко поділяється на дві частини: нижню, складену глинами та верхню – пісковиками. У разі розмиву верхньої частини може бути присутній вапняк з *Witchellia*. Глини гідрослюдисті, в нижній частині з домішками монтморилоніту, алевритові, переважно тонкоперешаровані з тонкозернистими пісковиками, глинистими сидеритами. Колір глин світло-сірий, вохристий, блакитно-сірий. Для глин характерна наявність слідів повзання мулоїдів, тріщин усихання, брижей. Палеонтологічних решток, окрім органостінкових, не виявлено. Пісковики зазвичай крупно- та грубозернисті глинисті або залізисті, з численними залишками викопної фауни. За знахідками макрофауни у пісковиках можна виділити датовані рівні *Witchellia rossica* та *Stephanoceras humphriesianum*, які відповідають двом верхнім зонам МСШ нижнього байосу. За появою диноцист *Pareodinia* sp. та невеликий відсотковий вміст пилку хейролепідієвих вперше датовані глини нижньої частини черкаської світи. Початок байоського віку відповідає початку середньо-підньочеркаської (байос – кимеридж) трансгресії. В підньочеркаський час надходження уламкового матеріалу значно збільшується, але збільшується і глибина басейну, солоність стає нормальною, з'являється нормальна морська фауна. Місцями, на схилах палеопіднять, накопичення теригенної складової не відбувається, що приводить до перерви або утворення відкладів фації подібної до *Ammonitico rosso* – вапняків з *Witchellia*. Можна запропонувати наступні типові розрізи: для нижньої пачки – відслонення в верхів'ях ярів правого схилу Топальської балки; для верхньої пачки – правий схил яру в Підлужному (район міста Ізюм), вапняк з *Witchellia* – правий схил Сухокам'янської балки при дорозі Суха Кам'янка – Яремівка.

**Ключові слова:** юрська система, Північно-Західний Донбас, стратиграфія, літологія, палеонтологічні рештки.

**Як цитувати:** Матвеев Андрій. Стратиграфія юрської системи району села Кам'янка. Частина 2. Черкаська світа / Андрій Матвеев, Олена Шевчук, Ірина Колосова, Андрій Локтєв // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 56-67. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-04>

**In cites:** Matveev Andriy, Shevchuk Olena, Kolosova Iryna, Loktiev Andrii (2024). Jurassic system stratigraphy at the Kamianka village. Part 2. The Cherkas'ka formation. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 56-67. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-04> [in Ukrainian]

**Вступ.** Ця стаття є продовженням низки публікацій, присвячених стратиграфії юрських відкладів одного з ключових в цьому відношенні районів північно-західного Донбасу – околиць с. Кам'янка та м. Ізюм. Стан проблеми та аналіз існуючих робіт приведені нами у попередній статті [21], де зроблено висновок, що існуючі стратиграфічні схеми не відповідають сучасним нормативним документам, зокрема, виділені світи не мають детального опису, стратотипи та типові розрізи їх не вказані, вік їх обґрунтований недостатньо. Запропонована стаття присвячена

дослідженню черкаської світи юрської системи Північно-Західної окраїни Донецької складчастої споруди.

Метою дослідження є узагальнення та аналіз існуючого матеріалу попередніх досліджень та наведення нових власних спостережень та досліджень, які доповнюють попередні.

**Аналіз попередніх публікацій.** Черкаська світа складена переважно глинами та слабозцементованими пісковиками і не дає великих відслонень. Час формування її нетривалий, що майже не визиває суперечок у різних дослідників і,



як наслідок, інформації про неї в літературних джерелах не багато.

В схемі О.О. Борисяка 1917 року [8], ці відклади входять в єдину піскувато-глинисту світу, яка відповідає всій середній і частині верхньої юри.

Вперше черкаська світа була виділена Л.Ф. Лунгерсгаузену у 1941 році [18] та описана у 1942 році [19]. Ним відмічається різка зміна фаціального складу та дещо відмінний характер відкладів в зонах відносного підняття та прогинання, стратотип світи вказаний не був, вочевидь це околиці с. Черкаське біля м. Слов'янськ.

В подальшому ці відклади в ранзі світи не розглядалися, а відносились до нижнього байосу, хоча нижньобайоський вік був доведений тільки для їх верхньої – піскуватої – частини, нижня ж – глиниста – частина керівної фауни не містить. Найбільш повний опис цих відкладів в ранзі під'ярусу приведений в 1969 році [23].

Нарешті, в узагальнюючій монографії 2013 року [12] вони знов описані в ранзі світи, втім нових даних не наведено, а опис досить схематичний.

Цікавим є питання про положення так званого вітчелієвого горизонту – прошарку, збагаченого рештками фауни молюсків, зокрема, амонітів з роду *Witchelia*. Він вперше зазначений в 1905 році О.О. Борисяком [3] з околиць с. Суха Кам'янка, втім, чи бачив сам дослідник це відслонення – невідомо, адже ця територія була описана по щоденникам В.А. Налівкіна. Як наслідок, чіткої прив'язки відслонення не існує. З часом воно перекрилось сучасними відкладами і на теперішній час вважається втраченим. При подальших геологічних роботах на території північно-західного Донбасу цей горизонт ніде встановлений не був. В праці О.О. Борисяка точне стратиграфічне положення горизонту вказано не було, в працях наступних дослідників він був розташований або в середній частині світи (Л.Ф. Лунгерсгаузен, 1942; Е.Е. Мігачова та Б.П. Стерлін, 1954; І.М. Ямніченко, 1969), або в підшві Н.Е. Канський, В.П. Макрідін, Б.П. Стерлін, 1956; В.П. Макрідін, 1954). Склад горизонту описувався то як «пісок з галькою та стяжіннями різної форми та розміру глинистого сферосидериту, переповнений скам'янілостями» [3], то як «залістий конгломерат» [18], то як «вапняк з вітчеліями» [14].

**Матеріал та методи.** Черкаська світа має широке поширення на Кам'янській площі, але, оскільки складена вона переважно глинами та слабозцементованими пісковиками, більш-менш значні її відслонення відсутні. Самі нижні відклади світи відомі в тих саме відслоненнях, де відомі верхи кожулинської світи – яри по лівому схилу Топальської балки та правому – Протопів-

ської. Прекрасні відслонення верхньої – піскуватої – частини відомі безпосередньо біля кам'янського полігону у м. Ізюм (колишній хутір Підлужний на східній окраїні міста). Відслонення в с. Суха Кам'янка, в тому числі «вітчелієвий горизонт», наразі задерновані і точне їх положення невідоме.

Нами були проаналізовані дані, отримані під час картувальних та пошукових робіт різного масштабу, а також узагальнені відомості з власних зборів та літературних даних про знахідки викопних решток.

Зразки глин були досліджені в лабораторії кафедри експериментальної фізики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна за допомогою спектрометра «Bruker XFlash 5010».

Також, проведено мацерацію досліджених порід в лабораторії Інституту геологічних наук НАН України за стандартною методикою первинної обробки зразків на палінологічний аналіз: породи розчиняли у 10% розчині соляної кислоти, заливали гарячим розчином пірофосфату натрію і відмивали від колоїдних глинистих частин, промивали кожні 2-3 години дистильованою водою за допомогою сифонного пристрою, зливали воду до позначки 2 см над осадам, після чого відокремлювали у важкій кадмієвій рідині з питомою вагою 2,25 (для спорово-пилкового аналізу) і 2,0 (для виділення диноцист).

**Результати та обговорення.** Черкаська світа виділена Л.Ф. Лунгерсгаузену у 1941 році [18]. Стратотип вказаний не був, ймовірно це виходи залістих пісковиків в районі с. Черкаське Слов'янського району Донецької області. Нажаль, світа відслонюється дуже фрагментарно, що не дає можливості вказати єдиний типовий розріз. В якості низки таких розрізів можна вказати Топальську балку – глиниста товща, та хутір Підлужний – верхня товща, а важливі в стратиграфічному відношенні вітчелієві шари відмічені тільки в с. Суха Кам'янка.

**Літологія.** Літологічно черкаська світа поділяється на дві товщі, при чому для обох характерна швидка фаціальна мінливість.

Нижня товща представлена глинами гідролюдистими в нижній частині з домішкою монтморілоніту, зазвичай алевритовими. В деяких відслоненнях (Топальська балка, с. Ковалівка) глини тонко переверстовані з залістими алевролітами, тонкозернистими пісковиками та глинистими сідеритами. При вивітрюванні вони набувають вохристого кольору. В Протопівській балці вони приховано шаруваті блакитно-сірого кольору. В Сухій Кам'янці – синьо-сірі та зелено-бурі шаруваті та мармуроподібні. При підшві цих глин відмічаються прошарки та лінзи грубозернистих пісковиків з гравієм та галькою. На по-

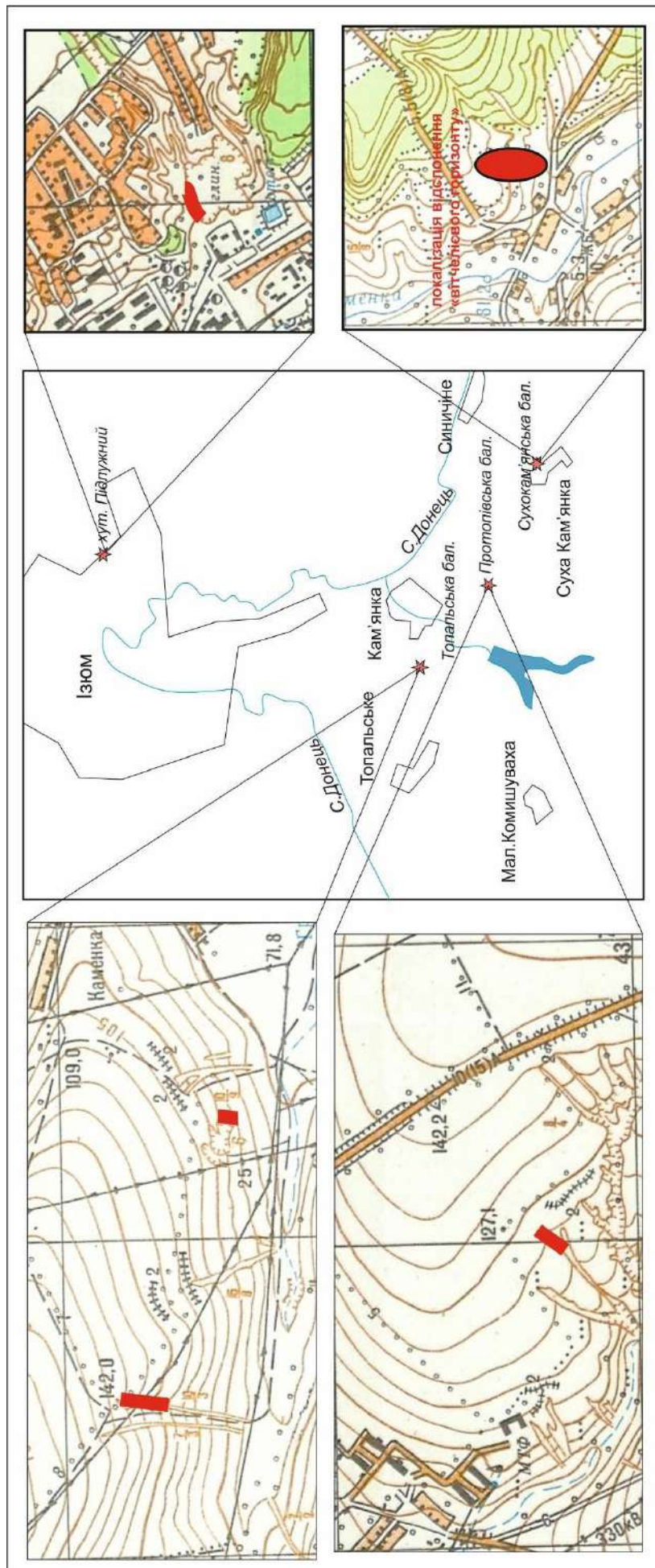


Рис. 1. Схема розміщення досліджених розрізів / Fig. 1. Scheme of placement of the investigated sections

поверхнях напластування характерна наявність слідів повзання мулоїдів, відмічаються тріщини усихання, брижі. Хімічний склад глин тотожній глинам козулинської світи [21]: O – 55.3%; Si – 18.4%; C – 11.8%; Al – 6.25%; Fe – 1.9%; K – 1.56%; Mg – 1.0%; Na – 0.54%; значимі вмісти Ti, Cu, Cl.

Верхні товща складена різноманітними пісковиками. Досить часто частково або повністю ця товща розмита. В межах Кам'янського полігону розріз товщі представлений двома різновидами. Перший різновид (Топальська балка) представлений грубозернистими іноді гравелистими слабозцементованими пісковиками. Уламки обкатані, представлені кварцем та поодинокими зернами польових шпатів та кременю. Цемент

глинистий, слабкий. Текстура однорідна або плямиста, виражена змінами кольору в жовтих та помаранчевих тонах.

Другий різновид (хут. Підлужний) характеризується значним вмістом в пісковіку залістистого хлориту у вигляді оолітів та цементу. Ооліти зазвичай бобоподібні з концентрично-шкаралупуватою будовою. Уламковий матеріал кутуватий та кутувато-обкатаний, розміром 0,05-0,3 мм, з переважним розміром 0,25 мм. Важка фракція, за даними Н.С. Канського, складається з рудних (аутигенний пірит, магнетит-ільменіт) мінералів, епідоту та циркону [15]. На поверхнях нашарувань спостерігаються відбитки та ядра викопних органічних решток (рис. 2).

Нарешті, серед літологічних різновидів ви-



Рис. 2. Поверхня нашарувань та збереженість викопних решток в пісковиках черкаської світи, масштаб – 1 см /

Fig. 2. Layering surface and preservation of fossil remains in sandstones of the Cherkasy formation, scale – 1 cm

діляються «вітчелієві шари». Складені вони зеленувато-сірими конгломератоподібними піскуватими вапняками [15]. Плямисті через неоднорідний вміст піскуватого та глинистого матеріалу та забарвлення окислами заліза. Уламки мушель складають до 50% породи.

За вмістом акцесорних мінералів відклади нижнього байосу відносяться [15] до мусковіт-біотит-цирконієвої теригенно-мінералогічної провінції з джерелами живлення в межах Донецького підняття, Воронежського масиву і, частково, Ук-

раїнського щита.

**Палеонтологічні рештки.** В нижній – глинистій – товщі палеонтологічні рештки, окрім спор та пилку, зустрінуті не були. Всі наведені нижче знахідки зроблені в верхній – піскуватій – товщі, переважно у вигляді відбитків, рідше внутрішніх та зовнішніх ядер (Рис. 2). Місцями прошарки та лінзи в залістистих пісковиках переповнені такими відбитками. На жаль, в більшості випадків, особливо для мікроскам'янілостей, перелік залишків надається для всього байосу

(іноді спільно з ааленом), не зазначаючи, в яких саме літологічних різновидах вони були знайдені. За даними Любімової П. С. [20] залишки остракод у відкладах нижнього байосу зустрінуті не були. Також відсутні, за нашими дослідженнями, залишки вапняного нанопланктону.

Органостінкові рештки. Перші палінологічні дослідження юрських відкладів східної України були проведені в минулому сторіччі в основному за допомогою спорово-пилкового аналізу [11, 22]. Г. В. Шрамковою та А. М. Лаптевою вперше було проведено детальне розчленування юрсько-нижньокрейдових відкладів ДДЗ і північно-західного Донбасу за допомогою спорово-пилкового аналізу [32, 17]. Комплексний підхід із застосуванням палеоальгологічного та спорово-пилкового аналізів був проведений в останнє десятиріччя О. А. Шевчук [21, 25-31, 34-36].

Комплекси з відкладів Топальської балки (Табл. I) характеризуються типовими байоським спорово-пилковим комплексом та диноцистами. Встановлено *байоський спорово-пилковий комплекс*: спори папоротеподібних плауновидних становлять 25 %, пилок голонасінних рослин – 69%, диноцисти – 5%, інші рештки – 1%. Домінують спори папоротеподібних родин Matoniaceae, Osmundaceae, Cyatheaaceae та *Biretisporites* sp. Відмічено спори мохоподібних *Stereisporites* sp. та плауноподібних. Серед голонасінних домінують: *Piceapollenites exilioides* Bolch. (Petro-sjanz), *Pseudopiceae magnifica* Bolch., *Pseudopiceae* spp., *Podocarpidites* sp., *Pseudopinus* sp., *Protopinus* sp., *Alisporites* sp. та однобороздні *Perinopollentites elatoides* Coupr., *Callialasporites dampieri* (Balme) Dev., *Eucommiidites troedsonii* (Erdtmann) Pot. Присутні поодинокі екземпляри однобороздного пилку *Monosulcites* spp., *Araucariacites australis* Cook., *Cerebropollenites* sp., *Chasmatosporites* sp., *Classopollis* sp., *Inaperturopollenites* sp. та Ginkgocycadaceae. За даними палеоальгологічного аналізу відклади черкаської світи датуються вперше.

Встановлені поодинокі диноцисти: *Batiacaspheera* sp., *Endoscrinium* sp., *Dissiliodinium* sp., *Chytroeisphaeridia chytroeides* (Sarjeant) C. Downie & Sarjeant, *Sentusidinium pelionense* Fensome та поганої збереженості *Ctenidodinium* sp. Також відмічена поява *Protobatioladinium* sp., *Pareodinia* sp., *Orobodinium* sp., що вперше фіксуються в байосі і є характерною ознакою для стратифікації відкладів, що їх вміщують. Рештки зелених водоростей представлені *Tasmanites* sp., *Ovoidites* sp., *Pteropspermella* sp. and *Pediastrum* sp. Встановлені акритархи *Baltisphaeridium* sp. [31]. Зразки містять рештки деревини – *tracheids*, окремі рештки вуглефіковані [26]. Байоській вік датуємо за появою диноцист *Pareodinia* sp. та

невеликий відсотковий вміст хейролепідієвих, що характерний для байосу (*Classopollis* spp. - 1%).

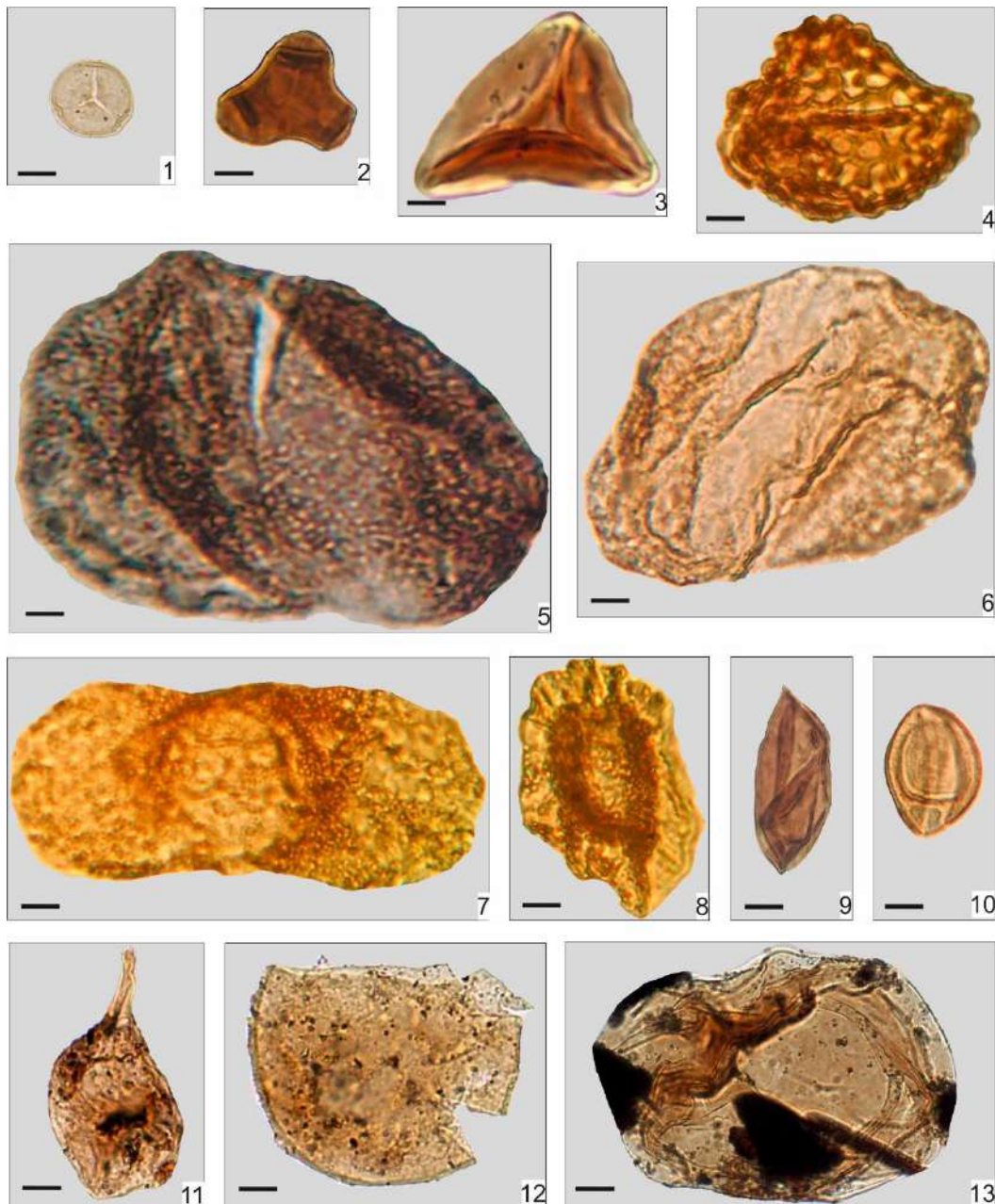
Форамініфери. На жаль, монографічне дослідження цієї надважливої групи для юрських відкладів Донбасу не проводилось. Низка робіт О. К. Каптаренко-Чорноусової присвячена дослідженню окремих груп або стратиграфічним дослідженням в Дніпровсько-Донецькій западині, роботи М. І. Бланка [1] – опису нових видів. Список видів форамініфер наведений лише в загальній роботі [12] для верхньої зони нижнього байосу.

Без посилання на джерело для амонітової зони *Stephanoceras humphriesianum* наведено наступний список видів: *Lenticulina subalatifformis* (Dain), *Planularia crepidula* (Ficht.et Moll.), *Lamarckina dreheri* (Bart.), *Lamarckella media* Kart., *L.perlucens* Kart., *L.quadrilobata* Kart.

Двостулкові молюски. Найбільш поширена в верхній частині світи група викопних решток була описана в серії монографій О. О. Борисяка та Є. Іванова [2, 4-7]. В нижньобайоських відкладах ним встановлені: *Meliagrinnella doneziana* (Boriss.), *Isodonta cf. buvignieri* T.et J., *Astarte* sp., *Gresslya* sp., *Pecten* sp. *Nucula eudorae* d'Orb, *N.sana* Bor., *N.kowalewkensis* Bor., *N.maga* Bor., *N.cf. subovalis* Goldf., *Leda diana* d'Orb., *Cucullaea goldfussia* Rom., *C.oblonga* Goldf., *Dicranodonta* sp., *Modiola tulipaea* Lam., *M.gibbosa* Sow., *Pseudomonotis echinate var.doneziana* Bor., *Pecten demissus* Goldf., *P.spethulatus* Roem., *P.vitreus* Roem., *P.lens* Sow., *P.nalivkini* Bor., *P.pumilus* Lam

Червоногі молюски. В 1958 році І. М. Ямниченком в юрських відкладах Дніпровсько-Донецької западини та окраїн Донбасу була описана своєрідна фауна дрібних червоногих молюсків [33]. Для нижньобайоських відкладів ним зазначені та монографічно описані: *Zygo-pleuria callosa* Jamn., *Z.devexa* Jamn., для верхньої частини *Katostria spinata* Jamn., *Anoptychia limpida* Jamn.

Головоногі молюски. Головоногі молюски - амоніти та белемніти, з черкаської світи, точніше з «вітчелієвого горизонту», були згадані у 1905 р. [3] та пізніше описані у 1908 р. [9] О.О. Борисяком. Біля с. Суха Кам'янка були зібрані *Witchellia rossica* Boriss., *Wisjumica* Boriss., *W.kamenka* Boriss., *Belemnitis ellipticus* Mill., *B.aalensis* Voltz., *Cylindrobullina disjuncta* F.et J. Пізніше Л.Ф. Лунгерсгаузен додав до цього списку *Sonninia (Poecilomorphus) schlumbergeri* Haug., з того ж місцезнаходження біля Сухой Кам'янки, на жаль, описів та зображень цього виду не наведено. На південний захід від кам'яньської площі, в верхів'ях р. Самари, за даними І.М. Ямниченко [23], був знайдений (і також не описаний) зональний вид *Stephanoceras*



Таблиця І. Характерні спори, пилок голонасінних рослин, диноцисти з відкладів Черкаської світи (східна Україна). Масштабна шкала 10 мкм. 1. *Stereisporites* sp., Топальська балка; 2. *Cibotiumspora jurienensis*, Топальська балка; 3. *Matoniasporites* sp. Топальська балка; 4. *Klukisporites* sp., Топальська балка; 5. *Piceapollenites exilioides*, Топальська балка; 6. *Alisporites* sp., Топальська балка; 7. *Podocarpidites* sp., Топальська балка; 8. *Callialasporites dampieri*, Топальська балка; 9. Ginkgocycadaceae, Топальська балка; 10. *Eucommiidites troedsonii*, Топальська балка; 11. *Pareodinia* sp., Топальська балка; 12. *Sentusidinium pelionense*, Топальська балка; 13. *Tasmatites* sp., Топальська балка /

Table I. Characteristic spores, pollen of gymnosperms, dinocysts from the deposits of the Cherkaska formation (eastern Ukraine). Scale bar 10  $\mu\text{m}$ . 1. *Stereisporites* sp., Topalska beam; 2. *Cibotiumspora jurienensis*, Topalska beam; 3. *Matoniasporites* sp. Topalska beam; 4. *Klukisporites* sp., Topalska beam; 5. *Piceapollenites exilioides*, Topalska beam; 6. *Alisporites* sp., Topalska beam; 7. *Podocarpidites* sp., Topalska beam; 8. *Callialasporites dampieri*, Topalska beam; 9. *Ginkgocycadaceae*, Topalska beam; 10. *Eucommiidites troedsonii*, Topalska beam; 11. *Pareodinia* sp., Topalska beam; 12. *Sentusidinium pelionense*, Topalska beam; 13. *Tasmatites* sp., Topalska beam

*humphriesianum* Sow.

**Стратиграфія.** Черкаська світа утворилась на початку середньоюрської трансгресії та маркує фазу переходу від прибережноморських умов до нижньої літоралі.

За літологічними ознаками черкаська світа поділяється на дві пачки: нижню – глинисту та верхню – піщану (Рис. 3). Для обох пачок характерна значна фаціальна мінливість, обумовлена положенням відносно палеотектонічних структур.

Нижня пачка представлена алевритовими та піскуватими тонкошаруватими переважно гідролюдистими глинами. Палеонтологічних решток, за виключенням органостінкових, вони не містять, тому їх байоський вік приймався за положенням в розрізі. За знахідками диноцист *Pareodinia* sp. та невеликий відсотковий вміст хейролепідієвих пачка датується нами як байоська.

Верхня пачка складена пісками та пісковиками переважно грубо- та крупнозернистими,

місцями із залізистим цементом. В разі відсутності верхньої пачки на нижній залягає конденсований прошарок конгломератоподібного вапняку з фауною, серед якої переважають двостулкові молюски, а також знайдені амоніти роду *Witchellia*, що дає змогу виділити їх в шари з фауною – вапняк з *Witchellia*.

Нижня межа світи чітка, часто зі слідами розмиву підстеляючої кожулинської світи, верхня межа нечітка, поступова.

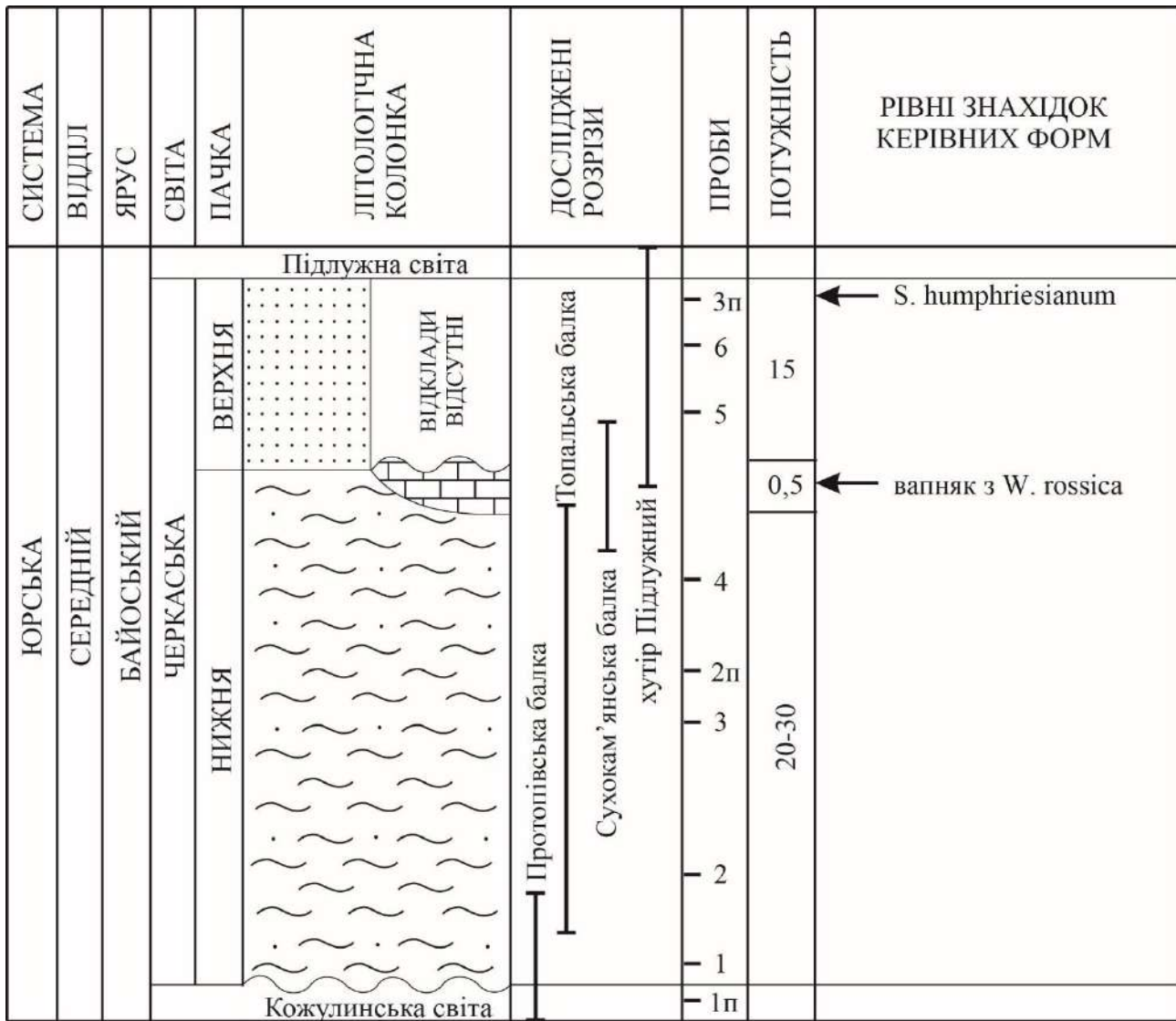


Рис. 3. Стратиграфія черкаської світи / Fig. 3. Stratigraphy of Cherkasy formation

Незважаючи на те, що вік світи всіма дослідниками вказується, як ранньобайоський, виділити зони за керівною фауною амонітів неможливо. В першу чергу це пов'язано з поодинокими знахідками зонального виду *Stephanoceras humphriesianum* Sow., по друге – з невизначеним співвідношенням зонального виду Міжнародної стратиграфічної шкали *Witchellia laewiscula* (J. de C. Sowerby) та виду *Witchellia rossica*

Boriss. Як наслідок, згідно зі Стратиграфічним кодексом України в верхній частині черкаської світи можна виділити відповідні датовані рівні: *Witchellia rossica* та *Stephanoceras humphriesianum*, які визначають верхню частину нижньобайоського під'ярусу. За знахідками диноцист *Pareodinia* sp. та невеликий відсотковий вміст хейролепідієвих нижня підсвіта також відноситься до байосу, а за положенням в розрізі має

відповідати зоні *Hiperlioceras discites*.

Щодо положення вапняку з *Witchellia*. Згідно з єдиним описом відслонення вітчелієвого вапняку, наведеного у О.О. Борисяка [3], північніше с. Суха Кам'янка відслонюються зверху вниз:

1. Зеленувато-бурі сильно піскуваті сланцюваті глини, з прошарками дрібнозернистих жовтуватих та сіруватих пісковиків потужністю близько 6 м;
2. Прошарок буро-жовтого піску (0,2 м) з галькою та стяжіннями різної форми та розміру глинистого сферосидериту, переповнений скам'янілостями (*Witchellia cf. liostraca*, *Bellemnites bessinus*, *acuariid*, *giganteus*);
3. Буро-жовтий, борошністий, слюди́стий пісок (0,45 м);
4. Сланцювата синьо-сіра піскувата, слюди́ста мармуроподібна глина (0,7 м);
5. Буро-жовтий пісок (0,5 м);
6. Буро-сірі та темно-сірі неправильно-шаруваті піски з прошарками зеленувато-бурих глин.

Шар 1 відноситься до підлужної світи, яка залягає вище черкаської. Втім нижче вапняку з *Witchellia* залягають не глини, а перешарування глин та пісків, що вказує на положення цього прошарку дещо вище границі верхньої та нижньої пачок черкаської світи, але, в усякому випадку, не в підосві світи, як вказують деякі дослідники.

Загальна потужність черкаської світи в межах кам'яняського полігону не перевищує 20-45 м, з них нижня пачка складає 20-30 м, верхня – до 15, місцями вона розмита.

При виділенні світи Б. Ф. Лунгерсгаузеном стратотип вказаний не був. На жаль, єдиного розрізу, в якому представлені обидві пачки, нами не встановлено, тому можна запропонувати наступні типові розрізи: для нижньої пачки – відслонення в верхів'ях ярів правого схилу Топальської балки; для верхньої пачки – правий схил яру в Підлужному (район міста Ізюм), вапняк з *Witchellia* – правий схил Сухокам'яняської балки при дорозі Суха Кам'янка – Яремівка.

**Умови накопичення.** Початок байоського віку відповідає початку середньо-пізньоюрської (байос – кимеридж) трансгресії. На початку черкаського віку територія являла собою рівнинну низовину вкриту вкрай мілководним морським басейном. На прибережних ділянках відбувається накопичення алевритових глин зі слідами усихання, брижів, слідів повзання мулоїдів, в міжкупольних прогинах глини містять менше уламкового матеріалу, шарувата текстура змінюється

однорідною або мармуроподібною. Вірогідно солоність басейну було дещо пониженою, про що свідчать відсутність залишків нормальноморської фауни та дещо понижений вміст хлору в глинах.

В пізньочеркаський час надходження уламкового матеріалу значно збільшується, але збільшується і глибина басейну, солоність стає нормальною, з'являється нормальна морська фауна. Місцями, на схилах палеопіднять, накопичення теригенної складової не відбувається, що приводить до перерви або утворення відкладів фації подібної до *Ammonitico rosso* – вапняків з *Witchellia*. Явище це має дуже обмежену площу поширення, тому пов'язувати його з регресією басейну та розмивом черкаських пісковиків, як це робили попередні дослідники, ми не вважаємо правильним.

Усереднена швидкість осадконакопичення протягом раннього байосу досить висока і значно перевищує швидкість осадконакопичення у козулинський час, та складає 3,5-5,3 см/тис. років.

**Висновки.** Незважаючи на відносно невелику потужність та короткий час накопичення, утворення черкаської світи відбувалось протягом важливого етапу геологічної історії розвитку північно-західного Донбасу та східної частини Дніпровсько-Донецької западини. Формування світи знаменує початок середньо-пізньоюрської трансгресії, початок формування нормальноморських відкладів, активізацію диференційованих тектонічних рухів локальних структур. Втім залишається низка не вирішених питань: недостатня вивченість палеонтологічних решток, особливо мікропалеонтологічних, взагалі майже всі палеонтологічні дослідження обмежені 50-ми роками ХХ сторіччя і потребують ревізії, не простежена площинна зміна фацій та горизонту конденсації, не встановлений стратотиповий розріз. Околиці с. Кам'янка та м. Ізюм можуть стати ключовими для вирішення деяких з цих питань. Також, результати цього дослідження можуть бути використані для подальшої детальної стратифікації юрських відкладів та уточнення існуючих стратиграфічних схем Донбасу.

**Подяка.** У цій публікації висвітлено результати палеонтологічних досліджень виконаних у рамках бюджетної теми «Біостратиграфія мезокайнозойських відкладів нафтогазоносних регіонів України як фундаментальна основа системного забезпечення геологічних робіт», що розробляється в Інституті геологічних наук НАН України (номер державної реєстрації 0122U001604) та частково профінансована.

## Список використаної літератури

1. Бланк М.И. Описание новых видов фораминифер из среднеюрских отложений северо-западной окраины Донецкого кряжа и восточной части Днепровско-Донецкой впадины. 1961. Тр.ВНИГНИ, вып. XXIX. С. 207-221.
2. Борисяк А. *Pelecuroda* юрских отложений европейской России. Вып. 1: *Nuculidae*. – 1904. – Тр. Геолком. Новая сер., вып. 11. 49 с.
3. Борисяк А. Геологический очерк Изюмского уезда и прилегающей полосы Павлоградского и Змиевского уездов. 1905. Тр. Геолком. Новая серия. Вып. 3. 423 с.
4. Борисяк А. *Pelecuroda* юрских отложений европейской России. Вып. 2: *Arcidae*. 1905. Тр. Геолком. Новая сер., вып. 19. 63 с.
5. Борисяк А. *Pelecuroda* юрских отложений европейской России. Вып. 3: *Mutillidae*. 1906. Тр. Геолком. Новая сер., вып. 29. 35 с.
6. Борисяк А. *Pelecuroda* юрских отложений европейской России. Вып. 4: *Aviculidae*. 1909. Тр. Геолком. Новая сер., вып. 44. 26 с.
7. Борисяк А., Иванов Е. *Pelecuroda* юрских отложений европейской России. Вып. 5: *Pectinidae*. 1917. Тр. Геолком. Новая сер., вып. 143. 58 с.
8. Борисяк А.А. Донецкая юра. 1917. Изд. Геолкома, т.3, вып. 3. 18 с.
9. Борисяк А.А. Фауна Донецкой юры. Вып. 1. *Cephalopoda* // Тр. Геол.ком., Нов.сер., вып. 37. 1908.
10. Воронова М.А., Коваленко В.Ю., Насад А.Т., Кушинов Н.В., Соловей И.А., Яновская Г.Г. 1978. Юрские отложения Молочанского грабена на южном склоне Украинского щита. Геол. журнал. №1. С. 147-152
11. Гожик П.Ф., Семененко В.М., Маслун Н.В., Полетаєв В.І., Іванік М.М., Міхницька Т.М., Великанов В.Я., Мельничук В.Г., Константиненко Л.І., Кір'янов В.В., Цегельнюк П.Д., Котляр О.Ю., Берченко О.І., Вдовенко М.В., Шульга В.Ф., Немировська Т.І., Щеголев О.К., Бояріна Н.І., П'яткова Д.М., Плотнікова Л.Ф., Лецух Р.Й., Жабіна Н.М., Шевчук О.А., Якушин Л.М., Анікеєва О.В., Веклич О.Д., Приходько М.Г., Тузяк Я.М., Матлай Л.М., Доротяк Ю.Б., Шайнога І.В., Клименко Ю.В., Гоцанюк Г.І. Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України. ІГН НАН України. Логос. Київ, 2013. Т.1. 637 с. ISBN: 978-966-171-789-2
12. Іванік М.М., П'яткова Д.М., Л.Ф. Плотнікова, Жабіна Н.М., Шевчук О.А., Веклич О.Д., Анікеєва О.В. Модернізація Стратиграфічних схем мезозойських відкладів України (1993-2013 р.р.). Тектоніка і стратиграфія. Київ, 2014. Вип. 41. С. 75-89. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2014.94648>
13. Канский Н.Е., Макридин В.П., Стерлин Б.П. Фацции и палеогеография юрских отложений северо-западных окраин Донецкого складчатого сооружения // Зап.геол.ф-та Харьковского ун-та. – 1958, т. 13. – С. 123-150.
14. Канский Н.Е. (1969). Литология юрских отложений Днепровско-Донецкой впадины. Издательство Харьковского университета. 219 с.
15. Каптаренко-Черноусова О.К. Фораминиферы юрских отложений Днепровско-Донецкой западины // Тр. ІГН АН УРСР, сер. Стратиграфії і палеонтології, в. 15. 1959.
16. Лаптева А.М. Палинологічне обґрунтування стратиграфічного розчленування юрських відкладів північно-західної окраїни Донбасу. Геол. журнал. Київ, 1967. Т. 27. Вип. 2. С. 19-26.
17. Лунгерсаузен Л.Ф. Новые данные по стратиграфии юры. В кн. Геологическое строение СССР. Донбасс. Геологическое описание. 1941. С. 234-243.
18. Лунгерсаузен Л.Ф. Байосские и батские отложения Донецкого кряжа // ДАН СССР, нов.сер, XXXIV, №6. – 1942. С. 186-189
19. Любимова П.С. Триасовые и юрские остракоды восточных районов Украины // Тр. ВНИГРИ. Нов.серия, вып.98, сб. 8. 1956. С.533-583
20. Матвеев А., Паккі М., Шевчук О., Клевцов О. Стратиграфія юрської системи району села Кам'янка. Частина 1. Кожулинська світа. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2023. Вип. 58. С. 59-72. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-05>
21. Семенова Е.В. Споры и пыльца юрских отложений и пограничных слоев триаса Донбаса. Наук. думка. Киев, 1970. 143 с.
22. Стратиграфія УРСР. Т. VIII Юра. – Київ, Наук.думка. 1969. 219 с.
23. Стерлин Б.П. Новые данные по стратиграфии юрских отложений Донецкого бассейна и области его северо-западного погружения // ДАН СССР, т. 89, №5. 1953. С. 83-86.
24. Шевчук О., Доротяк Ю. 2019. Особливості мікропалеонтологічної характеристики верхньоюрських відкладів та палеогеографія території Кам'янських відслонень (північно-західний Донбас). Палеонтологічний збірник. № 51. Львів. С. 14-24.
25. Шевчук О.А. Трахеїди з юрських відкладів України. Доповіді Національної Академії наук України. Київ, 2015. № 7. С.105-109. DOI: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2015.07.105>
26. Шевчук О.А. Біостратиграфія середньої юри центральної та східної частини платформної України. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2016. Вип. 45. С. 86-99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2017.02.003>
27. Шевчук О.А. *Spore-pollen biostratigraphy Jurassic and Cretaceous of Ukraine*. Палеонтологічний збірник. Львів. 2018а. № 50. С. 60-72.
28. Шевчук О.А. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук «Мікрофосилії та біостратиграфія середньої юри – крейди України». Спеціальність 04.00.09. – палеонтологія і



- стратиграфія. Галузь знань: 103 – Науки про Землю. Інститут геологічних наук Національна Академія Наук України. Київ. 2018b. Надруковано у ЦОП «Глобус». 42 с. 5 додатків.
29. Шевчук О.А. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук «Стратиграфія середньої юри – крейди України за мікрофосиліями». Спеціальність 04.00.01. – загальна та регіональна геологія. Галузь знань: 103 – Науки про Землю. Інститут геологічних наук Національна Академія Наук України. Київ, 2020. 44 с. 4 додатки.
30. Шевчук О.А., Іванченко К.В. Акритархи мезозою України. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2021. Вип. 55. С. 107-116. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-08>
31. Шрамкова Г.В. Спорово-пыльцевые комплексы мезозойских отложений северо-западного Донбасса и Днепро-Донецкой впадины. Тр. Воронеж. ун-та. Геол. сб. Воронеж, 1963. Т. 62. С. 93-98.
32. Ямниченко І.М. Лохонематиде юрських відкладів Дніпровсько-Донецької западини та окраїн Донбасу // Тр.ІГН НАН України, сер. Стратиграфії і палеонтології. – 1958, вип. 23. – 43 с.
33. Shevchuk O. Dinocysts in Callovian Deposits of Central Ukraine. International Journal on Algae, 2020. Volume 22. Issue 3. P. 279-286. DOI: <https://doi.org/10.1615/interjalgae.v22.i3.70>
34. Shevchuk O.A., Slater S.M., Vajda V. Palynology of Jurassic (Bathonian) sediments of Donbas, northeast Ukraine. Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments, 2018. Vol. 98, Issue 1, P. 153–164. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12549-017-0310-3>
35. Sirenko O.A., Shevchuk O.A. Levels of changes in the genus Pinus Linné in the composition of Mesozoic and Cenozoic flora and vegetation as an additional criterion for the division of sediments by the Mesozoic and Cenozoic of Ukraine. Journal of Geology, Geography and Geoecology. Dnipro, 2021. 30(4). P. 741-753. DOI: <https://doi.org/10.15421/112168>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Jurassic system stratigraphy at the Kamianka village. Part 2. The Cherkas'ka formation

**Andriy Matveev**<sup>1</sup>

DSc (Geology), Associate Professor,  
Department of Fundamental and Applied Geology,  
<sup>1</sup>V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine;

**Olena Shevchuk**<sup>2,3</sup>

DSc (Geology), Leading Researcher,  
<sup>2</sup>Swedish Museum of Natural History, Sweden,

<sup>3</sup>Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine;

**Iryna Kolosova**<sup>1</sup>

Senior Lecturer, Department of Fundamental and Applied Geology;

**Andrii Loktiev**<sup>4</sup>

PhD (Geology), Chairman of Supervisory Board

<sup>4</sup> LLC "Institute of Geology R&D", Ukraine

### ABSTRACT

**Introduction.** The paper is devoted to the study of the Cherkaska formation of the Jurassic system of the North-Western outskirts of the Donbas and is a continuation of a series of publications highlighting the stratigraphy of Jurassic in key areas near the town of Izyum and the village of Kamyanka.

**Material and methods.** The scientific search was based on the analysis of literature, results of previous drilling and mapping works, as well as own field, laboratory and analytical studies. Chemical and X-ray structural analyzes of clays, mineralogical analysis of sands were carried out. Micropaleontological analysis and generalized data on the distribution of fossil remains were carried out. The palynological analysis of these deposits was also carried out, including, for the first time, according to the orthostratigraphic group – dinocysts.

**Results and discussion.** The stratotype of the Cherkaska Formation was not specified. These were probably outcrops of ferruginous sandstones in the area of the village of Cherkaske, Slavic district, Donetsk region. Unfortunately, the deposits of this formation are exposed very fragmentarily, which makes it impossible to indicate a single typical section. As a number of such sections, it is possible to indicate Topalska balka - a clay stratum, and Pidluzhnyi farm - the upper stratum, stratigraphically important Vitcheliian layers were noted only in the village of Sukha Kamianka.

**Lithology.** In this section of the paper, we present the detailed lithological composition of the deposits of the Cherkaska Formation from the three studied outcrops.

**Paleontological remains.** Based on the findings of macrofauna in the sandstones, the dated levels of *Witchellia rossica* and *Stephanoceras humphriesianum* can be distinguished, which correspond to the two upper zones of the Lower Bajocian of the International Stratigraphic Scale. Upon the appearance of dinocysts of *Pareodinia* sp. and a small percentage of *Clasopollis* pollen (remains of gymnosperms) for the first time dated clays of the Cherkaska sub-formation.

**Stratigraphy.** Within the studied territory, the Cherkaska formation is clearly divided into two parts: the lower one, composed of clays, and the upper one, composed of sandstones, which makes it possible to divide it into sub-formation. *Witchellia* limestone may be present if the upper sub-formation is eroded.

**Paleogeography.** At the beginning of the Cherkaskyi period, the territory was a flat lowland covered by an extremely shallow sea basin. In the Late Cherkaskyi period, the supply of detrital material increases significantly, but the depth of the basin also increases, the salinity becomes normal, and a normal marine fauna appears. In some places, on the slopes of paleo-elevations, accumulation does not occur, which leads to the formation of deposits of a facies similar to *Ammonitico rosso* - limestones from *Witchellia*.

**Conclusions.** The Cherkaska formation represents an important stage in the geological history of the development of northwestern Donbas. The formation marks the beginning of the Middle-Late Jurassic transgression, the beginning of the formation of normal marine sediments, and the activation of differentiated tectonic movements of local structures.

**Keywords:** *Jurassic system, North-Western Donbas, stratigraphy, lithology, paleontological remains.*

### References

1. Blank M. I. (1961). Description of new species of foraminifera from the Middle Jurassic sediments of the northwestern margin of the Donetsk Ridge and the eastern part of the Dnieper-Donets Basin. *Proc. VNIGOI, XXIX*, 207-221.
2. Borysiak A. (1904). Pelecypoda of Jurassic deposition of European Russia. Issue 1: *Nuculidae*. *Works of Geolkom. New series*, 11, 49.
3. Borysiak A. (1905). Geological sketch of the Izyum district and the adjacent strip of the Pavlograd and Zmiiv districts. *Works of Geolkom. New series*, 3, 423.
4. Borysiak A. (1905). Pelecypoda of Jurassic deposition of European Russia. Issue 2: *Arcidae*. *Works of Geolkom. New series*, 19, 63.
5. Borysiak A. (1906). Pelecypoda of Jurassic deposition of European Russia. Issue 3: *Mytilidae*. *Works of Geolkom. New series*, 29, 35.
6. Borysiak A. (1909). Pelecypoda of Jurassic deposition of European Russia. Issue 4: *Aviculidae*. *Works of Geolkom. New series*, 44, 26.
7. Borysiak A., Ivanov E. (1917). Pelecypoda of Jurassic deposition of European Russia. Issue 5: *Pectinidae*. *Works of Geolkom. New series*, 143, 58.
8. Borysiak A. (1917). *Donetsk Jura*. *Geolkom Publishing House*, 3(3), 18.
9. Borysiak A. (1908). Fauna of the Donetsk Jura. Issue 1. *Cephalopoda*. *Works of Geolkom. New series*, 37.
10. Voronova M.A., Kovalenko V.Ju., Nasad A.T. ect. (1978). Jurassic deposition of Moloschanskii graben on southern slope of Ukrainian shield. *Geology journal*, 1, 147-152.
11. *Stratigraphy of the Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine. Volume 1: Stratigraphy of the Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic of Ukraine*. Chief editor P.F. Gozhik (2013). K, IGS NAS of Ukraine, Logos, 638.] ISBN: 978-966-171-789-2 [in Ukrainian]
12. Ivanik M.M., Pjatkova D.M., Plotnikova L.F. ect. (2014). Modernization of Stratigraphic Schemes of Mesozoic Deposits of Ukraine (1993-2013). *Tectonic and Stratigraphy*, Issue 1, 75-89. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2014.94648>
13. Kansky N.E., Makridin V.P., Sterlin B.P. (1958). Facies and paleogeography of the Jurassic sediments of the northwestern outskirts of the Donetsk fold structure. *Notes of the Faculty of Geology of Kharkiv University*, 13, 123-150.
14. Kansky N.E. (1969). Lithology of the Jurassic sediments of the Dnieper-Donetsk basin. *Kharkiv University Publishing House*, 219.
15. Kaptarenko-Chernousova O.K. (1959). Foraminifera of the Jurassic sediments of the Dnipro-Donetsk Basin. *Works of the Geology Institute of Scientific Research of the Ukrainian SSR, series "Stratigraphy and Paleontology"*, 15. [in Ukrainian]
16. Laptewa A.M. (1967). Palynological justification of the stratigraphic dissection of the Jurassic deposits of the northwestern outskirts of Donbas. *Geology journal*, 27(2), 19-26. [in Ukrainian]
17. Lungershausen L.F. (1941). New data on Jurassic stratigraphy. In the book *Geological structure of the USSR. Donbass. Geological description*, 234-243.
18. Lungershausen L.F. (1941). Bajocian and Bathonian deposits of the Donetsk Ridge. *RAS USSR, New series*, XXXIV, 6, 186-189.
19. Lubimova P.S. (1956). Triassic and Jurassic ostracods of eastern regions of Ukraine. *Proc. VSDGII, New series*, 98, 8, 533-583.
20. Matveyev A.V., Pakky M.C., Shevchuk O.A. ect (2023). Jurassic system stratigraphy at the Kamiianka village. Part 1. The Kozhulinska formation. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 58, 59-72. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-05> [in Ukrainian]
21. Semenova E.V. (1970). Spores and pollen of Jurassic sediments and boundary layers of the Triassic of Donbass. *Kyiv, Nauk. dumka*, 143 c.

22. *Stratigraphy of the Ukrainian SSR. T. VIII Jurassic (1969)*. Kyiv, Nauk. dumka, 219. [in Ukrainian]
23. Sterlin B.P. (1953). *New data on the stratigraphy of the Jurassic sediments of the Donetsk basin and the area of its north-western subduction*. RAS USSR, 89 (5), 83-86.
24. Shevchuk O.A., Dorotjak Ju., (2019). *Peculiarities of the micropaleontological characteristics of the Upper Jurassic sediments and the paleogeography of the territory of the Kam'yanka outcrops (northwestern Donbas)*. Paleontol.zb., 51, 14-24. [in Ukrainian]
25. Shevchuk O.A. (2015). *Tracheids from the Jurassic deposits of Ukraine. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Kyiv, (7), 105-109. DOI: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2015.07.105>
26. Shevchuk O.A. (2016). *Biostratigraphy of the Middle Jurassic of the central and eastern part of platform Ukraine*. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (45), 86-99. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2016-45-12> [in Ukrainian]
27. Shevchuk O.A. (2018a.). *Spore-pollen biostratigraphy Jurassic and Cretaceous of Ukraine*. Paleontol. zb. 50, 60-72.
28. Shevchuk O.A. (2018b.). *Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Geological Sciences "Microfossils and biostratigraphy of the Middle Jurassic - Cretaceous of Ukraine"*. Specialty 04.00.09. - paleontology and stratigraphy. Field of knowledge: 103 - Earth Sciences. Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv. Printed in the "Globus" center. 42. [in Ukrainian]
29. Shevchuk O.A. (2020). *Dissertation abstract for obtaining the scientific degree of Doctor of Geological Sciences "Middle Jurassic Stratigraphy - Cretaceous of Ukraine according to microfossils"*. Specialty 04.00.01. – general and regional geology. Field of knowledge: 103 - Earth Sciences. Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv. 44. [in Ukrainian]
30. Shevchuk O.A., Ivanchenko K.V. (2021). *Mesozoic acritarchs of Ukraine*. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology Geography. Ecology", (55), 107-116. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-08> [in Ukrainian]
31. Schrankova G.V. (1963). *Spore-pollen complexes of Mesozoic sediments of northwestern Donbass and the Dnieper-Donets Basin*. Proc. Voroneg uni. Geology. 62, 93-98.
32. Jamnischenko I.M. (1958). *Loxonematidae of Jurassic sediments of the Dnipro-Donetsk depression and the outskirts of Donbass*. Proc. IGS NAS of Ukraine, Tectonic and Stratigraphy. 23, 43. [in Ukrainian]
33. Shevchuk O.A. (2020). *Dinocysts in Callovian Deposits of Central Ukraine*. International Journal on Algae, 22 (3), 279-286. <https://doi.org/10.1615/interjalgae.v22.i3.70>
34. Shevchuk O.A., Slater S.M., Vajda V. (2018). *Palynology of Jurassic (Bathonian) sediments of Donbas, northeast Ukraine. Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*. 98 (1), 153–164. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12549-017-0310-3>
35. Sirenko O.A., Shevchuk O.A. (2021). *Levels of changes in the genus Pinus Linné in the composition of Mesozoic and Cenozoic flora and vegetation as an additional criterion for the division of sediments by the Mesozoic and Cenozoic of Ukraine*. Journal of Geology, Geography and Geoecology. Dnipro, 30(4). 741-753. DOI: <https://doi.org/10.15421/112168>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work  
**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 23 March 2024  
Accepted 23 May 2024

## Strengthening the role of hydrogeological research in the system of engineering investigations for construction

*Viacheslav Petik*<sup>1</sup>

PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Fundamental and Applied Geology,

<sup>1</sup> V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine;

e-mail: [nemuk1310@gmail.com](mailto:nemuk1310@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4055-0926>;

*Valeriy Sukhov*<sup>1</sup>

PhD (Geology), Head of the Department of Fundamental and Applied Geology,

e-mail: [valery.sukhov@karazin.ua](mailto:valery.sukhov@karazin.ua), <https://orcid.org/0000-0001-5784-5248>;

*Victor Sokolov*<sup>1</sup>

PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Fundamental and Applied Geology,

e-mail: [v.sokolov@gmail.com](mailto:v.sokolov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6003-549X>;

*Viacheslav Iegupov*<sup>2</sup>

PhD (Technical), Professor of the Department of Geotechnics, Underground and Hydrotechnical Structures,

<sup>2</sup> O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine,

e-mail: [slavaegu@gmail.com](mailto:slavaegu@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-5836-2659>;

*Rajeshwar Goodary*<sup>3</sup>

PhD (Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), Founding Dean FSDE,

<sup>3</sup> Université des Mascareignes, Mauritius,

e-mail: [rgoodary@udm.ac.mu](mailto:rgoodary@udm.ac.mu), <https://orcid.org/0000-0002-1851-5999>;

*Victoriia Pribilova*<sup>1</sup>

PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Fundamental and Applied Geology,

e-mail: [pribylovavn@gmail.com](mailto:pribylovavn@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-7770-8934>

### ABSTRACT

**Problem Statement.** The necessity to review, revise, and supplement existing building regulations in the field of engineering surveys and design is driven by the increasing significance of hydrogeological research. This is in response to the growing trend of urban development on territories (mainly within urban agglomerations) that were previously considered unsuitable for construction due to adverse engineering-geological conditions. The issue becomes particularly relevant against the backdrop of Russia's armed military aggression against Ukraine, which necessitates deeper underground space utilization to construct reliable shelters for protecting civilians from missile and bomb attacks. Under these conditions, new and stricter requirements arise for the content and quality of engineering surveys, design solutions, as well as for measures related to the engineering preparation and protection of territories and individual objects from hazardous geological processes.

**The aim** of this study is to highlight the significance and objectives of engineering-hydrogeological surveys in construction and to propose recommendations for improving the state of survey and design activities in the context of large-scale reconstruction in Ukraine.

**Research Methodology.** The research involves the systematization and generalization of both domestic and international experience in conducting engineering-geological surveys for construction. Special attention is paid to identifying areas where hydrogeological studies should be prioritized. To formulate requirements and suggestions for improving the regulatory framework in the field of engineering surveys and design, the study analyzes various manifestations of flooding processes. Additionally, the impact of groundwater in various physical states on the strength and deformation properties of soils, as well as the initiation and intensification of hazardous engineering-geological processes, is investigated.

**Results.** The study presents the scientific foundations for improving the regulatory framework in the field of engineering surveys for construction, according to modern requirements. Special emphasis is placed on enhancing the role of hydrogeological research in deepening underground space utilization within urban agglomerations. It is noted that with the expansion of the interaction sphere between projected structures and the geological environment, the influence of groundwater on engineering-geological conditions intensifies, leading to a deterioration in the properties of specific soils and the activation of engineering-geological processes.

**Scientific Novelty.** For the first time, a theoretical justification is provided for the concept of mandatory inclusion of hydrogeological studies in the scope of engineering-geological surveys, even in cases where groundwater is absent within the interaction sphere of the designed structure and the geological environment. Based on the study and systematization of flooding processes, the stages of predicting changes in engineering-hydrogeological conditions have been improved.

**Practical Significance.** The theoretical findings can be used to enhance the regulatory framework in the field of engineering surveys, particularly for developing requirements regarding the content and quality of hydrogeological research. This will improve the reliability of designed buildings and structures while also reducing the risks of hazardous engineering-geological processes emerging or intensifying.

**Keywords:** *engineering-hydrogeological surveys, hazardous geological processes, building regulations, engineering protection of territories, flooding, physic-mechanical properties of soils, harmful effects of groundwater, complex engineering-geological conditions.*

**In cites:** Petik Viacheslav, Sukhov Valeriy, Sokolov Viktor, Iegupov Viacheslav, Goodary Rajeshwar, Pribilova Victoriia (2024). Strengthening the role of hydrogeological research in the system of engineering investigations for construction. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 68-79. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-05>

© Petik Viacheslav, Sukhov Valeriy, Sokolov Viktor, Iegupov Viacheslav, Goodary Rajeshwar, Pribilova Victoriia, 2024

**Statement of the problem.** The need to review, edit and supplement the current building regulations, in particular the currently valid normative document DBN A.2.1-1-2008 "Search, design and territorial activity. search Engineering searches for construction" [2] regarding hydrogeological studies, caused by the trend towards engineering development of territories (mainly within urban agglomerations), which were previously considered unsuitable for construction due to unfavorable engineering-geological conditions [6-8].

On the example of the city of Kharkiv, the expansion of built-up areas is observed due to floodplains and steep slopes of river valleys, bottoms and slopes of streams and other territories characterized by unfavorable soil conditions and the development of dangerous engineering-geological processes [8, 14].

This problem has become particularly relevant against the background of the armed military aggression deployed by the Russian Federation against our country, in the conditions of which there is an urgent need for in-depth development of the underground space, with the aim of building reliable protective structures to ensure the lives of the civilian population during missile and bomb attacks.

The specified circumstances require significant deepening of the newly designed engineering structures, expansion of the scope of their interaction with the geological environment, therefore, an increase in the depth of the study of engineering-geological and hydrogeological conditions at the construction sites. At the same time, there are new, stricter requirements for technical solutions during the design of buildings and structures under construction and reconstruction, as well as measures for engineering preparation and protection of territories and individual objects from dangerous geological processes [1, 10, 13, 16].

#### **Analysis of recent research and publications.**

The question of strengthening the role of hydrogeological research in the system of engineering-geological investigations has always been relevant during the formation of engineering geology as a science. Numerous scientific works were devoted to the peculiarities of engineering-hydrogeological investigations in the territories of urban agglomerations and to the study of dangerous engineering-geological processes, problems of forecasting changes in natural and man-made geological conditions, and the impact of planned construction on the environment [1, 9, 12]. The corresponding work was carried out by specialized research and production institutes and specialists of leading investigative organizations.

In Ukraine, articles by leading scientists E.F. Shestopalov, E.O. Yakovlev, A.V. Luschyk, V.O. Bokov, H.G. Stryzhelchuk were devoted to the problems of improving the quality of engineering inves-

tigations for construction, in particular, by increasing the importance of hydrogeological research, as well as the heads of large investigative organizations V. I. Bogdanov, V. I. Polevetskyi, P. M. Varyvoda, V. A. Sokolova, etc. [1, 7, 10, 14].

The influence of groundwater on the condition and physical and mechanical properties of soils, as well as on the activation of dangerous geological processes, is widely covered in numerous works by foreign researchers [11, 18, 21, 23, 25].

**An important and still unresolved issue for our country**, in today's conditions, is the generalization and systematization of the results of separate engineering-hydrogeological studies for the improvement of the regulatory framework in the field of engineering construction and design. At the same time, new requirements for the composition and quality of engineering investigations should appear, which would strengthen the role of hydrogeological research.

**The purpose of the work is** to draw attention to the importance and tasks of engineering-hydrogeological investigations for construction, formulation of proposals for improving the state of project and investigation activities in the field of large-scale restoration of our country.

#### **Presentation of the main research material.**

According to the currently valid regulatory document DBN A.2.1-1-2008 [2], engineering-hydrogeological research (surveys) is carried out in four directions (Fig. 1):

- engineering-hydrogeological surveys for construction, which can be performed both independently and as part of complex engineering-hydrogeological surveys;
- search and exploration of underground water;
- designing and drilling wells for water supply;
- research of groundwater pollution.

The last three directions belong to specialized surveys, which are regulated by separate normative documents and must be performed in accordance with these documents, therefore, in this work, we will pay the main attention to the hydrogeological part as part of complex engineering-geological surveys for construction.

Due to the dynamism and significant variability of the underground hydrosphere, engineering-hydrogeological surveys have a number of features that distinguish them from standard engineering-geological surveys. Such features are the following [6, 13]:

- 1) performing a significant amount of research outside the site of the designed object;
- 2) conducting stationary regime observations without connection to specific construction;
- 3) taking into account the fact that the absence of underground water in the active zone of the foundation of the planned building at the time of investi-

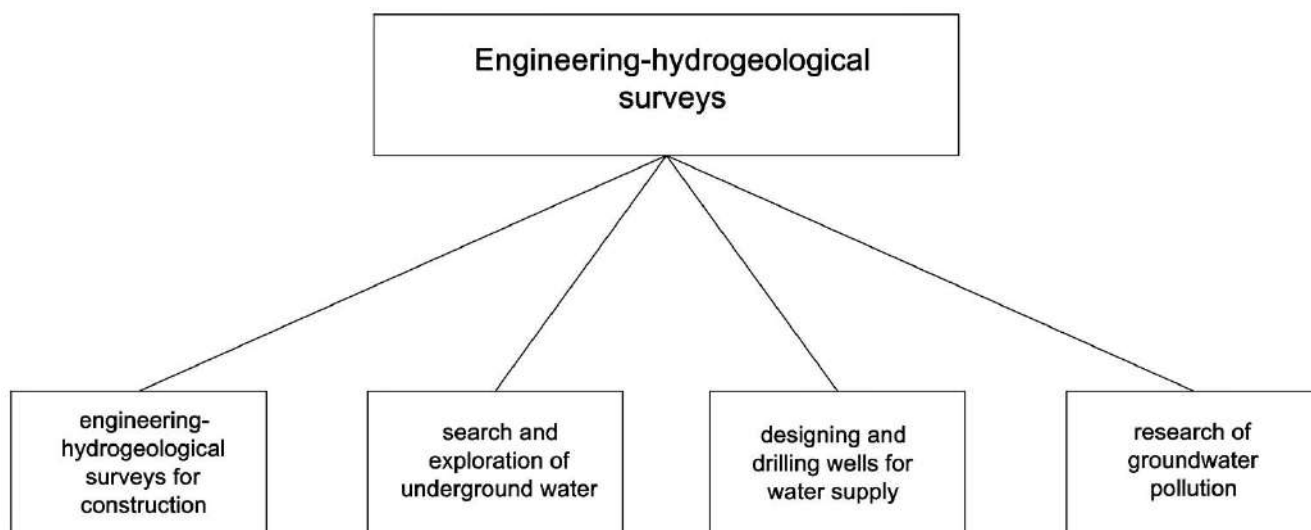


Fig. 1. Directions of engineering and hydrogeological investigations (according to DBN A.2.1-1-2008) [2]

gations does not cancel the need to perform hydrogeological studies, in particular, determining the permeability of soils.

The main regulatory document regulating engineering surveys for construction determines the place of hydrogeological research, firstly, as a separate type of research, with the aim of obtaining information about the engineering-hydrogeological conditions of the territories, and secondly, as hydrogeological works as part of complex engineering-geological research.

In the first case, we mean the study of problems caused by the process of flooding, as a manifestation and consequence of the negative impact of groundwater on the engineering-geological conditions of territories and construction sites, which is the main subject of applied engineering hydrogeology.

Among dangerous geological processes, flooding, along with erosion, currently occupies a leading place. According to Appendix E to DBN V.1.1-24:2009 "Protection from dangerous geological processes. The main provisions of the design" [3], manifestations of flooding on the territory of Ukraine are noted everywhere and recorded in all administrative regions of the country without exception (Table 1).

However, in this case, this process is usually associated with a direct, immediate negative impact of groundwater on the projected structures and individual territories, that is, with the consequences of raising their levels.

In a more complete view, the concept of "flooding" recently takes into account not only the rise in the level of groundwater, but also the increase in soil moisture (the definition of the term in DBN V.1.1-25-2009 [4]), which corresponds to the generally accepted, broader definition of groundwater, not only, as a free (gravitational) liquid, but as water vapor, ice, capillary, film water [5].

If we consider the causes of the emergence and development of dangerous geological processes and phenomena from this point of view, we will come to the conclusion that most of them are to one degree or another caused by the action of underground water [3, 8, 15].

Exceptions are processes caused by the action of surface waters, air masses (eolian phenomena), as well as slope processes caused by gravitational forces in their pure form (landslides, screes).

Therefore, the object of engineering-hydrogeological investigations for construction should be underground water in all possible states (gravitational, capillary, film, etc.), which affect the conditions of engineering activity in the geological environment [5]. Therefore, it is necessary to systematize the negative processes and phenomena associated with the action of underground water in the broad definition of this concept.

According to the nature of the influence of groundwater on the engineering and geological conditions for the creation of construction objects, two groups are distinguished: direct and indirect (indirect) action (Fig. 2).

The types of influence of a direct nature include manifestations of the direct action of groundwater on the conditions of construction and operation of buildings and structures, namely:

- flooding of buried parts of structures, communications, construction pits;
- corrosion of materials of underground structures;
- deterioration of general ecological and sanitary conditions of territories and plots;
- soil salinization;
- phenomena related to hydrostatic and hydrodynamic pressure of underground waters.

The first group of processes, consisting of mani-

Registered manifestations of dangerous geological processes on the territory of Ukraine  
(according to DBN V.1.1-24:2009) [3]

Territory	Registered manifestations of dangerous geological processes								
	Landslides	Erosion	Attrition	Landslip	Sel	Avalanches	Karst	Flooding	Processing of banks
ARC	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Vinnitsia region	+	+						+	
Volyn region		+						+	
Dnipropetrovsk region	+	+	+					+	+
Donetsk region	+	+	+				+	+	
Zhytomyr region		+						+	
Transcarpathian region	+	+		+	+	+		+	
Zaporizhzhia region	+	+	+	+			+	+	+
Ivano-Frankivsk region	+	+		+	+	+		+	
Kyiv region	+	+	+					+	+
Kirovohrad region	+	+		+				+	
Luhansk region	+	+						+	
Lviv region	+	+		+	+			+	
Mykolayiv region	+	+						+	
Odesa region	+	+		+			+	+	
Rivne region	+	+						+	
Poltava region	+	+	+						+
Sumy region	+	+							
Ternopil region	+	+		+				+	
Kharkiv region	+	+						+	
Kherson region	+	+	+					+	+
Khmelnitskyi region	+	+						+	
Chernihiv region	+	+		+				+	
Cherkasy region	+	+						+	
Chernivtsi region	+	+			+	+		+	

**Note.** A seismic effects on the territory of Ukraine are considered in DBN V.1.1-12

festations of actual flooding in the general sense, is the subject of separate hydrogeological studies.

The effects of an indirect nature are manifested in the form of changes in the strength and deformation properties of soils under the action of groundwater, as well as the initiation and activation of engineering-geological processes, which include [11, 19, 22, 24]:

- karst;
- suffusion;
- shear processes;
- collapse phenomena;
- clay soil expansion;

- frosty swelling;
- floating phenomena;
- improvement of seismic properties of soils.

This group of processes is the subject of hydrogeological studies as part of complex engineering-geological studies, the study of most of which, at first glance, is a task of purely geotechnical investigations. Accordingly, one of the clauses of DBN A.2.1-1-2008 [2], which regulates geotechnical studies, includes the forecast of changes in the condition and properties of soils under the influence of various factors, including moistening, irrigation and drainage, that is, a purely hydrogeological task.

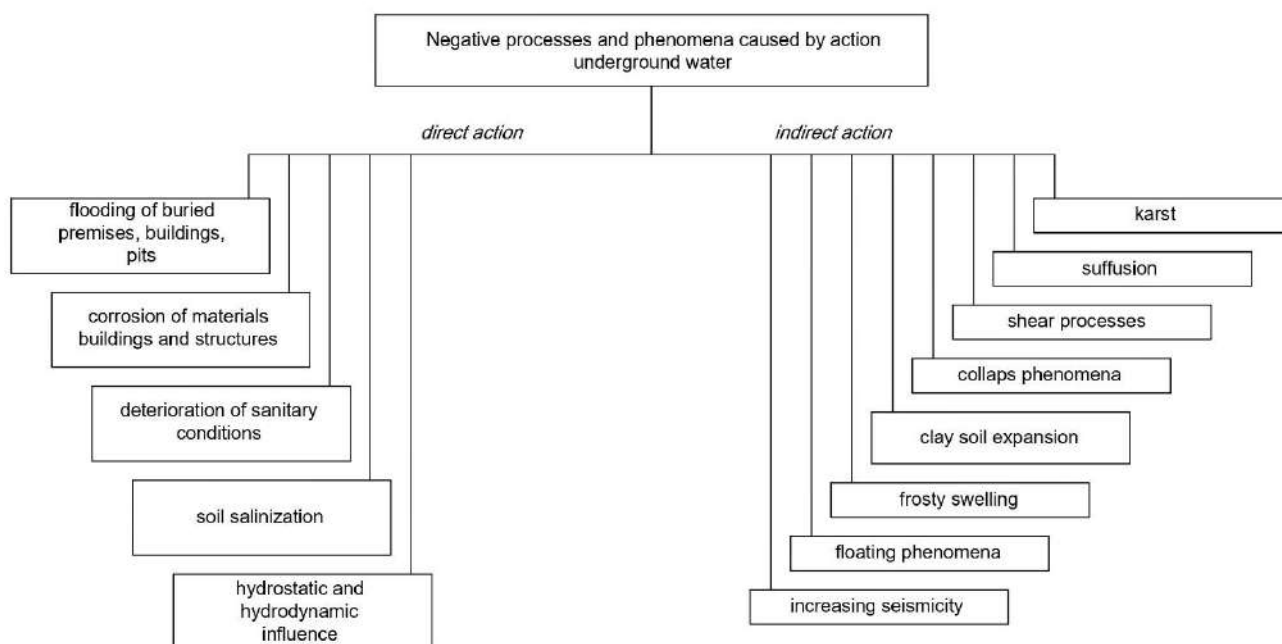


Fig. 2. Systematization of manifestations of the negative impact of groundwater on engineering-geological conditions, conditions of construction and operation of buildings and structures, the state of individual territories

It should be noted that forecasting changes in natural and man-made conditions is a mandatory requirement of regulatory documents during engineering investigations. Taking into account the mentioned influence of groundwater on the state and properties of soils, it becomes obvious that the most important component of forecasting in geotechnical research is forecasting changes in the moisture regime of soils and the level of groundwater, that is, changes in hydrogeological conditions.

This is especially important for research within the areas of soil development with special properties (clause 3.2.6.6 DBN A.2.1-1-2008 [2], regarding geotechnical investigations): collapsible, expansive, weak, saline, eluvial, man-made (it is necessary to add soils, that have flowing properties), as well as areas of development of dangerous geological processes (clause 3.2.9 DBN A.2.1-1-2008, regarding the study of engineering-geological processes and phenomena): karst, suffusion, landslides, etc.

From this follows the conclusion about the expediency of introducing additional requirements to the relevant subdivisions of the state building regulations about the need to implement the forecast of changes in hydrogeological conditions.

Since the ability of forecasts (their probability and completeness) depends on the composition and quality of the initial data, which in the case of hydrogeological studies are determined by the number of points and the depth of the test, it is necessary to supplement the points of DBN A.2.1-1-2008 regarding the depth and number of exploratory wells in the areas of soil availability with special properties and in places of development of dangerous geological

processes [3, 6].

Addendums must contain requirements for hydrogeological research, with a mandatory definition of all characteristics and parameters necessary for exploratory and regulatory forecasting of changes in hydrogeological conditions. To do this, the requirements for the number and depth of the exploratory wells, which is currently limited by the capacity of the compressible layer, should be revised [2].

In order to fully characterize the hydrogeological conditions and obtain all the initial data for forecasting, it is suggested to set the depth of rock formations at least the depth of the first aquitard from the surface. It is advisable to establish the minimum number of hydrogeological wells, taking into account the scale of the planned activity:

- for small individual buildings – 1;
- for large buildings, groups of buildings, individual territories – at least 3.

It should also be emphasized the need to carry out a complex of exploratory hydrogeological works (pumping tests, regime observations, etc.), which ensure obtaining the necessary calculation characteristics (initial and boundary conditions; coefficient of water permeability; coefficient of head-conductivity (piezoconductivity); module of underground flow (infiltration supply); amplitude of seasonal and multi-year groundwater level fluctuations; capillary rise height) [4, 17, 20].

Since the issue of developing forecasts is a mandatory component of engineering research materials for construction, the meaning of this concept should be revealed in relation to engineering and hydrogeological research. The concepts of explora-



tory and normative forecast are borrowed from scientific forecasting, one of the methods of which is the problem-targeted approach of future research, which is the study of emerging trends and problems and the search for ways to solve them.

Exploratory and regulatory forecasts are widely used in various fields of science, in particular, economics, where the course of the development of phenomena is determined by the action of a large number of factors of different nature and direction. The action of these factors in various combinations, which in some cases leads to mutual reinforcement, in others - to mutual exclusion, and is the driving force of processes, the patterns of development of which are probabilistic in nature and do not lend themselves to purely analytical evaluation.

The same is observed during hydrogeological research: it is obvious that it is impossible to take

into account the effect of all the causes and factors of flooding with the help of analytical calculations, therefore, one has to resort to probabilistic problem solving by performing exploratory and regulatory forecasts (Fig. 3).

Search forecast (genetic, exploratory) – a forecast that shows what states the forecasted object will reach at a given time under certain initial conditions [14]. Exploratory forecasting determines the possible or expected state of the phenomenon or object of forecasting in the future, answers the question: "what is most likely to happen if existing trends are maintained?"

In contrast to the exploratory forecast, the regulatory forecast shows the possible ways and terms of achieving the given, desired final state of the forecasted object (i.e., the goal). The regulatory forecast determines the ways and terms of achieving the pos-

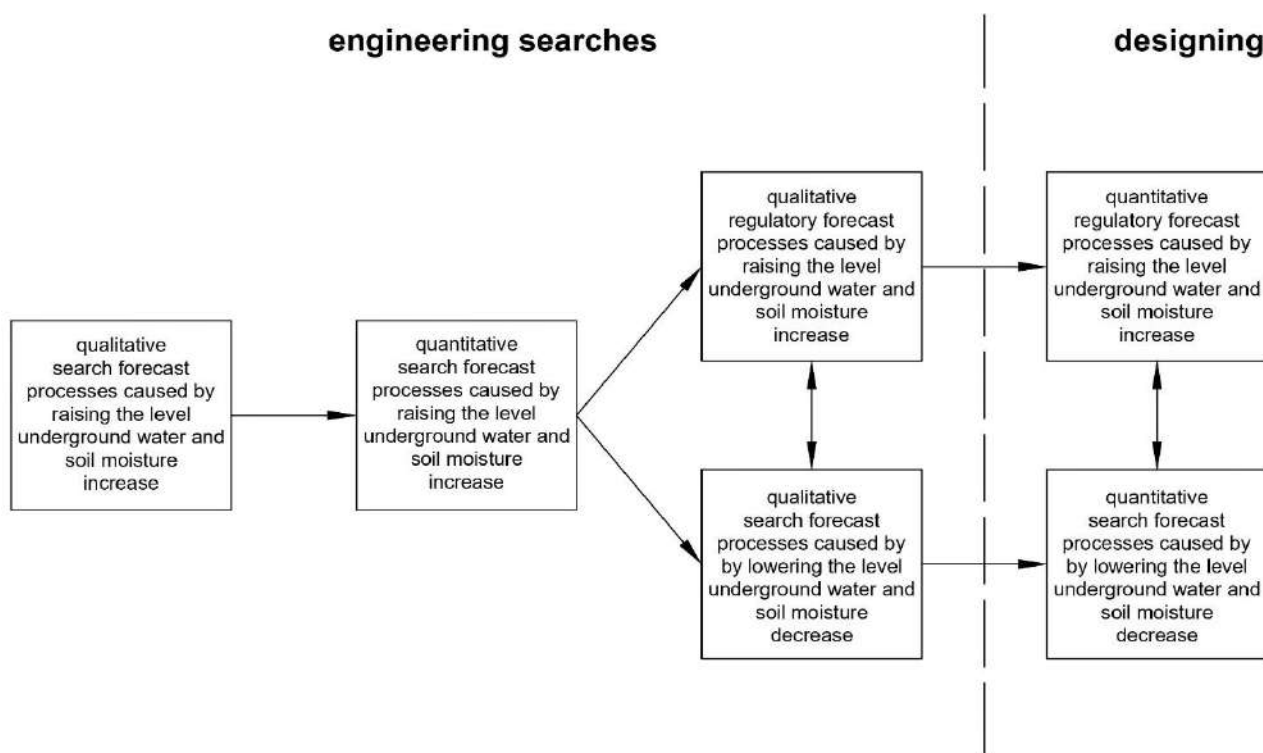


Fig. 3. Gradual forecasting of changes in engineering-hydrogeological conditions

sible state of the phenomenon, which is accepted as a goal and answers the question: "what are the ways to achieve the desired?" [13].

Hydrogeological studies as part of complex engineering-geological investigations must take into account the presence of soils with special properties within the site (territory) that can change under the influence of groundwater, as well as the possibility of the occurrence and intensification of engineering-geological processes caused by changes in hydrogeological conditions [18, 21, 25].

The types and volumes of hydrogeological studies as part of complex engineering-geological surveys should ensure the acquisition of initial data sufficient

for forecasting possible changes in hydrogeological conditions and their impact on the engineering-geological conditions of the territory (site), as well as for making design and technical decisions on the protection of territories and buildings.

Independent hydrogeological investigations are carried out to solve problems related to the direct negative impact of groundwater on engineering-geological conditions and are mainly aimed at solving the problem of flooding of territories, individual sites and structures [4, 10, 17].

According to the nature (state) of flooding conditions, one should distinguish between flooded territories (naturally and man-made, permanent and

temporary) and non-flooded ones, among which potentially flooded and potentially non-flooded territories are distinguished.

When conducting hydrogeological investigations, first of all, it is necessary to determine the state of a specific territory in relation to the conditions of submergence. For this, the effect of all mode-forming factors (flooding factors) that determine the regime of groundwater in the studied territory should be taken into account [4, 12].

Given the complexity and multifactorial nature of geohydrodynamic processes, the formation of the underground water regime of a specific local area usually occurs at the expense of factors that operate far beyond its boundaries. Therefore, territorial engineering-hydrogeological studies should not be limited to the site of the planned construction.

The state of the territory (structure) in terms of flooding conditions is determined at the initial stages of searches, which makes it possible to adjust the composition and scope of further work. The main criterion is the maximum depth of the underground water level [4], the decrease of which, depending on the functional use and the character of the development of a specific territory, allows it to be classified as flooded.

Potential submergence is determined based on the analysis of a set of data on the natural and man-made conditions of territories (sites), with the determination of the main factors and reasons for the development of the submergence process at the regional and local levels. It is important to take into account all components of the groundwater balance, as the main prerequisite for the development of the process of flooding the territory.

The following are the geomorphological factors of flooding:

- insufficient natural drainage of the territory due to the weak vertical dismemberment of the terrain;
- the low location of the territory relative to the natural basis of drainage, which is the hydrographic network;
- the presence of negative forms of relief, due to which the accumulation of surface runoff and its transformation into underground occurs.

Geological and lithological factors of flooding include:

- shallow occurrence of the regional aquitard;
- the development of poorly permeable rocks with low water yield in the aeration zone, which causes the formation of zones of excessive moisture and complete water saturation;
- the presence in the vertical section of layers of weakly permeable rocks, which play the role of local water-resistant strata;
- litho-facies variability of the rocks of the water-saturated stratum, which creates conditions for

groundwater support due to changes in filtration resistance along the path of underground flow;

- the presence of zones of tectonic disturbances, through which pressure aquifers are unloaded;
- the presence of zones of erosion of rocks of the regional water-resistant layer, which determines the connection with the underlying pressure aquifers;
- the presence of poorly permeable channel sediments in the zones of natural discharge of groundwater.

It was the combination of the first two groups of factors that formed the basis of the zoning scheme for the territory of the city of Kharkiv under the conditions of flooding, developed by specialists of the "UkrNDIINTV" institute.

Hydrometeorological factors of flooding are:

- a large amount of atmospheric precipitation, which prevails over evaporation from the free surface, and their unevenness in the annual cycle;
- natural seasonal fluctuations of the water level in reservoirs and watercourses.

Man-made factors of flooding include:

- additional infiltration feeding of groundwater due to leaks from water-bearing networks, which is a function of water consumption of the object (territory);
- changing the natural topography of territories with violation of surface runoff conditions;
- shielding of the earth's surface with engineering structures and artificial covering, which prevents evaporation from the free surface of groundwater;
- creation of a barrage effect as a result of supporting the underground flow by pile foundations and other underground structures;
- support of soil flow during the construction of reservoirs and ponds;
- decommissioning of underground water intakes;
- creation of conditions for the development of man-made aquifers in massifs of bulk or alluvial soils;
- man-made pollution of the geological environment, as a result of which rocks are cemented by mineral growths and the water-physical properties of rocks change under the influence of chemical and organic substances (for example, in the case of petrochemical pollution); chemical pollution can also cause the appearance of aggressive properties of underground water and soil in relation to the materials of buried structures.

The assessment of potential submergence is performed on the basis of qualitative forecasting of natural and man-made changes in the hydrogeological conditions of the territory, as a result of which the following phenomena may occur:

- increasing soil moisture in the aeration zone;
- formation of local aquifers ("headwaters");

- natural seasonal and multi-year fluctuations of the underground water level;
- man-made changes in the groundwater head;
- change in the chemical composition of underground waters, which can cause an increase in their aggressiveness towards the materials of underground structures.

The main task of engineering-hydrogeological investigations in flooded areas is to obtain initial data for the development of measures for the engineering protection of areas (structures) from flooding. The list of data required for this is agreed with the project organization and is included in the technical task.

According to special requirements, the technical task should indicate the maximum depth of the underground water level for the construction being designed [4].

The characteristics of the hydrogeological conditions of territories and areas, the determination of which is mandatory in the process of investigations, include the following:

- spatial arrangement (in section and in plan) of the boundaries of aquifers that fall into the zone of interaction of the projected structure with the geological environment;
- household and predicted position of the ground water level and the piezometric level of pressurized water;
- conditions on the borders of aquifers;
- hydrogeological parameters of aquifers (coefficients of water conductivity and head- or piezo-conductivity);
- conditions of feeding and discharge of aquifers;
- chemical composition and corrosive activity of underground water in relation to building construction materials.

For special requirements, with proper justification, the following characteristics should be determined:

- permeable properties of the rocks of the aeration zone and the aquitard;
- the height of capillary rise of moisture in the soils of the aeration zone;
- amount of main and additional infiltration power;
- active porosity of aquifer rocks;
- the coefficient of water yield of rocks of the aquifer and aeration zone;
- the amplitude of seasonal and multi-year fluctuations of the groundwater level;
- coefficient of lack of water saturation of rocks in the aeration zone;
- hydraulic (permeable) resistance of reservoir bottoms;
- coefficient of flow through aquitard.

The types and volumes of searches are assigned

depending on the complexity of the engineering-hydrogeological conditions and the degree of exploration of the territory. In general, engineering and hydrogeological surveys are performed in a certain sequence and include the following types of work [2]:

- collection of literary and stock materials: information on regional peculiarities of the hydrogeological conditions of the territory, results of scientific research, stationary regime observations, balance calculations, searches of past years;
- reconnaissance survey of territories, with the identification and assessment of active natural and man-made factors of flooding;
- exploratory hydrogeological drilling, which is performed in order to determine the lithological composition of the rocks of the aeration zone and the water-saturated stratum, the position of the groundwater level and the aquitard;
- field pumping tests are carried out to determine the permeable properties of the rocks of the aeration zone, water-saturated and water-resistant strata, hydrogeological parameters and boundary conditions of the aquifer;
- laboratory works include determining the chemical composition of groundwater; separate laboratory determinations of the granulometric composition, moisture and permeable properties of soils, i.e. natural geological features, on the basis of which the potential flooding of the territory is assessed;
- stationary monitoring of the groundwater regime is carried out under special conditions, as part of investigations for the construction of structures of a high category of responsibility, as well as for the engineering development of large territories; the need for conducting this type of research is substantiated in the work execution program;
- geophysical works, as a rule, are auxiliary methods of research, the necessity of which also requires justification;
- simulation of hydrodynamic processes using both physical models and special computer software is performed for complex hydrogeological conditions, in which the analytical solution of geofiltration problems using typical calculation schemes is impossible or involves significant errors;
- analytical and in-house processing of actual data obtained during searches, development of search and regulatory forecasts, formulation and justification of conclusions and recommendations for further project development.

The depth of mining (wells) during hydrogeological investigations should be determined taking into account the zone of possible mutual influence of the design object and the underground hydrosphere, but in any case it should not be less than the depth of the regional aquitard, with a depth of 2-3 meters.

When performing engineering-hydrogeological

investigations on flooded and potentially flooded territories, as well as when developing recommendations for designing measures to protect against flooding, it is necessary to take into account the possibility of negative engineering-geological processes and phenomena caused by a decrease in soil moisture and a decrease in the level of groundwater (Fig. 4) [18, 20].

Such phenomena include the following:

- subsidence and dismemberment of massifs composed of expansive soils;
- dehydration-gravitational subsidence of soils, caused by a decrease in the effect of hydrostatic weighing;
- mechanical suffusion and erosion of soils;
- activation of karst and chemical suffusion;
- processes related to filtration pressure (soil displacement, pressure on supporting structures, etc.).

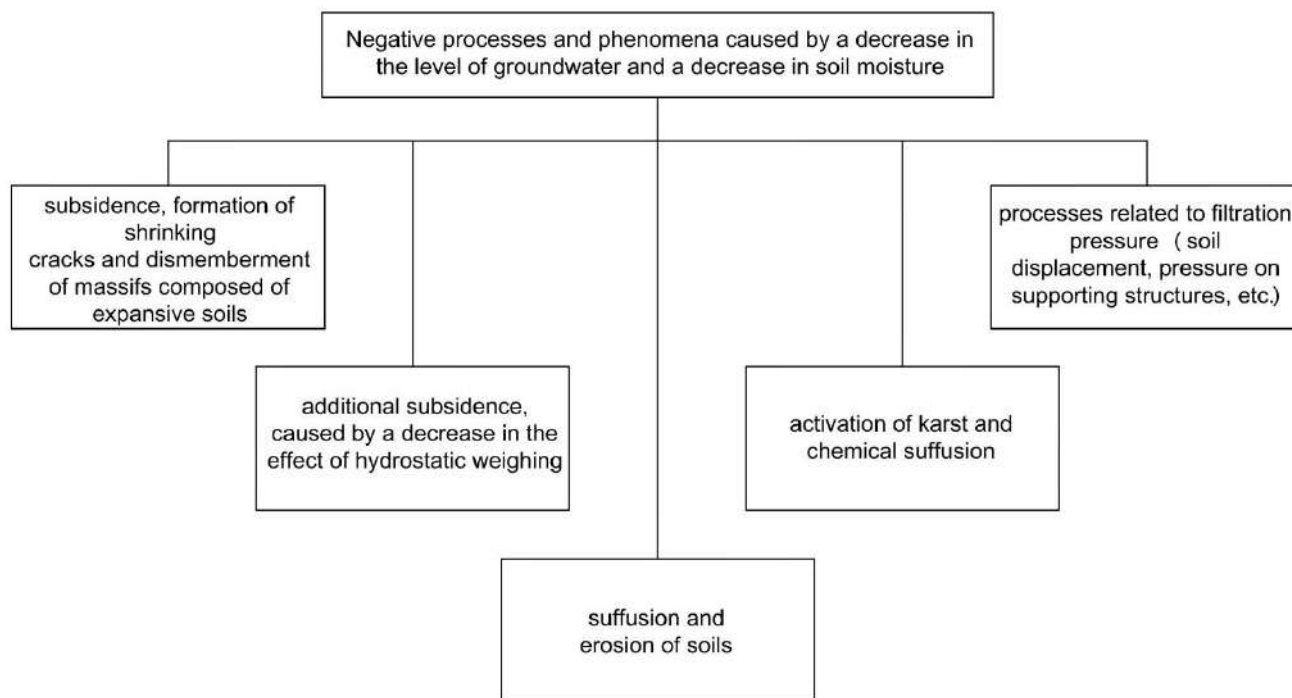


Fig. 4. Negative processes and phenomena caused by a decrease in the level of groundwater and a decrease in soil moisture

The action of the specified processes can spread to adjacent areas, which should be especially taken into account in areas of existing tight building within urban areas. The development of recommendations for the prevention or elimination of these processes is part of the regulatory forecasting of changes in engineering-geological conditions under the influence of the planned activity [10, 14].

**Conclusions.** 1. Currently, the need for a complete and reliable study of the hydrogeological conditions of construction sites has grown significantly in Ukraine. This is due to the mass development of territories with difficult engineering-geological conditions, as well as the use of underground space during the construction of objects for the protection of the civilian population.

2. Usually, a change in the groundwater regime is the main factor in the activation of dangerous en-

gineering-geological processes (flooding, landslides, karst, suffusion, etc.).

3. The performance of hydrogeological surveys has a number of specific features that distinguish them from standard engineering-geological surveys. These features must be taken into account during the development of new state regulatory documents for the implementation of engineering-technical investigations.

4. In order to create safe construction conditions and comfortable living of the population, it is necessary to restore territorial activities aimed at monitoring dangerous engineering-geological processes, as well as at collecting, preserving and systematizing data about the natural and man-made geological environment. In the existing socio-economic conditions, the municipal government can entrust this activity to scientific and educational institutions.

#### Bibliography

1. Богданов В. І., Овчинникова Д. Д. Відносно ролі інженерних вишукувань у сучасному капітальному будівництві в Україні. *Світ геотехніки*. 2013. № 3. С. 37-38.
2. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва. [Чинний від 2008-07-01]. Київ: Укрархбудінформ, 2008. 74 с.

3. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. [Чинний від 2011-01-01]. Київ: Укрархбудінформ, 2010. 73 с.
4. ДБН В.1.1-25:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. [Чинний від 2011-01-01]. Київ: Укрархбудінформ, 2010. 52 с.
5. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: підручник / М. Л. Зоценко та ін. Полтава: ПНТУ, 2003. 446 с.
6. Соколов В. А., Стрижельчик Г. Г. О разработке новых норм на инженерные изыскания. *Світ геотехніки*. 2005. № 2. С. 14–15.
7. Соколов В. А., Стрижельчик Г. Г. Современные проблемы инженерно-геологических и геотехнических изысканий для строительства в Украине. *Світ геотехніки*. 2013. № 3. С. 4–7.
8. Соколов В., Сухов В. Влияние небезпечних геологічних та техногенних процесів при виконанні інженерно-геологічних вишукувань для будівництва на екологічну безпеку в сучасний період. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2023. Вип. 58. С. 111–121. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-09>
9. Соколов В. А., Удалов И. В. Достоверная информация о природно-техногенной геологической среде, как фактор снижения экологических рисков. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*. 2017. № 47. С. 206–210. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-47-27>
10. Яковлев С. О. Регіональні зміни екологічного стану геологічного середовища міст та селищ, як фактори сучасного розвитку інженерних вишукувань для будівництва в Україні. *Світ геотехніки*. 2013. № 3. С. 8–12.
11. Hao Z., Li X., Gao R., Hu W., Zhang J., He J. Experimental study of the effect of bound water on the shear strength and structural units of Malan loess. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*. 2023. Vol. 56. <https://doi.org/10.1144/qjegh2021-168>
12. Iegupov Viacheslav, Strizhelchik Gennadii, Goodary Rajeshwar. Engineering surveys for construction based on the concept of sustainability resource to external influences and nature based solutions. *Proceedings of the 7th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization*. Barcelona, 18–21 June 2024. <https://doi.org/10.23967/isc.2024.014>
13. Iegupov V., Strizhelchik G. Sustainability Resource of the Hydrogeosphere to Anthropogenic Impacts with Urbanization. *Advances in Geoethics and Groundwater Management: Theory and Practice for a Sustainable Development. Proceedings of the 1st Congress on Geoethics and Groundwater Management (GEOETH&GWM'20)*. Porto, Portugal, 2021, P. 267 – 271. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9_54)
14. Iegupov V., Strizhelchik G., Goodary R. Sustainable Development of the Engineering Geological Environment of Urban Areas: Transition from Theory to Practical Solutions. *Proceedings of the 8th World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'23) Lisbon, Portugal, March 29–31, 2023. Paper No. ICGRE 151*. P. 151-1-7. DOI: <https://doi.org/10.11159/icgre23.151>
15. Iegupov V., Strizhelchik G., Kichaeva O. Methodology for Assessing Sustainability Resource of Ecological and Geotechnical Systems of Urbanized and Industrial Territories. *Proceedings of the ICEG 9th International Congress on Environmental Geotechnics*. Chania, Greece, 25-28 June, 2023. P. 459-467. <https://doi.org/10.53243/ICEG2023-266>
16. Lagesse R. H., Hambling J., Gill J. C., Dobbs M., Lim C., Ingvorsen P. The role of engineering geology in delivering the United Nations Sustainable Development Goals. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*. 2022. Vol. 55, № 3. <https://doi.org/10.1144/qjegh2021-127>
17. Lawrence U., Menkiti C. O., Black M. Groundwater monitoring of the deep aquifer for the construction phase of the crossrail project. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*. 2018. Vol. 51. P. 38–48. <https://doi.org/10.1144/qjegh2016-046>
18. Liu Q.Y., Wang M.W., Wu D.G., Shen F.Q. A computational model of water migration in a closed system of unsaturated expansive clay. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2021. Vol. 25. P. 4221–4230. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-0353-x>
19. Mozafari M., Raeisi E. Potential leakage paths at the dams constructed on karst terrains in Iran. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*. 2022. Vol. 55, № 2. <https://doi.org/10.1144/qjegh2021-102>
20. Ouoba S., Bénét J. Numerical modeling and simulation of water transfer in soil with low water contents. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2023. Vol. 20, P. 341–352. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04460-w>
21. Wong L.N.Y., Maruvanchery V., Liu G. Water effects on rock strength and stiffness degradation. *Acta Geotechnica*. 2016. Vol. 11. P. 713–737. <https://doi.org/10.1007/s11440-015-0407-7>
22. Xu J., Li Y., Wang S., Wang Q., Ding J. Shear strength and mesoscopic character of undisturbed loess with sodium sulfate after dry–wet cycling. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 2020. Vol. 79. P. 1523–1541. <https://doi.org/10.1007/s10064-019-01646-4>
23. Zhang S., Pei H. Determining the bound water content of montmorillonite from molecular simulations. *Engineering Geology*. 2021. Vol. 294. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106353>
24. Zhao Y., Qiang L., Zhang C., Liao J., Lin H., Wang Y. Coupled seepage-damage effect in fractured rock masses: model development and a case study. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2021. Vol. 144. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmmms.2021.104822>

25. Zhou Z., Cai X., Cao W., Li X., Xiong C. Influence of water content on mechanical properties of rock in both saturation and drying processes. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2016. Vol. 49. P. 3009–3025. <https://doi.org/10.1007/s00603-016-0987-z>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

### References

1. Bohdanov, V. I., Ovchynnykova, D. D. (2013). Regarding the role of engineering investigations in modern capital construction in Ukraine. *The world of geotechnics*, (3), 37-38. [in Ukrainian]
2. DBN A.2.1-1-2008. (2008). Search, design and territorial activity. Search. Engineering searches for construction. Kyiv, Ukrarkhbudinform, 74. [in Ukrainian]
3. DBN V.1.1-24:2009. (2010). Protection from dangerous geological processes, harmful operational influences, from fire. Protection from dangerous geological processes. Basic provisions of design. Kyiv, Ukrarkhbudinform, 73. [in Ukrainian]
4. DBN V.1.1-25-2009. (2010). Protection from dangerous geological processes, harmful operational influences, from fire. Engineering protection of territories and structures against flooding and inundation. Kyiv, Ukrarkhbudinform, 52. [in Ukrainian]
5. Zotsenko, M. L., et al. (2003). Engineering geology. Soil mechanics, foundations and foundations: a textbook. Poltava, PNTU, 446. [in Ukrainian]
6. Sokolov, V. A., Strizhel'chik, G. G. (2005). On the development of new standards for engineering surveys. *The world of geotechnics*, (2), 14-15.
7. Sokolov, V. A., Strizhel'chik, G. G. (2013). Modern problems of engineering-geological and geotechnical surveys for construction in Ukraine. *The world of geotechnics*, (3), 4-7.
8. Sokolov, V., Sukhov, V. (2023). The influence of dangerous geological and technogenic processes during engineering and geological research and environmental safety for construction in the modern period. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (58), 111-121. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-09>
9. Sokolov, V. A., Udalov, I. V. (2017). Reliable information about the natural and man-made geological environment as a factor in reducing environmental risks. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (47), 206-210. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-47-27>
10. Yakovlev, Ye. O. (2013). Regional changes in the ecological state of the geological environment of cities and towns as factors in the modern development of engineering research for construction in Ukraine. *The world of geotechnics*, (3), 8-12. [in Ukrainian]
11. Hao, Z., Li, X., Gao, R., Hu, W., Zhang, J., He, J. (2023). Experimental study of the effect of bound water on the shear strength and structural units of Malan loess. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 56. <https://doi.org/10.1144/qjegh2021-168>
12. Iegupov, V., Strizhelchik, G., Goodary, R. (2024). Engineering surveys for construction based on the concept of sustainability resource to external influences and nature based solutions. *Proceedings of the 7th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization*. Barcelona. <https://doi.org/10.23967/isc.2024.014>
13. Iegupov, V., Strizhelchik, G. (2021). Sustainability Resource of the Hydrogeosphere to Anthropogenic Impacts with Urbanization. *Advances in Geoethics and Groundwater Management: Theory and Practice for a Sustainable Development*. *Proceedings of the 1st Congress on Geoethics and Groundwater Management (GEOETH&GWM'20)*. Porto, Portugal, 267–271. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9_54)
14. Iegupov, V., Strizhelchik, G., Goodary, R. (2023). Sustainable Development of the Engineering Geological Environment of Urban Areas: Transition from Theory to Practical Solutions. *Proceedings of the 8th World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'23)* Lisbon, Portugal. <https://doi.org/10.11159/icgre23.151>
15. Iegupov, V., Strizhelchik, G., Kichaeva, O. (2023). Methodology for Assessing Sustainability Resource of Ecological and Geotechnical Systems of Urbanized and Industrial Territories. *Proceedings of the ICEG 9th International Congress on Environmental Geotechnics*. Chania, Greece, 459-467. <https://doi.org/10.53243/ICEG2023-266>
16. Lagesse, R. H., Hambling, J., Gill, J. C., Dobbs, M., Lim, C., Ingvorsen, P. (2022). The role of engineering geology in delivering the United Nations Sustainable Development Goals. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 55 (3). <https://doi.org/10.1144/qjegh2021-127>
17. Lawrence, U., Menkiti, C. O., Black, M. (2018). Groundwater monitoring of the deep aquifer for the construction phase of the crossrail project. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 51, 38–48. <https://doi.org/10.1144/qjegh2016-046>
18. Liu, Q.Y., Wang, M.W., Wu, D.G., Shen, F.Q. (2021). A computational model of water migration in a closed system of unsaturated expansive clay. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25, 4221–4230. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-0353-x>
19. Mozafari, M., Raeisi, E. (2022). Potential leakage paths at the dams constructed on karst terrains in Iran. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 55 (2). <https://doi.org/10.1144/qjegh2021-102>
20. Ouoba, S., Bénet, J. (2023). Numerical modeling and simulation of water transfer in soil with low water contents. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 341–352. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04460-w>

21. Wong, L.N.Y., Maruvanchery, V., Liu, G. (2016). Water effects on rock strength and stiffness degradation. *Acta Geotechnica*, 11, 713–737. <https://doi.org/10.1007/s11440-015-0407-7>
22. Xu, J., Li, Y., Wang, S., Wang, Q., Ding, J. (2020). Shear strength and mesoscopic character of undisturbed loess with sodium sulfate after dry-wet cycling. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 79, 1523–1541. <https://doi.org/10.1007/s10064-019-01646-4>
23. Zhang, S., Pei, H. (2021). Determining the bound water content of montmorillonite from molecular simulations. *Engineering Geology*, 294. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106353>
24. Zhao, Y., Qiang, L., Zhang, C., Liao, J., Lin, H., Wang, Y. (2021). Coupled seepage-damage effect in fractured rock masses: model development and a case study. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2021.104822>
25. Zhou, Z., Cai, X., Cao, W., Li, X., Xiong, C. (2016). Influence of water content on mechanical properties of rock in both saturation and drying processes. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 49, 3009–3025. <https://doi.org/10.1007/s00603-016-0987-z>

## Посилення ролі гідрогеологічних досліджень в системі інженерних вишукувань для будівництва

**Вячеслав Петік**<sup>1</sup>

к. техн. н., доцент кафедри фундаментальної та прикладної геології

<sup>1</sup> Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна;

**Валерій Сухов**<sup>1</sup>

к. геол. н., зав. кафедри фундаментальної та прикладної геології;

**Віктор Соколов**<sup>1</sup>

к. геол.-мін. н., доцент кафедри фундаментальної та прикладної геології;

**Вячеслав Єзупов**<sup>2</sup>

к. техн. н., професор кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва

<sup>2</sup> Харківського національного університету міського господарства

імені О. М. Бекетова, Харків, Україна;

**Раджешвар Гударі**<sup>3</sup>

PhD (механіка ґрунтів та будівництво фундаментів),

декан факультету інженерії та сталого розвитку <sup>3</sup> Університету Маскаренів, Маврикій;

**Вікторія Прибилова**<sup>1</sup>

к. геол. н., доцент кафедри фундаментальної та прикладної геології

Необхідність перегляду, редагування та доповнення діючих будівельних норм у сфері інженерних вишукувань і проектування, з метою підвищення значущості гідрогеологічних досліджень, викликана тенденцією до інженерного освоєння територій (головним чином, в межах міських агломерацій), які раніше вважалися непридатними для будівництва через несприятливі інженерно-геологічні умови. Проблема набуває особливої актуальності на тлі збройної військової агресії, розгорнутої Російською Федерацією проти України, в результаті якої виникає необхідність значного збільшення глибини освоєння підземного простору, для зведення надійних споруд із захисту цивільного населення від ракетно-бомбових атак. За таких умов виникають нові, більш жорсткі вимоги до складу і якості матеріалів інженерних вишукувань, проектно-технічних рішень, а також заходів з інженерної підготовки та захисту територій та окремих об'єктів від небезпечних геологічних процесів. У роботі викладено наукові засади удосконалення нормативної бази у сфері виконання інженерних вишукувань для будівництва, відповідно до вимог, що виникають у сучасних умовах. Особливу увагу привернуто до підвищення ролі гідрогеологічних досліджень під час збільшення глибини освоєння підземного простору міських агломерацій. Підкреслено, що із розширенням сфери взаємодії проєктованих будівель і споруд з геологічним середовищем, значно підсилюється вплив підземних вод на інженерно-геологічні умови, що виражається у погіршенні властивостей специфічних ґрунтів, активізації інженерно-геологічних процесів. Вперше теоретично обґрунтована концепція щодо обов'язкового включення гідрогеологічних досліджень до складу інженерно-геологічних вишукувань навіть для випадків, коли підземні води є відсутніми у сфері взаємодії проєктованої споруди з геологічним середовищем. На основі вивчення і систематизації проявів процесу підтоплення удосконалено стабільність прогнозування змін інженерно-гідрогеологічних умов. Отримані теоретичні положення можуть бути використані для удосконалення нормативної бази у сфері інженерних вишукувань, а саме, для розробки вимог до складу і якості гідрогеологічних досліджень. Це дозволить підвищити надійність будівель і споруд, що проєктуються, а також знизити ризики виникнення і активізації небезпечних інженерно-геологічних процесів.

**Ключові слова:** інженерно-гідрогеологічні вишукування; небезпечні геологічні процеси; нормативна документація у сфері будівництва; інженерний захист територій; підтоплення; фізико-механічні властивості ґрунтів; шкідливий вплив підземних вод; складність інженерно-геологічних умов.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів


Надійшла 29 січня 2024 р.

Прийнята 16 березня 2024 р.

## Геохронологія за монацитом жили граніту Старокримського кар'єру (Приазов'я, Український щит)


**Леонід Степанюк**<sup>1</sup>

д. геол. н., професор, чл.-кор. НАН України, заступник директора з наукової роботи,

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна,  
e-mail: [stepaniuk@nas.gov.ua](mailto:stepaniuk@nas.gov.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>;

**Василь Загнітко**<sup>2</sup>

д. геол.-мін. н., професор, кафедра геології родовищ корисних копалин,

ННІ «Інститут геології», <sup>2</sup> Київський Національний університет імені Тараса Шевченка,  
e-mail: [zagnitko@i.ua](mailto:zagnitko@i.ua),  <https://orcid.org/0000-0002-5238-0813>;

**Геннадій Павлов**<sup>1</sup>

к. геол.-мін. н., доцент, ст. наук. співробітник,

e-mail: [genychnpavlov@gmail.com](mailto:genychnpavlov@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0002-5913-042X>;

**Тетяна Довбуш**<sup>1</sup>

наук. співробітник,

e-mail: [tetyana.dovbush1@gmail.com](mailto:tetyana.dovbush1@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0002-3512-3313>

Досліджено аплітоїдні біотитові граніти зі слідами реоморфних перетворень, що залягають серед гнейсів і кристалічних сланців центральноприазовської серії Українського щита, а також анатомію кристалів акцесорних цирконів і монацитів з цих гранітів. Визначений вік монацитів за мультизерновими наважками за ізотопним відношенням <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb. Граніти розкриті Старокримським гранітним кар'єром. Структура граніту неоднорідна, розмір зерен від 0,1 до 3,5 мм. За співвідношенням між зернами мінералів та їх формою структуру визначають як алотріоморфну, сплюснену. Конфігурація зерен та їх співвідношення свідчать про суміщення реліктів первинної магматичної структури з динамообластовою та крихкопластичною, викликаною реоморфізмом. Ці елементи включають гранулобластичні явища та сплюснення кристалів кварцу; гранулобластез зерен первинного плагіоклазу; мірмекітизацію ранніх і кристалізацію новоутворених польових шпатів; мікроклінізацію реліктового ортоклазу і кристалізацію новоутвореного мікрокліну, деформацію лусочок біотиту. В даний час граніти складаються з (у %) кислого плагіоклазу - 30, мікрокліну + ортоклазу - 25, кварцу - 45, хлоритизованої темної слюди - 1-5. Акцесорні мінерали представлені цирконом, монацитом, апатитом, можливо, магнетитом і рутилом, який утворюється при заміщенні біотиту хлоритом. Мінерали вивітрювання включають глинисті мінерали, гідроксиди заліза та карбонати. За даними мінералогічних досліджень, кристали циркону мають складну будову. Циркон в синпетрогенних гранітах росте на неоднорідних ядрах реліктового циркону, зазвичай у вигляді тонких оболонок. Присутня також невелика кількість кристалів без ядер, що складаються виключно з тонкозональних оболонок циркону. Монацит представлений двома різновидами: великими (>0,1 мм) буро-коричневими, темно-коричневими до майже чорних нерівномірно забарвленими непрозорими кристалами і дрібними світло-коричневими, коричнево-жовтими прозорими кристалами. Вік граніту визначено уран-свинцевим ізотопним методом за мультизерновими наважками темних непрозорих кристалів монациту. Середньозважений вік, заснований на співвідношенні ізотопів <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb, становить 1978,8 ± 6 мільйонів років. Вік, отриманий за мультизерновими наважками світло-коричневих і коричнево-жовтих прозорих кристалів, становить 1959 ± 18 мільйонів років і теоретично являє собою мінімальний час протікання процесів реоморфізму.

**Ключові слова:** циркон, монацит, граніт, уран-свинцевий ізотопний метод, центральноприазовська серія, Український щит.

**Як цитувати:** Степанюк Леонід. Геохронологія за монацитом жили граніту Старокримського кар'єру (Приазов'я, Український щит) / Леонід Степанюк, Василь Загнітко, Геннадій Павлов, Тетяна Довбуш // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 80-88. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-06>

**In cites:** Stepanyuk Leonid, Zagnitko Vasyl, Pavlov Hennadiy, Dovbush Tatyana (2024). Geochronology by monazite veins of granite of the old Crimea quarry (Azov Region, Ukrainian Shield). Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 80-88. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-06> [in Ukrainian]

**Вступ.** Старокримським кар'єром розкрита асоціація порід: мармури, кальцифіри, діопсидові кристалічні сланці, біотитові і графітові гнейси, кварцити, характерна для темрюцької світи центральноприазовської серії, віднесеної до неогархею [6, 19]. В кар'єрі зазначені породи прориваються масивними, інколи розгнейсованими, ендербітами, біотитовими гранітами та пегматитами.

Наразі для циркону із ендербітів, поширених в Старокримському кар'єрі отримано вік 2730±24 млн. років [19].

**Постановка проблеми.** З'ясування часу накопичення осадових (вулканогенно-осадових) товщ високометаморфізованих комплексів є складною проблемою. Одним із надійних сучасних методів вирішення цієї задачі є уран-свинцеве ізотопне датування уран-вмісних мінералів. У разі наявності продуктів кислого вулканізму (вулканогенно-осадові утворення) задача вирішується датуванням U-Pb ізотопним методом акцесорного циркону, сингенетичного вулканізму. У випадку ж кластогенних (осадових ± хемогенно-осадові) утворень реально визначити

© Степанюк Леонід, Загнітко Василь, Павлов Геннадій, Довбуш Тетяна, 2024



лише верхню та нижню вікові межі осадоначинення [4].

Старокримським кар'єром розкрита асоціація порід: мармури, кальцифіри, діопсидові кристалічні сланці, біотитові і графітові гнейси та кварцити (темрюцька світа центральноприазовської серії), що являють собою осадові та хомогенно-осадові утворення, для яких можливо лише визначити нижню та верхню вікову межі.

В якості нижньої вікової межі цих утворень в першому наближенні можна прийняти вік  $2730 \pm 24$  млн. років, отриманий для циркону із ендербітів [19], а за верхню вікову межу – вік біотитових гранітів, що складають жильне тіло, яке розсікає пачку гнейсів і кристалічних сланців.

Однією із проблем визначення віку гранітоїдів U-Pb ізотопним методом за цирконом є успадкування цим мінералом реліктів циркону порід субстрату (протоліту), із якого виплавилися родоначальні гранітні розплави. Подолати цю проблему можна використавши локальні методи датування (Shrimp, ICP MS), або визначити вік за іншим мінералом-геохронометром, наприклад монацитом.

**Огляд попередніх досліджень.** Приазов'я (Приазовський мегаблок) Українського щита є одним із найбільш складно побудованих гетерогенних поліхромних ділянок виступу фундаменту Східно-Європейської платформи. Породна асоціація Приазов'я, що наразі доступна для дослідження, сформувалася впродовж більш ніж 1,5 млрд років у віковому інтервалі древніше 3,6 млрд років – 2,0 млрд. років тому [20, 21, 22], за РТ-умов гранулітової, амфіболітової та зеленосланцевої фацій та численним проявам процесів діафторезу [6].

Наразі визначено час інтрузії гранітоїдів Добропільського масиву ( $2101 \pm 15$  млн. років тому – перша фаза і  $2078 \pm 20$  млн. років тому, друга фаза [9, 15]) які донедавна вважалися палеоархейськими [6, 20]. А також було з'ясовано, що ці гранітоїди були сформовані по поліхромному (вік реліктових ядер в середині кристалів акцесорного циркону від 3,6 до 2,6 млрд. років) субстрату [9, 15, 22].

Поліхромний характер формування породної асоціації Приазов'я проявився і в палеопротерозої, на завершальному етапі його формування. На відміну від решти (окрім Середньодніпровського, консолідація кори в якому відбулася в археї [11]) мегаблоків Українського щита, де палеопротерозойський гранітоїдний магматизм протікав у відносно вузькому віковому інтервалі: Волинський – 2,08-1,95 млрд. років тому [3, 18, 21], Дністровсько-Бузький – 2,06-1,96 млрд років тому [10, 21], Росинсько-Тикицький – 2,08-1,99 млрд років тому [5, 7, 8, 14, 21], Інгуль-

ський 2040-2030 млрд років тому [12, 21], в Приазовському цей процес тривав понад 200 млн. років (від 2,24 до 1,98 млрд. років тому) [1, 21].

Наявність реліктів давнього циркону порід субстрату в середині кристалів акцесорних цирконів гранітоїдів Українського щита є їх характерною особливістю [9, 12, 15, 16, 17], що обумовлює необхідність виконувати датування за іншими мінералами-геохронометрами, наприклад за монацитом [13].

**Мета роботи.** Визначити вік та походження жильних гранітів, розкритих Старокримським кар'єром U-Pb ізотопним методом за монацитом.

**Об'єкти та методи досліджень.** Об'єктом дослідження є біотитовий граніт (проба ПА-2-4), що складає січне жильне тіло, розкрите Старокримським кар'єром. Монацити вивчені нами класичним уран-свинцевим ізотопним методом у відділі радіогеохронології ІГМР НАН України.

Для визначення часу формування граніту вручну під бінокелем із різних розмірних фракцій були відібрані мультизернові наважки кристалів монациту із граніту (проба ПА-2-4). Методика хімічної підготовки, за якою готувалися зразки монацитів для мас-спектрометричного аналізу, описана в роботах [4, 23]. Для визначення вмісту урану і свинцю в цирконах використали змішаний  $^{235}\text{U} + ^{206}\text{Pb}$  трасер.

Ізотопні дослідження свинцю та урану виконані на 8-колекторному мас-спектрометрі MI-1201 AT в мультиколекторному статичному режимі; математична обробка експериментальних даних – за програмами Pb Dat і ISOPLOT [24, 25]. Похибки визначення віку наведені при  $2\sigma$ . Для перевірки метрологічних характеристик методу використали стандарт циркону ІГМР-1 [2].

**Викладення основного матеріалу.** Граніт біотитовий аплітоїдний, проба ПА-2-4, Старокримський кар'єр, відбір 1991 рік. Структура граніту різнозерниста. За рахунок подовжених зерен кварцу та орієнтованих лусок біотиту порода має орієнтовану мікротекстуру. Розмір зерен від 0,1 до 3,5 мм, найчастіший розмір зерен 0,5-1,5 мм. За співвідношенням між зернами мінералів та їхньою формою структура може визначатися, як алотріоморфна, сплюснена. Особливості конфігурації зерен та їх співвідношення між собою свідчать про накладання на первинну структуру елементів, притаманних діафторичному процесу, або процесу перетворення первинномагматичної породи в породу, що пройшла стадію повторного анатексису, або реоморфізму: гранулобластез та сплюснення кристалів кварцу; гранулобластез плагіоклазу; мірмекітизація польових шпатів; деформація лусок біотиту, їх хлоритизація, серицитизація та пелітизація новоутвореного плагіоклазу.

Мінеральний склад: кислий плагіоклаз - 30%;

мікроклін + ортоклаз – 25%, кварц – 45%, хлоритизована темна слюда (біотит) 1-5%. Акцесорні мінерали: циркон, монацит, апатит, а також рутил, що утворюється при заміщенні біотиту хлоритом, можливо магнетит. Вторинні мінерали – серицит та глинисті мінерали, гідроксиди заліза, карбонати.

**Кварц** утворює ізометричні та сплюснуті ксеноморфні зерна розміром від 0,1 до 3 мм. Найпоширенішим розміром є 1,5-2 мм по довгій осі. Сплюснуті форми нерідко є гранобластовими зростками тектонокластового кварцу, який сформувався за рахунок одностороннього тиску, що супроводжувався поперечною крихкопластичною деформацією (рис. 1а). Власне ці зерна кварцу формують лінійну структуру і орієнтовану мікротекстуру течії. Зерна кварцу характеризуються деформаційним згасанням, блокуванням та наявністю тріщин між субзернами. Особливістю конфігурації крупних зерен кварцу є дроблення, пластична направлена деформація та оплавлення фрагментів зерен. Другий різно-

вид кварцу – мирмекітовий, що виникає при міжзерновій взаємодії польових шпатів.

**Калійовий польовий шпат** представлений в породі двома різновидами: ортоклаз-мезопертитом та решітчастим мікрокліном. Мезопертит спостерігається тільки у вигляді реліктових зерен, майже повністю заміщених мікрокліном. Характеризуються ламелярною мезопертитовою будовою. Гратчастий мікроклін представлений зернами ізометричної форми розміром 0,2-1 мм (рис. 1б). Ізометрична форма пов'язана з катакластичною природою утворення окремих індивідів: дроблення, внутрішнє блокування, повторне плавлення та грануляція. В крупних зернах мікрокліну спостерігаються включення реліктових зерен серицитизованого олігоклазу. В краєвих ділянках мікроклін заміщується мирмекітом. Вздовж тріщин розвивається пелітизація. В якості включень в об'ємі кристалів спостерігаються лусочки біотиту (часто хлоритизованого) та включення циркону та монациту розміром до 0,05 мм.

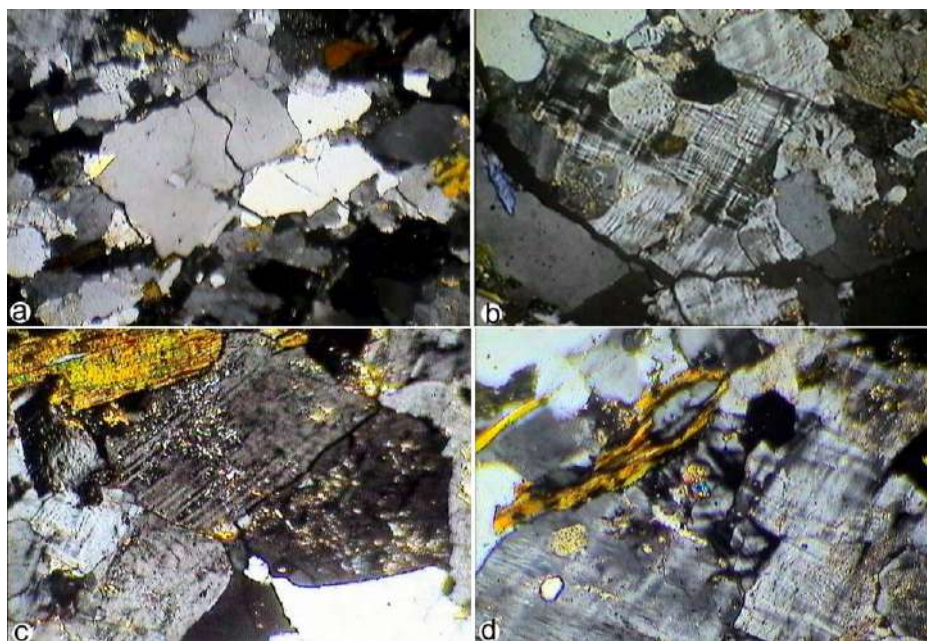


Рис.1. Мікрофотографії аплітоїдного граніту, проба ПА-2-4, Старокримський кар'єр.

Просвічуючий мікроскоп, ніколі+, Збільшення 20 раз /

Fig. 1. Photomicrographs of aplite granite, sample PA-2-4, Old Crimea quarry.

Transmission microscope, nikol+, Magnification 20 times

**Плагіоклаз** представлений олігоклазом, найвірогідніше двох генерацій. Рання – реліктова має кородовану табличчасту форму, затокоподібні контури, що часто переходять у мирмекіти. Двійникова система практично відсутня. Зерна плямисто пелітизовані та серицитизовані. Розмір табличок зрідка перевищує 0,3 мм. Друга генерація представлена табличчастими кристалами ізометричного габітусу, менш пелітизованого, з більш-менш проявленим тонким полісинтетичним двійникуванням (рис. 1с). Має кулькоподіб-

ні включення сингенетичного пойкилітового кварцу. Для цієї генерації не притаманні реакційні співвідношення з мікрокліном та кварцом. Схоже, що він кристалізувався разом з мікрокліном.

**Біотит** – головний темноколірний мінерал. Він спостерігається в інтерстиційному просторі між зернами інших породотвірних мінералів. Розмір зерен біотиту найчастіше 0,3-0,6 мм. Його зерна мають «розтягнутий» рекристалізований вигляд, облямовуючи зерна кварцу, або польових шпатів, і підкреслюють орієнтовану текстуру

(рис. 1с,d). Плеохроює в густо червоно-бурих тонах, колір насичений до непрозорого в площині Ng-Nm. Луски деформовані, в деяких спостерігаються кінк-банди, а також розщеплення в торцях зерен, що вказує на процеси транспресії – зсув-стиснення. Має поодинокі включення апатиту, монациту та циркону.

**Циркон** – світло-жовті, бурувато-рожеві до світло-бурих призматичні та коротко-призматичні малоконоподібні кристали з дещо заокругленими контурами. В ограненні кристалів беруть участь грані призми і найчастіше обох біпірамід, з переважним розвитком однієї з них, що обумовлює переважання кристалів цирконового типу.

Як поодинокі трапляються видовжено-призматичні світло-рожеві сильно тріщинуваті кристали (рис. 2 с, g, (g<sub>1</sub>)).

В полірованих зрізах (рис. 2) виявляється складна будова більшості кристалів циркону, обумовлена наявністю різномірних ядер та, переважно, відносно тонких оболонок (рис. 2 а-d, f-j (f<sub>1</sub>-j<sub>1</sub>)). В незначній кількості присутні кристали без ядер, складені виключно цирконом оболонок (рис. 2 d, e, k (k<sub>1</sub>)). Серед ядер можна виділити декілька типів:

- Призматичні, однорідні сильно тріщинуваті з заокругленими контурами, що характерні для кластогенних кристалів (рис. 2, а, b, f (f<sub>1</sub>));
- Видовжено-призматичні однорідні тріщинуваті (рис. 2 с, g);
- Призматичні з тонкою «магматичною» зональністю та заокругленими контурами (рис. 2 і (i<sub>1</sub>));
- Призматичні з низьким двозаломленням (рис. 2 f (f<sub>1</sub>)).

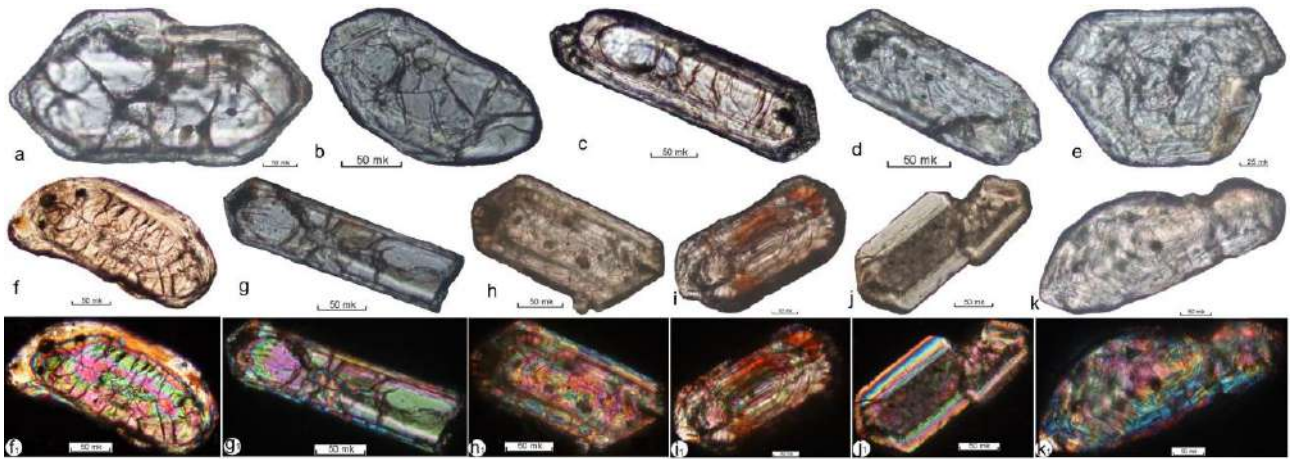


Рис. 2. Мікрофотографії полірованих зрізів кристалів циркону із аплітоїдного граніту, проба ПА-2-4, Старокримський кар'єр. Поляризаційний мікроскоп, на просвіт: а-к – за одного нікола, f<sub>1</sub>-k<sub>1</sub> – ті ж кристали (f-k), ніколи схрещені /

Fig. 2. Photomicrographs of polished sections of zircon crystals from aplite granite, sample PA-2-4, Old Crimea quarry. Polarizing microscope, on the aperture: а-к - for one nikol, f<sub>1</sub>-k<sub>1</sub> - the same crystals (f-k), nikols crossed

Наявність різномірних ядер в середині кристалів акцесорного циркону (див. рис. 2) з високою долею вірогідності дозволяє припустити, що граніти сформувалися в результаті більш ранніх ультраметаморфічних перетворень осадових (вулканогенно-осадових) порід.

**Монацит** представлений двома різновидами: 1) крупні (>0,1 мм) буро-коричневі, темно-коричневі до майже чорних нерівномірно окрашені не прозорі кристали, переважно пампушкоподібної, зрідка псевдопризматичної форми та їх уламки. Форма зерен сильно заокруглена, ускладнена виступами та заглибленнями; 2) дрібні (<0,071) світло-коричневі, коричнево-жовті переважно прозорі пампушкоподібні, дископодібні та ізометричні, часто озалізовані (напівпрозорі) зерна. Озалізовання в переважній більшості не рівномірне, найчастіше кірочками гідроокислів заліза покритими є окремі ділянки поверхні кристалів.

В полірованих зрізах виявляється деяка не-

однорідність внутрішньої будови кристалів монациту (рис. 3), що виражена в незакономірному (хаотичному) розподілі забарвлення, наявністю тріщин (рис. 3 е, f, g, h, j, k) та пізнішими доростаннями дещо світлішим монацитом (рис. 3 а-d, f). На наш погляд це доростання обумовлено накладанням реоморфічних процесів, що досить чітко синхронізується з гранулобластезом та сплюсненням кристалів кварцу, гранулобластезом плагіоклазу, мірмекітзацією польових шпатів та деформацією лусок біотиту (рис. 1).

Час інтрузії граніту визначали спочатку за чотирма мультизерновими наважками світло-коричневих та коричнево-жовтих прозорих кристалів та двома наважками буро-коричневих до чорних не прозорих кристалів. Як видно із таблиці 1 (фракції 1-6) отримані значення віку за різними відношеннями, у тому числі за відношенням <sup>207</sup>Rb/<sup>206</sup>Rb, значимо розрізняються. При цьому за розрахованими значеннями віку за від-

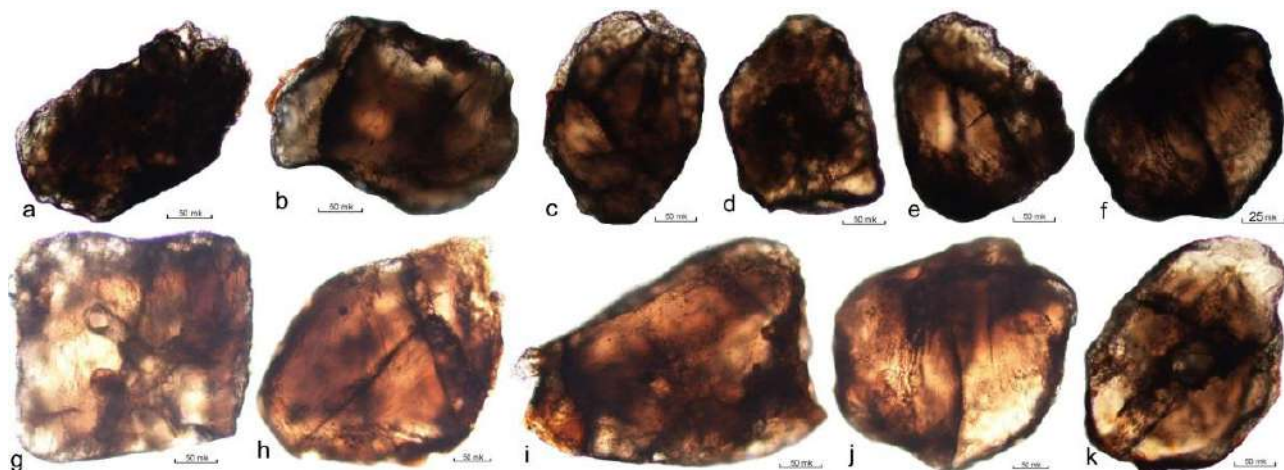


Рис.3. Мікрофотографії полірованих зрізів кристалів монациту із граніту, проба ПА-2-4, Старокримський кар'єр. Поляризаційний мікроскоп, на просвіт, за одного ніколя /  
Fig. 3. Photomicrographs of polished sections of monazite crystals from granite, sample PA-2-4, Old Crimea quarry. Polarizing microscope, on the lumen, in one nikol

Таблиця 1 / Table 1

Вміст урану, свинцю та ізоотопний склад свинцю в монацитах із аплітоїдного граніту, проба Па-2-4, Старокримський кар'єр /  
Content of uranium, lead and isotopic composition of lead in monazites from aplitoid granite, sample Pa-2-4, Old Crimea quarry

Фракція мінералу	Вміст (ppm)		Ізоотопні відношення					Вік, млн. років			D (%)
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_r}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_r}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_r}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_r}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_r}{^{206}\text{Pb}_r}$	
1	2558	5194	1568	7,7730	0,19393	0,36885	6,1164	2024	1993	1960,2	-3,3
2	2690	5793	970	7,4677	0,17971	0,36471	6,0486	2004	1983	1960,4	-2,2
3	2376	5109	2074	7,9580	0,17263	0,35553	5,8502	1961	1954	1946,4	-0,7
4	2351	4863	1980	7,8616	0,18354	0,35980	5,9823	1981	1973	1965,0	-0,8
5	2585	5540	1526	7,6764	0,18228	0,36963	6,2006	2028	2005	1980,8	-2,4
6	2517	6409	1160	7,4918	0,14826	0,36747	6,1880	2017	2003	1987,6	-1,5
7	2810	7097	1055	7,4890	0,14286	0,35260	5,8837	1947	1959	1971,3	1,2
8	2654	6513	1760	7,7555	0,15295	0,36559	6,1244	2009	1994	1978,3	-1,5
9	2595	6303	1230	7,5603	0,15136	0,35725	5,9880	1969	1974	1979,3	0,5
10	2623	6617	936	7,3812	0,15122	0,36913	6,1772	2025	2001	1976,5	-2,5

*Примітка.* Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 1980 млн. років. 1-4 – світло-коричневі, коричнювато-жовті зерна, прозорі. 1 - <0,04, 2 - 0,040-0,063, 3 - 0,063-0,071, 4 - >0,071 мм. 5-6 – темно-коричневі до чорних, не прозорі зерна (>0,1), розсіяні за розміром скочуванням по нахиленій площині. 6-10 - темно-коричневі до чорних, не прозорі зерна (>0,1), розсіяні за розміром скочуванням по нахиленій площині

*Note.* The correction for ordinary lead is introduced according to Stacey and Kramers for an age of 1980 million years. 1-4 – light brown, brownish-yellow grains, transparent. 1 - <0.04, 2 - 0.040-0.063, 3 - 0.063-0.071, 4 - >0.071 mm. 5-6 – dark brown to black, non-transparent grains (>0.1), scattered by size by rolling on an inclined plane. 6-10 - dark brown to black, non-transparent grains (>0.1), scattered by size by rolling on an inclined plane

ношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , більш темні не прозорі кристали є давнішими (табл.1, фракції 1-4 та 5 і 6, відповідно), як і за мінералогічними спостереженнями (див. рис. 3 a-d, f). Не піддаються інтерпретації отримані результати і в рамках моделі Аренса-Везеріла. Тому на другому етапі додатково датували ще чотири наважки розмірних фракцій буровато-коричневих та темно-корич-

невих до чорних, не прозорих кристалів. Розмірні фракції отримали скочуванням по нахиленій площині. Результати датування наведено в таблиці 1 (фракції 6-10).

Вік, для давніших більш темних не прозорих кристалів монациту (фракції 5-10), розраховали в рамках моделі Аренса-Везеріла. За верхнім перетином конкордії дискордією отримано вік

1974±18 млн. років, та 659±719 млн. років, за нижнім, СКЗВ=8,8. Враховуючи незначну дискордантність (від +1.2 до -2.5, табл. 1) розраховали середнє зважене значення віку, за ізотопним відношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  – 1978,8±6 млн. років, СКЗВ=3,3. Вік монациту цих же мультизернових наважок (фракції 5-10), розраховали в координатах  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  -  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , рівняння лінії регресії має вигляд  $y = 0,12163x + 13,06233$ , за  $R^2 = 0,99989$ . За нахилом лінії регресії отримано вік 1980±26 млн. років, що в межах похибки повністю співпадає з ізотопними датами, розрахованими за допомогою діаграм з конкордією (метод Аренса-Везеріла).

Вік прояву процесу динамометаморфізму, що супроводжувався реоморфізмом, визначали

за світло-коричневими і коричнево-жовтими прозорими кристалами (табл. 1, фракції 1-4). Вік, за верхнім перетином конкордії лінією регресії, розрахованої за даними наведеними в табл. 1 (фракція 1-4), складає 1959±18 млн. років (рис. 4). Вік монациту цих же мультизернових наважок (фракції 1-4), розраховали в координатах  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  -  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , рівняння лінії регресії має вигляд  $y = 0,11934x + 14,34893R^2 = 0,99971$ . За нахилом лінії регресії отримано вік 1947±93 млн. років.

Враховуючи велику вірогідність наявності більш ранньої генерації монациту в молодшій групі (див. рис. 4), отримане значення ізотопного віку (1947±93 млн. років), як і найменше значення, розраховане, за ізотопним відношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  - 1946,4 млн. років (табл. 1, фракція 3)

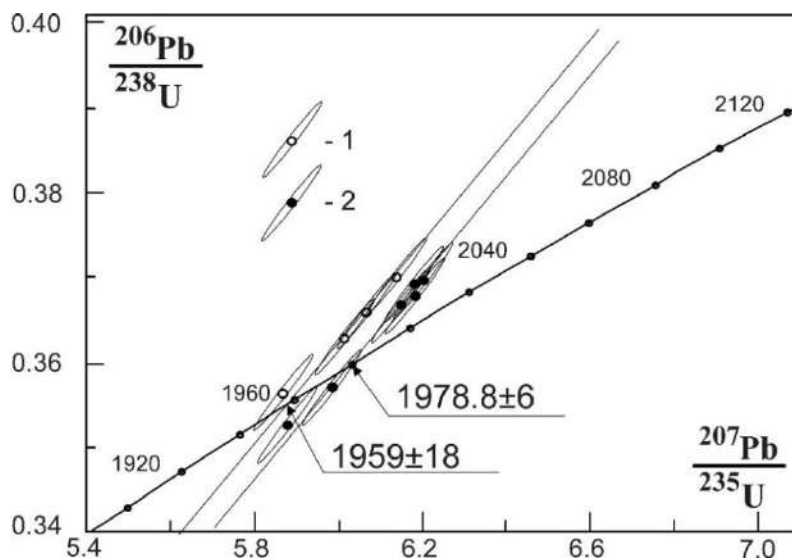


Рис. 4. Уран-свинцева діаграма з конкордією для мультизернових наважок монациту із аплітоїдного граніту, проба ПА-2-4, Старокримський кар'єр. 1 – фігуративні точки мультизернових наважок світло-коричневих і коричнево-жовтих прозорих кристалів (фракції 1-4, табл.1); 2 – теж, темно-коричневих до чорних, не прозорих кристалів (фракції 5-10, табл. 1) /

Fig. 4. Uranium-lead concordia diagram for multigrain monazite measurements from aplite granite, sample PA-2-4, Old Crimea quarry. 1 – figurative points of multigrain measurements of light-brown and brown-yellow transparent crystals (fractions 1-4, Table 1); 2 - also, dark brown to black, non-transparent crystals (fractions 5-10, Table 1)

є мінімально можливим часом кристалізації світло-коричневих і коричнево-жовтих прозорих кристалів (прояву процесу діафорезу).

**Висновки.** 1. Аплітоїдний граніт, що досліджувався, складає січне тіло по відношенню до вмісних метаморфічних порід центральноприазовської серії, виповнює тріщини в кристалічних сланцях та гнейсах. Швидше за все, його утворення пов'язане з процесами регіонального метаморфізму, що супроводжувався динамометаморфізмом в режимі розтягнення, анатексисом та

палінгенезом. На більш пізніх етапах тектогенезу граніти піддавалися інтенсивному динамометаморфізму в режимі стиснення-зсуву з локальними явищами реоморфізму.

2. За нашими уявленнями гранітна магма на ділянці, що розкрита кар'єром, розташованим поблизу с. Старий Крим, сформувалася та проникла в метаморфічну товщу 1979±6 млн. років тому. Прояв реоморфних процесів в цих гранітах, зафіксований петрографічними дослідженнями, проявився не раніше 1945 млн. років тому.

#### Список використаної літератури

1. Артеменко Г.В. Етапи раннепротерозойського колізійного гранітоїдного магматизма і метаморфізму на Приазовском и Среднеприднепровском мегаблоках Украинского щита / Г.В. Артеменко, И.А. Самборская, И.А. Швайка, К.И. Гоголев, Т.И. Довбуш // *Мінерал. журн.* 2018. 40, № 2. – С. 45-62. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.045>

2. Бартницкий Е.Н. ИГМР-1 – Международный стандарт циркона для уран-свинцовых изотопных исследований / Е.Н. Бартницкий, Е.В. Бибилова, В.М. Верхогляд, Г.В. Легкова., В.М. Скобелев, Г.Я. Терез // *Геохимия и рудообразование*, 1995, вып. 21. – С.164-167.
3. Висоцький О.Б. U-Pb геохронологія за цирконом дрібнозернистих гранітів осницького комплексу (Волинський мегаблок УЩ) / О.Б. Висоцький, Л.М. Степанюк, Т.І. Довбуш, Н.О. Коваленко // *Геохімія та рудоутворення*. 2020, вип. 41.- С. 83-86.
4. Довбуш Т.І. Методичні рекомендації з уран-свинцевого, рубідій-стронцієвого та самарій-неодимового ізотопного датування геологічних об'єктів при ГРП" Методичні рекомендації / Т.І. Довбуш, В.М. Скобелев, Л.М. Степанюк // - Київ.: УкрДГРІ, 2008. – 77с.
5. Довбуш Т.І. Уран-свинцева за монацитом геохронологія гранітів, поширених в середній течії р. Рось (Росинсько-Тікицький мегаблок УЩ) / Т.І. Довбуш, Л.М. Степанюк, О.В. Зюльцле, Т.Б. Яськевич // *Геохімія та рудоутворення*. 2021. Вип.42. - С.89-93
6. Єсипчук К.Ю. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (пояснювальна записка) / К.Ю. Єсипчук, О.Б. Бобров, Л.М. Степанюк, М.П. Щербак, Є.Б. Глеваський, В.М. Скобелев, А.С. Дранник, М.В. Гейченко // - Київ, УкрДГРІ, - 2004. – 29 с.
7. Зюльцле О.В. Радіогеохронологія порід зчленування Дністровсько-Бузького та Росинсько-Тікицького мегаблоків. Стаття 1. Геохронологія породних комплексів Росинсько-Тікицького мегаблоку / О.В. Зюльцле, Л.М. Степанюк, В.В. Зюльцле, Т.І. Довбуш, С.І. Курило // *Мінерал. журн.* 2016. 38. №1. – С. 84-93.
8. Зюльцле О.В. Радіогеохронологія порід зчленування Дністровсько-Бузького та Росинсько-Тікицького мегаблоків. Стаття 2. Геохронологія породних комплексів Дністровсько-Бузького мегаблоку / О.В. Зюльцле, Л.М. Степанюк, В.В. Зюльцле, Т.І. Довбуш, С.І. Курило // *Мінерал. журн.* 2016. 41. №4. – С.45-53.
9. Степанюк Л.М. Нові дані про радіологічний вік гранітоїдів Добропільського масиву (Західне Приазов'я, Український щит). Стаття 3. Результати радіологічного датування / Степанюк Л.М., Бобров О.Б., Шпильчак В.О., Стефанишин О.Б., Сергєєв С.А., Лепехіна О.М. // *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. №2, 2007. –С.83-89.
10. Степанюк Л.М. Фінальний етап гранітоїдного магматизму в Дністровсько-Бузькому мегаблоці Українського щита / Л.М. Степанюк, Т.І. Довбуш, С.І. Курило, І.М. Лісна // *Геохімія та рудоутворення*. 2016. Вип.36. – С. 72-81.
11. Степанюк Л.М. Геохімія двопольовошпатових гранітоїдів Середнього Придніпров'я / Л.М. Степанюк, С.І. Курило. – Київ. Наук. думка, 2019. – 207 с.
12. Степанюк Л.М. Уран-свинцевий вік гранітів Кіровоградського масиву (Інгульський мегаблок Українського щита) // Л.М. Степанюк, Н.М. Коновал, Т.І. Довбуш, О.В. Ковтун, О.Б. Висоцький // *Мінерал. журн.* 2021. 43, № 4. С. 56-62. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.000>
13. Степанюк Л.М. Циркон та монацит як геохронометри / Л.М.Степанюк, Т.І.Довбуш, О.Б.Висоцький, І.М. Лісна, О.В. Білан // *Мінерал. журн.* 2022. 44, №1. -С.41-55. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.01.041>
14. Степанюк Л.М. Уран-свинцева геохронологія за титанітом, переваги та обмеження / Л.М. Степанюк, Т.І. Довбуш, О.Б. Висоцький, В.М. Бельський, О.В. Зюльцле, Т.Б. Яськевич, І.М. Котвіцька // *Мінерал. журн.* 2022. 44, № 3. С. 83-98. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.03.83>
15. Степанюк Л.М. Геохронологія гранітоїдів Добропільського масиву Приазов'я (Український щит) / Л.М. Степанюк, О.Б. Бобров, Т.Б. Яськевич, В.О. Шпильчак // *Мінерал. журн.* 2022. 44, № 4. – С. 94-101. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.04.094>
16. Степанюк Л.М. Анатомія циркону з асоціації порід Острівського кар'єру (Росинсько-Тікицький мегаблок Українського щита) / Л.М. Степанюк, Т.Б. Яськевич, І.М. Котвіцька // *Мінерал. журн.* 2023. 45, № 1. С. 41—49. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.01.041>
17. Степанюк Л.М. Новоукраїнський масив: джерело родоначальних магм і час формування / Л.М. Степанюк, О.В. Ковтун, О.Б. Висоцький, Т.І. Довбуш, В.В.Гулько // *Мінерал. журн.* 2023. 45, № 3. С. 60—69. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.03.060>
18. Шумлянський Л.В. Уран-свинцева за цирконом та монацитом геохронологія гранітоїдів житомирського та шереметівського комплексів, Північно-Західний район Українського щита / Л.В. Шумлянський, Л.М. Степанюк, С. Клаессон, К.В. Руденко, А.Ю. Беккер // *Мінерал. журнал.* 2018. 40, №2. - С.63-85. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.063>
19. Щербак Н.П. Геохронологія крупних геологічних подій в Приазовському блоці УЩ / Н.П. Щербак, В.Н. Загнитко, Г.В. Артеменко, Е.Н. Бартницкий. // *Геохимия и рудообразование*, 1995. Вып.21. - С. 112-129.
20. Щербак М.П. Геохронологія раннього докембрія Українського щита архей / М.П. Щербак, Г.В. Артеменко, І.М. Лесная, О.Н. Пономаренко // - Киев, «Наук. думка», 2005. – 243 с.
21. Щербак М.П. Геохронологія раннього докембрія Українського щита. Протерозой. М.П.Щербак, Г.В. Артеменко, І.М. Лесная, О.Н. Пономаренко, Л.В. Шумлянський. – Киев: Наук. думка, 2008. – 240 с.
22. Artemenko G.V. The U-Pb age and Lu-Hf isotope systematics of zircons from the Huliaipole metavolcanics, the Azov domain of the Ukrainian shield: evidence for the Paleoarchean-Hadean crust / G.V.Artemenko, L.V.Shumlyanskyu, S.A. Wilde., M.J. Whitehouse, A.Yu. Bekker // *Геологічний журнал*, 2021, № 1. – С. 3-16. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.1.2169899>
23. Krough T.E. A law contamination method for hedrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination / T.E. Krough // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1973. – 37, №3. – P.485-494.

24. Ludwig K.R. *Pb Dat for MS-DOS, version 1.06* / K.R. Ludwig // *U.S. Geol. Survey Open-File Rept. 1989. № 88 – 542. – P.40.*
25. Ludwig K.R. *ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0* / K.R. Ludwig // *U.S. Geol. Survey Open-File Rept. 1990. № 88 – 557. – P.38.*

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Geochronology by monazite veins of granite of the old Crimea quarry (Azov Region, Ukrainian Shield)

*Leonid Stepanyuk*<sup>1</sup>

DSc (Geology), Professor, Corresponding member of the National Academy of Science of Ukraine, Deputy Director of

<sup>1</sup> M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine;

*Vasyl Zagnitko*<sup>2</sup>

DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Institute of Geology,

<sup>2</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine;

*Hennadiy Pavlov*<sup>1</sup>

PhD (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Senior Researcher;

*Tatyana Dovbush*<sup>1</sup>

Researcher

### ABSTRACT

**The purpose.** The aplitoid biotite granites with traces of rheomorphic transformations lying among gneisses and crystalline schists of the Central-Priazovska series of the Ukrainian shield, as well as the anatomy of accessory crystals of zircon and monazite from these granites, were researched.

**Method.** The time of granite intrusion was determined by the uranium-lead isotope dating method based on multi-grain measurements of accessory monazite. The anatomy of zircon crystals was studied in artificial slices by optical microscopy methods.

**The results.** The age of monazites was determined by multigrain weighing based on the <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb isotopic ratio. The interest in these granites is related to the fact that they form a vein that breaks through the gneisses and crystalline slates of the Central-Priazovska series, discovered by the Oldcrimean granite quarry. The structure of the granite is heterogeneous, with grain sizes ranging from 0.1 to 3.5 mm. Based on the ratio between mineral grains and their shapes, the structure is identified as allotriomorphic and flattened. The configuration of the grains and their relationships indicate the coexistence of relict primary magmatic structure with dynamoblastic and brittle-plastic features caused by rheomorphism. These elements include granuloblastic phenomena and the flattening of quartz crystals; granuloblastesis of primary plagioclase grains; myrmekitization of early and crystallization of newly formed feldspars; microclinization of relict orthoclase and crystallization of newly formed microcline, and deformation of biotite flakes. Currently, the granites consist of (in %) acidic plagioclase - 30, microcline + orthoclase - 25, quartz - 45, chloritized dark mica - 1-5. Secondary transformations include biotite chloritization, as well as sericitization and pellitization of newly formed plagioclase. Accessory minerals are represented by zircon, monazite, apatite, possibly magnetite, and rutile, which forms during the replacement of biotite by chlorite. Weathering minerals include clay minerals, iron hydroxides, and carbonates. The anatomy of accessory zircon and monazite crystals has been studied. According to mineralogical research, zircon crystals have a complex structure. Zircon in synpetrogenic granites grows on heterogeneous cores of relict zircon, usually in the form of thin shells. A small number of crystals without cores are also present, consisting exclusively of fine-zonal zircon shells. The monazite is represented by two varieties: large (>0.1 mm) brownish-brown, dark brown to nearly black unevenly colored opaque crystals and small light brown, brown-yellow transparent crystals.

**Scientific novelty and Conclusions.** The age of the granite was determined using the uranium-lead isotope method on multi-grain samples of dark opaque monazite crystals. The weighted average age, based on the <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb isotope ratio, is 1978.8 ± 6 million years. The age obtained from multi-grain samples of light brown and brown-yellow transparent crystals is 1959 ± 18 million years and theoretically represents the minimum timing of rheomorphism processes.

**Keywords:** zircon, monazite, granite, uranium-lead isotope method, Central Priazovian series, Ukrainian Shield.

### References

1. Artemenko G.V., Samborskaya I.A., Shvaika I.A., Gogolev K.I., Dovbush T.I. (2018) Stages of Early Proterozoic collisional granitoid magmatism and metamorphism on the Azov and Middle Dnieper megablocks of the Ukrainian shield. *Mineral. Journal*, 40, 2, 45-62. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.045>
2. Bartnitsky E.N., Bibikova E.V., Verkhoglyad V.M., Legkova G.V., Skobelev V.M., Terets G.Ya. (1995) IGMR-1 – International zircon standard for uranium-lead isotope studies. *Geochemistry and ore formation*, 21, 164-167.

3. Vysotsky O.B., Stepanyuk L.M., Dovbush T.I., Kovalenko N.O. (2020) U-Pb zircon geochronology of fine-grained granites of the Osnytsky complex (Volyn megablock of the Ush). *Geochemistry and ore formation*, 41, 83-86 [in Ukrainian].
4. Dovbush T.I., Skobelev V.M., Stepanyuk L.M. (2008) Methodological recommendations for uranium-lead, rubidium-strontium and samarium-neodymium isotopic dating of geological objects at the GRR" Methodological recommendations. Kyiv.: UkrDGRI, 77 [in Ukrainian].
5. Dovbush T.I., Stepanyuk L.M., Zylzle O.V., Yaskovich T.B. (2021) Uranium-lead by monazite geochronology of granites distributed in the middle course of the Ros River (Rosynsko-Tikitskyi megablock of the USh). *Geochemistry and ore formation*, 42, 89-93[in Ukrainian].
6. Yesipchuk K.Yu., Bobrov O.B., Stepanyuk L.M., Shcherbak M.P., Hlevaskyi E.B., Skobelev V.M., Drannyk A.S., Geichenko M.V. (2004) Correlative chronostratigraphic scheme of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield (explanatory note). Kyiv, UkrDGRI, 29 [in Ukrainian].
7. Zylzle O.V., Stepanyuk L.M., Zylzle V.V., Dovbush T.I., Kurylo S.I. (2016.) Radiogeochronology of rocks of the articulation zone of the Dniester-Buzka and Rosyna-Tikitka megablocks. Article 1. Geochronology of rock complexes of the Rosyna-Tikitsky megablock. *Mineral. Journal*, 38, 1, 84-93 [in Ukrainian].
8. Zylzle O.V., Stepanyuk L.M., Zylzle V.V., Dovbush T.I., Kurylo S.I. (2016) Radiogeochronology of rocks of the articulation zone of the Dniester-Buzka and Rosyna-Tikitka megablocks. Article 2. Geochronology of rock complexes of the Dniester-Buz megablock. *Mineral. Journal*, 41, 4, 45-53 [in Ukrainian].
9. Stepanyuk L.M., Bobrov O.B., Shpylchak V.O., Stefanyshyn O.B., Sergeyev S.A., Lepekhina O.M. (2007) New data on the radiological age of granitoids of the Dobropil massif (Western Azov region, Ukrainian shield). Article 3. Results of radiological dating. *Collection of scientific works of UkrDGRI*, 2, 83-89 [in Ukrainian].
10. Stepanyuk L.M., Dovbush T.I., Kurylo S.I., Lisna I.M. (2016) The final stage of granitoid magmatism in the Dniester-Buzka megablock of the Ukrainian Shield. *Geochemistry and ore formation*, 36, 72-81 [in Ukrainian].
11. Stepanyuk L.M., Kurylo S.I. (2019) Geochemistry of difeldspar granitoids of the Middle Dnieper. Kyiv, Naukova dumka, 207 [in Ukrainian].
12. Stepanyuk L.M., Konoval N.M., Dovbush T.I., Kovtun O.V., Vysotskyi O.B. (2021) Uranium-lead age of granites of the Kirovohrad Massif (Ingul Megablock of the Ukrainian Shield). *Mineral. Journal*, 43, 4, 56-62 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.000>
13. Stepanyuk L.M., Dovbush T.I., Vysotskyi O.B., Lisna I.M., Bilan O.V. Zircon and monazite as geochronometers. *Mineral. Journal*, 2022, 44, 1, 41-55 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.01.041>
14. Stepanyuk L.M., Dovbush T.I., Vysotskyi O.B., Belskyi V.M., Zylzle O.V., Yaskovich T.B., Kotvitska I.M. (2022) Uranium-lead geochronology by titanite, advantages and limitations. *Mineral. Journal*, 44, 3, 83-98 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.03.83>
15. Stepanyuk L.M., Bobrov O.B., Yaskovich T.B., Shpylchak V.O. (2022) Geochronology of granitoids of the Dobropil massif of the Azov region (Ukrainian shield). *Mineral. Journal*, 44, 4, 94-101 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.04.094>
16. Stepanyuk L.M., Yaskovich T.B., Kotvitska, I.M. (2023) Zircon anatomy from the rock association of the Ostrivskyi quarry (Rosynsko-Tikitskyi megablock of the Ukrainian Shield). *Mineral. Journal*, 45, 1, 41-49 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.01.041>
17. Stepanyuk L.M., Kovtun O.V., Vysotskyi O.B., Dovbush T.I., Gulko V.V. (2023) The Novoukrainian massif: the source of parent magmas and the time of formation. *Mineral. Journal*, 45, 3, 60-69 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.03.060>
18. Shumlyanskyi L.V., Stepanyuk L.M., Claesson S., Rudenko K.V., Becker A.Yu. (2018) Uranium-lead by zircon and monazite geochronology of granitoids of the Zhytomyr and Sheremetyevo complexes, North-Western region of the Ukrainian shield. *Mineral. Journal*, 40, 2, 63-85 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.063>
19. Shcherbak N.P., Zagnitko V.N., Artemenko G.V., Bartmytskyi E.N. (1995) Geochronology of major geological events in the Priazov block of the Ush. *Geochemistry and ore formation*, 21, 112-129.
20. Shcherbak M.P., Artemenko G.V., Lesnaya I.M., Ponomarenko O.N. (2005) Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Archaean Shield. Kyiv, Nauk. Dumka, 243.
21. Shcherbak M.P., Artemenko G.V., Lesnaya I.M., Ponomarenko O.M., Shumlyansky L.V. (2008) Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. *Proterozoic*. Kyiv: Nauk. Dumka, 24.
22. Artemenko G.V., Shumlyansky L.V., Wilde S.A., Whitehouse M.J., Bekker A.Yu. (2021) The U-Pb age and Lu-Hf isotope systematics of zircon from the Huliaipole metavolcanics, the Azov domain of the Ukrainian shield: evidence for the Paleoarchean-Hadean crust. *Geol. journal*, 1, 3-16. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.1.2169899>
23. Krough T.E. (1973) A law contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, 3, 485-494.
24. Ludwig K.R. (1989) Pb Dat for MS-DOS, version 1.06. U.S. Geol. Survey Open-File Rept, 88 (542), 40.
25. Ludwig K.R. (1990) ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0. U.S. Geol. Survey Open-File Rept, 88, (557), 38.

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 12 February 2024

Accepted 21 March 2024



## Тектонічні та геохімічні критерії еволюції органічної речовини Кросненської зони Карпат в контексті нафтогазоносності

Юрій Хоха<sup>1</sup>

д. геол. н., пров. наук. співробітник,

<sup>1</sup> Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна,

e-mail: [khoha\\_yury@ukr.net](mailto:khoha_yury@ukr.net),  <https://orcid.org/0000-0002-8997-9766>;

Володимир Шлапінський<sup>1</sup>

к. геол. н., ст. наук. співробітник,

e-mail: [vlash.ukr@gmail.com](mailto:vlash.ukr@gmail.com),  <https://orcid.org/0009-0009-0403-8421>;

Олеся Савчак<sup>1</sup>

к. геол. н., пров. наук. співробітник,

e-mail: [savchakolesya@gmail.com](mailto:savchakolesya@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0003-1491-7613>

В статті приведений аналіз геологічних та тектонічних чинників, які впливали на формування родовищ Кросненської зони Зовнішніх Карпат. Авторами розглянута низка питань, які стосуються положень стратиграфії і тектоніки цієї зони. Наведена історія вивчення геологічної будови 7 родовищ, які знаходяться на території Польщі та України в межах розглянутого та прилеглих регіонів: Боринського (свердловина 1, 2), Гринявського, Хаців-Лопушанського, Побук, Санок, Страхоціна та Грабовниці. Загалом у розрахунок увійшло 13 вимірювання складу газових сумішей. Діапазон глибин для розглянутих проб знаходиться в межах 875-5077 м, що дозволило нам робити висновки про зміни геохімічних коефіцієнтів з глибиною. Аналіз історії еволюції органічної речовини проводився методом геохімічних коефіцієнтів і термодинамічним моделюванням за методами констант незалежних хімічних реакцій та максимізацією ентропії. За результатами аналізу встановлено, що тектонічні критерії безпосередньо впливають на термобаричні умови, керують еволюційними процесами деструкції органічної речовини. Нами виявлено, що джерелом газів родовищ Кросненської зони є лише кероген. Натомість, частина родовищ зон, що примикають до Кросненської демонструють відхилення від цієї закономірності і ми припускаємо, що частина газів цих родовищ утворена внаслідок крекінгу нафти. В статті показано, що значення коефіцієнту  $i-C_4/n-C_4$  незначно коливаються для покладів розглянутого регіону. Вочевидь, це свідчить, що еволюція органічної речовини для розглянутих родовищ відбувалась у близьких умовах як за термобаричними умовами, так і за складом материнської речовини. Цей висновок підтверджується результатами обчислень глибин утворення рівноважних газових сумішей як максимізацією ентропії, так і методом констант незалежних хімічних реакцій.

**Ключові слова:** Кросненська зона, Зовнішні Карпати, тектоніка, нафтогазоносність, термодинамічне моделювання, геохімічні коефіцієнти.

**Як цитувати:** Хоха Юрій. Тектонічні та геохімічні критерії еволюції органічної речовини Кросненської зони Карпат в контексті нафтогазоносності / Юрій Хоха, Володимир Шлапінський, Олеся Савчак // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 89-108. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-07>

**In cites:** Khoha Yury, Shlapinsky Volodymyr, Savchak Olesya (2024). Tectonic and geochemical criteria of organic matter evolution of the Carpathians Krosnen zone in the context of oil and gas potential. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 89-108. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-07> [in Ukrainian]

**Вступ, постановка проблеми.** Актуальність і важливість роботи визначаються необхідністю збільшення ресурсної вуглеводневої бази України та відкриття нових родовищ вуглеводнів.

Метою роботи є встановлення геологічних, тектонічних та геохімічних чинників, які впливали на формування вуглеводневих покладів в межах Кросненського покриву Складчастих Карпат, як з погляду формування продуктивних пластів, так і еволюції органічної речовини. Аналіз виокремлених чинників сприятиме виділенню ключових факторів, що є ключовими для оцінки перспектив нафтогазоносності розглянутого регіону.

Завдання роботи полягає в геологічній та геохімічній інтерпретації даних, які отримані в результаті геофізичних (насамперед сейсмічних) досліджень, бурових робіт з вилученням керну

та газів, які досліджувались методами аналітичної хімії (насамперед газовою хроматографією).

Методи досліджень: стратиграфічний, літологічний, структурний, геохімічний, термодинамічне моделювання та метод порівняльного аналізу з використанням даних геологічної будови, випробування свердловин, каротажних матеріалів, результатів сейсмозвідувальних робіт, геохімічних досліджень та власних попередніх досліджень щодо геодинамічних і геохімічних аспектів нафтогазоагромадження Українських Карпат (Доленко, 1990; Карпатська нафтогазоносна провінція, 2004; Павлюк та ін., 2008; Савчак, 2017, 2018, 2018<sup>1</sup>, 2019).

Геологічні чинники формування ймовірних родовищ Кросненської зони вивчені вкрай недостатньо через брак геолого-геофізичних матеріалів. Загальна геологічна будова зони окреслена

результатами геологічної зйомки та матеріалами невеликої кількості структурних і пошукових свердловин. Територія зони Кросно, яка займає площу близько 2,5 тис. км<sup>2</sup>, практично не досліджена сейсморозвідкою. Сьогодні жодна з наукових організацій не займається її вивченням в аспекті прогнозування перспектив нафтогазоносності. Тому аналіз геолого-геофізичних матеріалів щодо геологічної будови та нафтогазоносності території досліджень дозволить простежити взаємозв'язок між особливостями геологічної будови, просторового розміщення покладів вуглеводнів та ознаками нафтогазоносності, дозволить виділити геохімічні та інші критеріїв нафтогазоносності, встановити ймовірні шляхи міграції та акумуляції вуглеводнів Кросненського покрову та сусідніх тектонічних елементів.

Кросненська тектонічна одиниця це другий на поверхні від північно-східного краю покрив Складчастих Українських Карпат. Щодо геологічної будови покрову, то незважаючи на багаторічне вивчення його, залишається багато спірних, дискусійних питань, які стосуються низки положень стратиграфії і тектоніки даної складової одиниці Зовнішніх Карпат.

**Матеріали та методи досліджень.** В роботі розглянуто 7 родовищ, розташованих на території Польщі та України в межах розглянутого та суміжних регіонів: Боринське (свердловини 1, 2), Гринявське, Хащів-Лопушанське, Побукське, Сяноцьке, Страхоцинське та Грабовницьке. Всього в розрахунок було включено 13 вимірювань складу газових сумішей. Діапазон глибин для розглянутих проб знаходиться в межах 875-5077 м, що дозволило зробити висновки про зміну геохімічних коефіцієнтів з глибиною. Методи досліджень – аналіз будови, змін геохімічних коефіцієнтів та методи термодинамічного моделювання.

**Основні результати досліджень.** В межах Кросненської зони (покрову) здавна були відомі багаточисельні природні прояви нафти і в меншій ступені горючого газу. (Грозева, Лімна, Вовче, Лопушанка, Опорець, Погар, Яворів та ін.). Це дуже важливий показник для оцінки перспектив нафтогазоносності даного регіону, адже прояви вуглеводнів на денній поверхні є прямою пошуковою ознакою наявності їх в надрах. Дійсно, незаперечним фактом є те, що майже всі родовища нафти і газу в Карпатському регіоні, були відкриті в австрійську і польську доби в результаті свідомих пошуків саме в місцях з природними проявами нафти і газу (Слобода Рунгурська, Рипне, Борислав, Східниця, Чарна та ін.). З врахуванням цього критерію і інші ділянки Карпат багаті на виходи нафти і бітумів, в тому числі Кросненський покрив, також залучали до вельми перспективних. Така позитивна оцінка

цієї тектонічної одиниці ґрунтувалась ще й на присутності в її границях низки родовищ нафти, хоча й невеликих, таких як Грозева, Погар і Ясиня. До того ж на території Польщі на продовженні Кросненської зони видобували нафту з більш як 40 родовищ, в тому числі, розташованих в безпосередній близькості від українсько-польської границі (Райське, Чарна, Поляна, Ліп'є та ін.). Тому, починаючи з 40-х років ХХ ст., на ряді площ у Кросненському покрові було проведено глибоке й структурно-пошукове буріння. Результати цих робіт виявились невтішними, бо не були відкриті промислові поклади нафти, за винятком одного випадку. (свр. 7- Лопушанка-Хащів).

У геологічній будові Кросненського покрову беруть участь осадові породи крейдового, палеогенового і неогенового віку. У напрямку з ПнСх на ПдЗх в їх літолого-фаціальній характеристиці відбуваються такі суттєві зміни, що це стало причиною виділення в покрові двох окремих покривних одиниць – Турківського і Бітлянського субпокровів (рис. 1). Поступові взаємопереходи спостерігаються також і вздовж простягання обох субпокровів. За типом всього розрізу Турківський субпокрив не відрізняється від південних скиб, а розріз Бітлянського більше тяжіє до дуклянського типу.

Основною причиною невдач було те, що свердловини закладались не в оптимальних умовах, бо геологи, що проводили геологічну зйомку, через невміння стратифікувати олігоцені відклади, виділяли велику кількість неіснуючих антиклінальних складок. Тому розбурювання їх і не дало позитивних результатів (площі: Хащів-Ломна-Лопушанка, Ломна, Турка, Бітля, Опорець та Погар). Тільки пізніше, в зв'язку з використанням у практиці геологічної зйомки маркірующего горизонту смугастих вапняків (з 60-х років), проявилася лусково-насувна будова Кросненської зони.

Кросненська тектонічна одиниця це другий на поверхні від північно-східного краю покрив Складчастих Українських Карпат. Простежується від польсько-українського до українсько-румунського кордону на відстань близько 200 км. З північного сходу він насунутий на Скибовий покрив, а з південного заходу обмежений Дуклянсько-Чорногорським, а в басейнах Чорної і Білої Тиси також Буркутським покривами. Ширина його в північно-західній частині 25-38 км, центральній – 18-25, південно-східній від 20 км до майже повного перекриття (рис. 1). У статті розглянуто дані щодо геологічної будови та складу вуглеводневих і постійних газів 8 родовищ, які знаходяться на території Польщі та України в межах розглянутого регіону (таблиця 1).

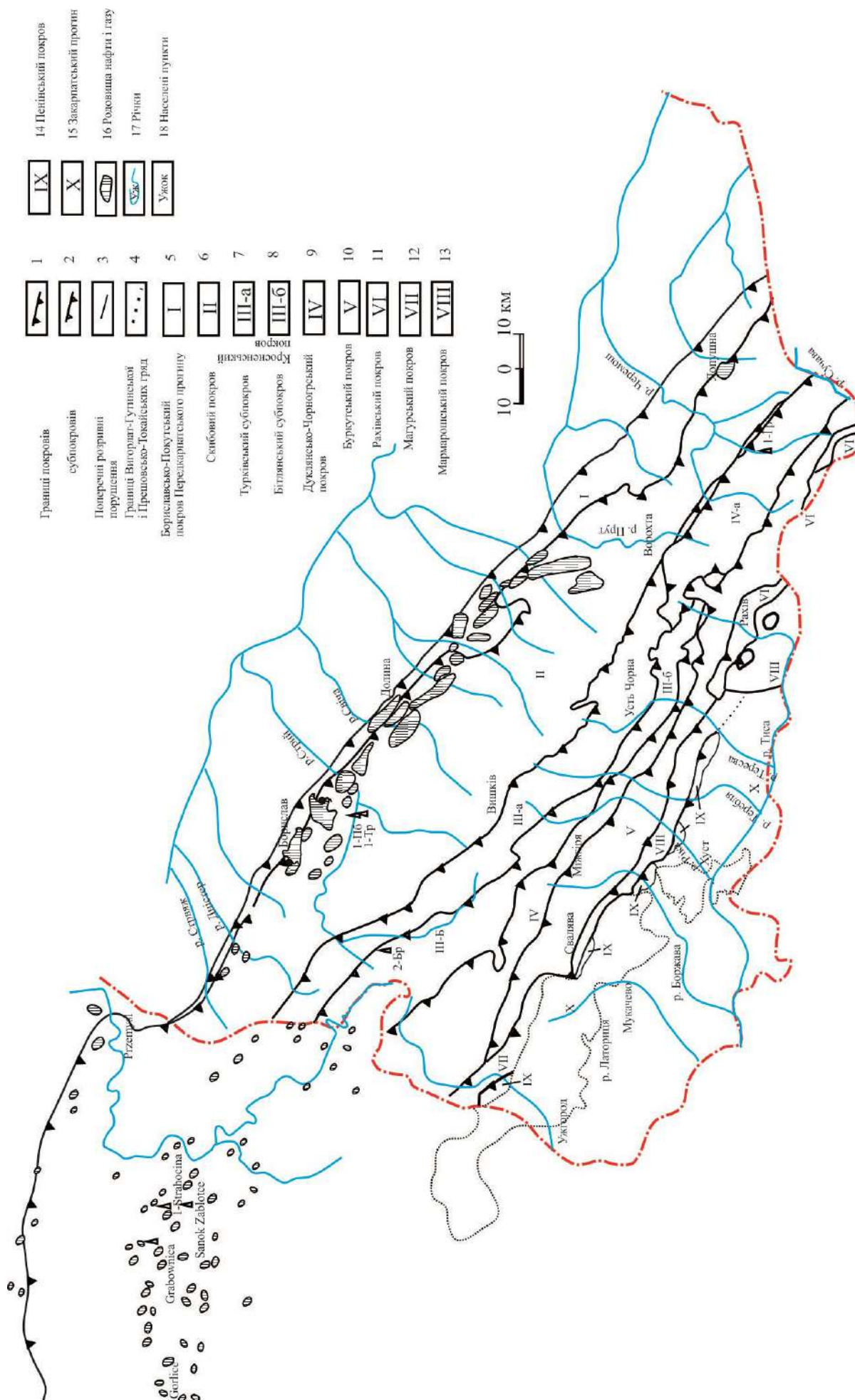


Рис. 1. Оглядова тектонічна схема Українських Карпат та прилеглої території Польщі (склав В. Шлапінський)  
 Fig. 1. Overview tectonic scheme of the Ukrainian Carpathians and the adjacent territory of Poland (compiled by V. Shlapirsky)

Таблиця 1 / Table 1

Властивості вільних газів із родовищ та газопроявів у Карпатській нафтогазоносній області /  
Properties of free gases from deposits and gas manifestations in the Carpathian oil and gas region

Родовище, площа, свердловина	Вік від- кладів	Інтервал, глибина, м	Відносна густина газу, безрозм.	Склад газу, % об'ємні										Потен- ційний вміст C <sub>5+</sub> , г/м <sup>3</sup>
				CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>		C <sub>3</sub> H <sub>12</sub> +в	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	He	
							i	n						
Боринське, свердловина 1	P <sub>3</sub>	4872	0,6673	82,20	7,93	3,40	0,40	0,59	0,29	4,86	0,31	-	-	-
	P <sub>3</sub>	4995-5160*	0,6533	87,65	7,95	2,15	0,32	0,35	0,52	0,26	0,80	-	-	28,6
	P <sub>3</sub>	4755-4886	0,6249	89,73	6,83	2,11	0,31	-	-	-	-	-	-	-
	P <sub>3</sub>	4614-4680*	0,6460	88,13	7,51	2,00	0,30	0,34	0,58	0,33	0,82	-	-	25,8
	P <sub>3</sub>	4150-4348	0,6577	85,50	8,59	0,88	0,53	-	0,14	0,80	0,83	-	0,099	-
	P <sub>3</sub>	4000-4135	0,7056	82,35	9,32	3,28	0,75	-	0,85	0,80	0,59	-	0,001	-
Гринявське, св. 1	P <sub>3</sub>	3445-3485	0,6696	85,74	7,90	2,81	0,44	-	0,25	0,14	1,89	-	0,003	-
	P <sub>3</sub>	4481-4602*	0,5858	95,25	1,11	0,34	0,09	0,11	0,11	2,39	0,61	-	-	4,4
Хашів- Лопушанське	P <sub>3</sub>	1007-1051	0,5938	95,00	1,76	1,04	Σ C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> +в – 0,75		0,90	0,51	-	-	-	-
	K <sub>2</sub>	2640-2670	0,5993	94,6	Σ C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> +в – 2,98		-	-	2,2	0,25	-	-	-	-
Побук-1	K <sub>2</sub>	2605-2626	0,5755	95,6	Σ C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> +в – 0,60		-	-	3,3	0,35	-	0,006	-	-
	P <sub>3</sub>	2435-2465	0,6301	88,19	6,47	3,34	0,97	сліди	0,53	0,50	-	-	-	-
Санок	P <sub>1</sub>	820-930	0,6348	84,97	1,45	0,36	Σ C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> +в – 0,22		-	-	2,60	-	-	-
Страхоціна	P <sub>1</sub>	780-1010	0,6369	83,85	4,21	1,49	Σ C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> +в – 1,35		3,00	0,10	прису- тній	P <sub>1</sub>	780-1010	-
Грабовниця		1000	0,5803	92,0	1,7	0,03	-	-	-	-	5,6	-	-	-

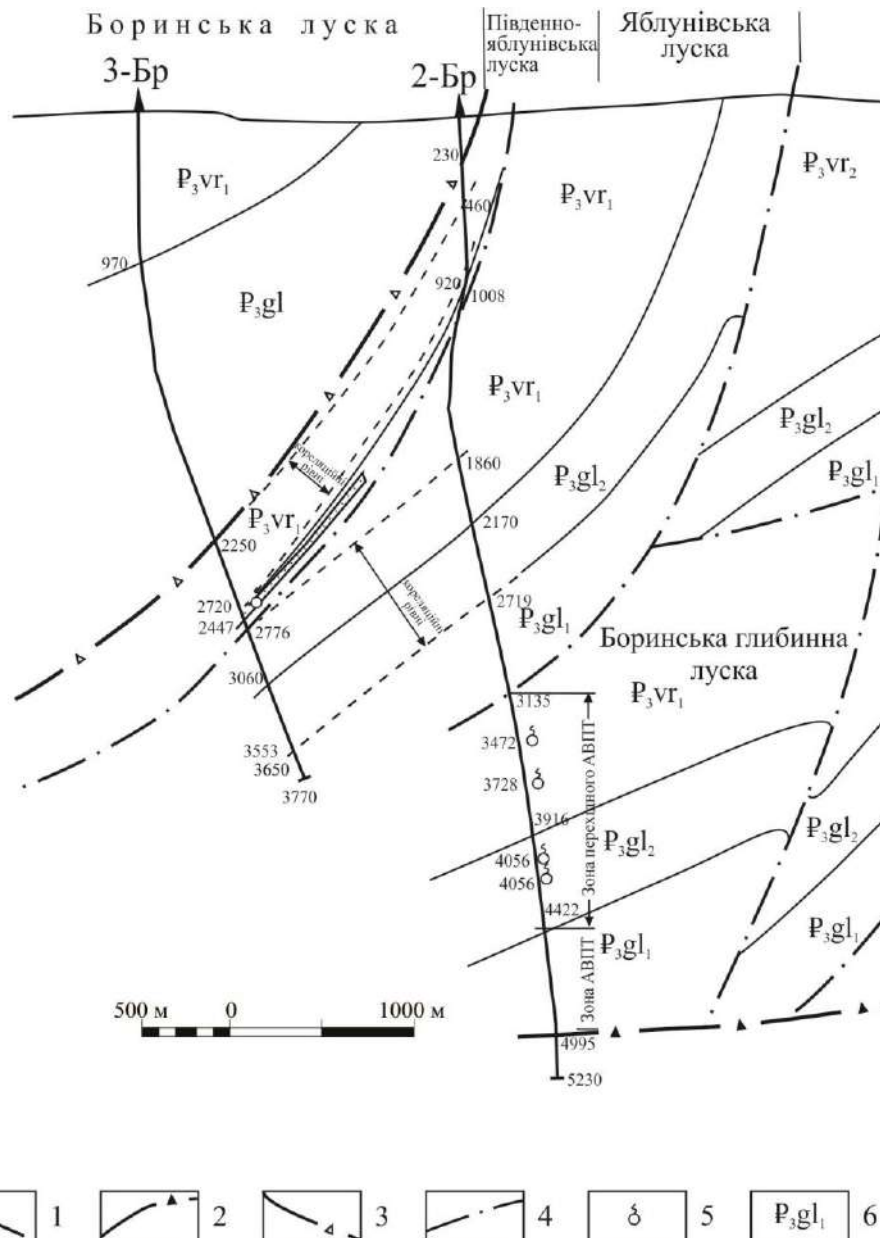


Рис. 2. Геологічний розріз через Боринську площу по лінії свердловин 3-Бр – 2-Бр. (склав В. Шлапінський). 1 – свердловини; насуви: 2 – Бітлянського субпокриву, 4 – лусок; 5 – газопрояви, 6 – олігоцен: P<sub>3</sub>vr<sub>1</sub> – нижньоверховинська підсвіта з горизонтом смугастих вапняків, P<sub>3</sub>vr<sub>2</sub> – середньоверховинська підсвіта, P<sub>3</sub>gl – головецька світа нерозчленована, P<sub>3</sub>gl<sub>1</sub> – нижньоголовецька підсвіта, P<sub>3</sub>gl<sub>2</sub> – верхньоголовецька підсвіта /

Fig. 2. Geological section through the Borynska square along the line of wells 3-Bp – 2-Bp. (compiled by V. Shlapinsky). 1 – wells; thrusts: 2 – Bitlyan sub-cover, 4 – scales; 5 – gas manifestations, 6 – oligocene: P<sub>3</sub>vr<sub>1</sub> – lower Verkhovyna subsoil with a horizon of striated limestones, P<sub>3</sub>vr<sub>2</sub> – middle Verhovyn subsoil, P<sub>3</sub>gl – undissected Holovetsian subsoil, P<sub>3</sub>gl<sub>1</sub> – lower Holovetsian subsoil, P<sub>3</sub>gl<sub>2</sub> – upper Holovetsian subsoil

За результатами сейсмічних досліджень у Кросненському покриві була виділена параавтохтонна структура – Боринська глибинна складка (рис. 2). Для уточнення її будови і визначення інших важливих показників була пробурена параметрична свердловина 1-Бориня. При досягненні глибини 4878 м, в головецьких відкладах олігоцену був розкритий продуктивний горизонт з аномально високим пластовим тиском. Внаслідок аварійного фонтанування, продовжувати бу-

ріння було неможливо. У листопаді 1976 р. поблизу (100м) свердловини 1-Бориня була забурана свердловина 2-Бориня (проектна глибина 5200 м, проектний горизонт палеоцен), яка в інтервалі 3135–4995 м розкрила олігоцен Боринської глибинної складки, а нижче (4995–5230 м) і піднасувний елемент. Промислово-геофізичними методами було виділено 10 об'єктів в олігоценових відкладах Боринської складки і піднасуву. При випробуванні першого об'єкту, був отрима-

ний короткотривалий приплив горючого газу дебітом 400 тис. м<sup>3</sup>/добу. В інших 9 об'єктах припливи газу коливались від 700 м<sup>3</sup>/добу до 7 тис. м<sup>3</sup>/добу. При подальшому випробуванні, дебїти зменшилися до нуля. Колекторські властивості нижньоворховинських і головецьких пісковиків у цих об'єктах відзначаються низькими ємнісними характеристиками (коефіцієнт відкритої пористості найкращих, згідно ГДС 7–10%). Внаслідок значних репресій на пласти (за наявності зон атмосферно-високих тисків існувала небезпека аварійного викиду і фонтанування, через це доводилось обважнювати глинистий розчин баритом і гематитом) колекторські властивості в наслідок закольматованості, ще погіршилися.

Причини зменшення до нуля припливів газу з незакольматованих ділянок пластів полягають, на думку багатьох геологів, в надмірних депресіях на пласти. Вони можуть викликати змикання тріщин і ізолювати газонасичені пласти від свердловини.

Між тим, з колекторів з погіршеними фізичними властивостями цілком можливо отримати стабільні промислові припливи газу. Такі малопроникні ущільнені колектори містять, переважно, малорухомий розсіяний газ, рух якого в пластових умовах в значній мірі підпорядкований не закону Дарсі, а силам міжмолекулярної взаємодії з їхньою матрицею. Це особливо проявляється у випадку звужених капілярів. При розкритті таких некондиційних колекторів свердловинами відбувається або повільний приплив розсіяного газу з дебїтами, що не перевищують 0,5–2,0 тис. м<sup>3</sup>/добу тривалістю до 10 років, або інтенсивний приплив у декілька сотень тисяч кубічних метрів за добу (від декількох годин до 2–3 місяців), як це мало місце у свердловинах 1- і 2-Бориня. Ресурси газу у таких колекторах можуть бути величезними. Щоправда, видобуток газу в таких умовах потребує додаткових витрат, пов'язаних з необхідністю буріння великої кількості свердловин і впливу на привибійну зону у зв'язку з низькою матричною проникністю  $10^{-18}$ – $10^{-22}$  м<sup>2</sup>. Дебїти свердловин звичайно низькі. Другою причиною низьких дебїтів є помилковий вибір об'єктів випробування в свердловинах у зв'язку з погіршеностями в інтерпретації ГДС, які зростають при зниженні пористості колекторів, а також неефективного розкриття свердловинами і випробування продуктивних інтервалів.

У теригенних породах тріщинна ємність обумовлена тріщинами міжгранулярної пористості добре проникних пісковиків з кращими колекторськими властивостями. Останні працюють як крупні тріщини-канали. При депресії 3–5 МПа тріщини і колектори з кращими властивостями працюють узгоджено і відбувається прип-

лив з пор низько-проникної матриці; зі збільшенням перепаду тисків підток припиняється і колектор працює як однорідно-тріщинний. Вірогідно, коли приплив з тріщин колекторів з кращими властивостями припиняється внаслідок обмеженого об'єму, де вони розповсюдженні, дебїт суттєво зменшується або припиняється. Отже, для отримання стабільного припливу, слід не перевищувати депресії в 5 МПа.

Гринявська структура (рис. 3). У 1986 р. геологами УкрНДГРІ Р. Т. Трушкевичем та Я. В. Совчиком було виконано проект, на буріння параметричної свердловини 1-Гринява, проектною глибиною 5500 м, проектний горизонт верхня крейда (стрийська світа) в 6,5 км від краю Чорногорського покриву. Доцільність її буріння вони обґрунтували низькою сприятливих факторів, а саме похилим характером Чорногорської зони, насунтої на Сілезький (Кросненський) покрив під кутом 30° біля денної поверхні), і відносно невеликою глибиною залягання палеоценових і еоценових відкладів параавтохтону; наявністю в дофлішовій основі регіональних розломів; існуванням під відносно тонким алохтоном двох ліній параавтохтонних складок загальною шириною 6–8 км; наявністю задовільних колекторів у палеоцен–середньоеоценових пісковиках даних складок та надійних покривель (глинисті пачки даних складок і Чорногорський покрив як додатковий екран); численними нафтогазопроявами у відкладах Скибового та Сілезького (Кросненського) покривів, межуючих з Чорногорською одиницею, в тому числі в свердловинах 32 і 33 пл. Жаб'є.

Ці висновки підсилювалися також матеріалами сейсмозв'язки. На жаль, сейсмичний профіль був відпрацьований по долині р. Пробійни, що в 5 км на північний-захід від Білого Черемошу (Гринявський перетин), а тому автори проекту не змогли використати ці матеріали повною мірою.

Похила симетрична Побукська антикліналь Орівської скиби віддавна привертала увагу нафтовиків (рис. 4). Ще у 1923–26 рр. В її склепінні польськими підприємцями була пробурена свердловина Валей. З глибини 945 м отримали приплив нафти дебітом 5,5 бареля за 50 годин, а з інтервалу 1186–1224 м приплив газу (близько 50 тис/м<sup>3</sup>/добу). У 1955–56 рр. на площі Побук проводили структурно-пошукове буріння (дані за фондовими матеріалами Бикбулатов, Геологічний отчет о результатах структурно-поискового и картировочного бурения на площади Труханов Дрогобычской области УССР в 1955–1965 г.г., трест “Львовнефтегазразведка”, 1965). У дев'яти структурно-пошукових свердловинах під час буріння були виявлені ознаки нафти. У св. № 7 (212-

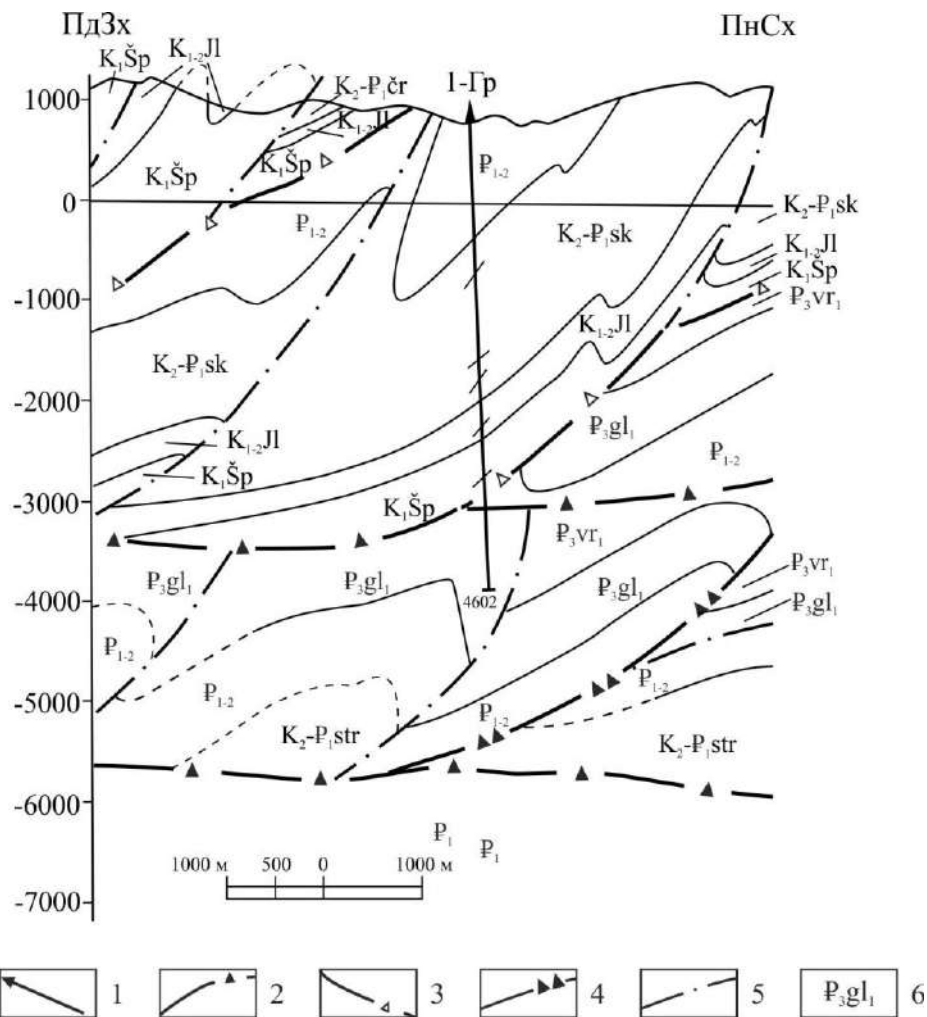


Рис. 3. Геологічний розріз через свердловину 1-Гринява (склали В. Кузовенко, В. Шлапінський).

1 – свердловина, насуви: 2 – Дуклянсько-Чорногорського покриву покриву (Скупівського субпокриву), 3 – Говерлянського субпокриву, 4 – Кросненського покриву, 5 – лусок; 6 – олігоцен: P<sub>3vr3</sub> – верхньоверховинська підсвіта, P<sub>3vr2</sub> – середньоверховинська підсвіта, P<sub>3vr1</sub> – нижньоверховинська підсвіта, P<sub>3gl</sub> – головецька світа, P<sub>1-2</sub> – палеоцен-еоценові відклади, K<sub>2-P1str</sub> – Стрийська світа, K<sub>2-P1čr</sub> – Чорногорська світа, K<sub>2-P1sk</sub> – Скупівська світа, K<sub>1-2jl</sub> – Яловецька світа, K<sub>1Šp</sub> – Шипотська світа /

Fig. 3. Geological section through the 1-Grinya well (compiled by V. Kuzovenko, V. Shlapinskiy).

1 – well, thrusts: 2 – Dukla-Chornogorsky cover (Skupiv sub-cover), 3 - Hoverlyan sub-cover, 4 – Krosne cover, 5 – scale; 6 – oligocene: P<sub>3vr3</sub> – upper Verhovina subsoil, P<sub>3vr2</sub> – middle Verhovina subsoil, P<sub>3vr1</sub> – lower Verhovina subsoil, P<sub>3gl</sub> – Holovetsky subsoil, P<sub>1-2</sub> – Paleocene-Eocene sediments, K<sub>2-P1čr</sub> – Stryi subsoil, K<sub>2-P1čr</sub> – Chornogorsk subsoil, K<sub>2-P1sk</sub> – Skupivsk subsoil, K<sub>1-2jl</sub> – Yalovetsk subsoil, K<sub>1Šp</sub> – Shipotsk subsoil

214 м), № 8 (217-219 м), № 9 (226-280 м), №10 (167,3-169,9 м) зустрінуті прошарки пісковиків, насичених нафтою. В свердловинах № 5, 11, 12, 17, 18 був піднятий керн з запахом нафти. У свердловині № 18 газопрояви у вигляді бульбашок на глинистому розчині спостерігались на глибині 257м. Ознаки нафтоносності переважно помічені у відкладах олігоцену, зрідка – палеоцену, еоцену, і стрийської світи верхньої крейди-палеоцену. Буріння параметричної свердловини 1-Сколе розпочалось в березні 1962 р. і тривало три роки (березень 1965 р.). В процесі буріння свердловини спостерігались сильні газопрояви. У зв'язку з цим на Побукській антиклиналі було запроєктовано буріння ще чотирьох глибоких пошуково-

розвідувальних свердловин глибинами 3000-4500 м. Перша з них (1-Побук), забурена у вересні 1964, закінчена бурінням в червні 1965 р., пробурена у безпосередній близькості від свердловини 1-Сколе, з метою випробування розкритих у ній газоносних пластів (дані за фондовими матеріалами Костюк и др., Окончателный отчет о результатах параметрического и разведочного бурения на площади Побук в Скибовой зоне Карпат, Стрийская КРБ треста “Львовнефтегазразведка”, 1969). У свердловині 1-Сколе в інтервалі 2560-2660 м газокаротажною станцією були зафіксовані підвищені вмісти вуглеводневих газів в глинистому розчині. За даними електрокаротажа виділені 6 газоносних пластів в інтер-

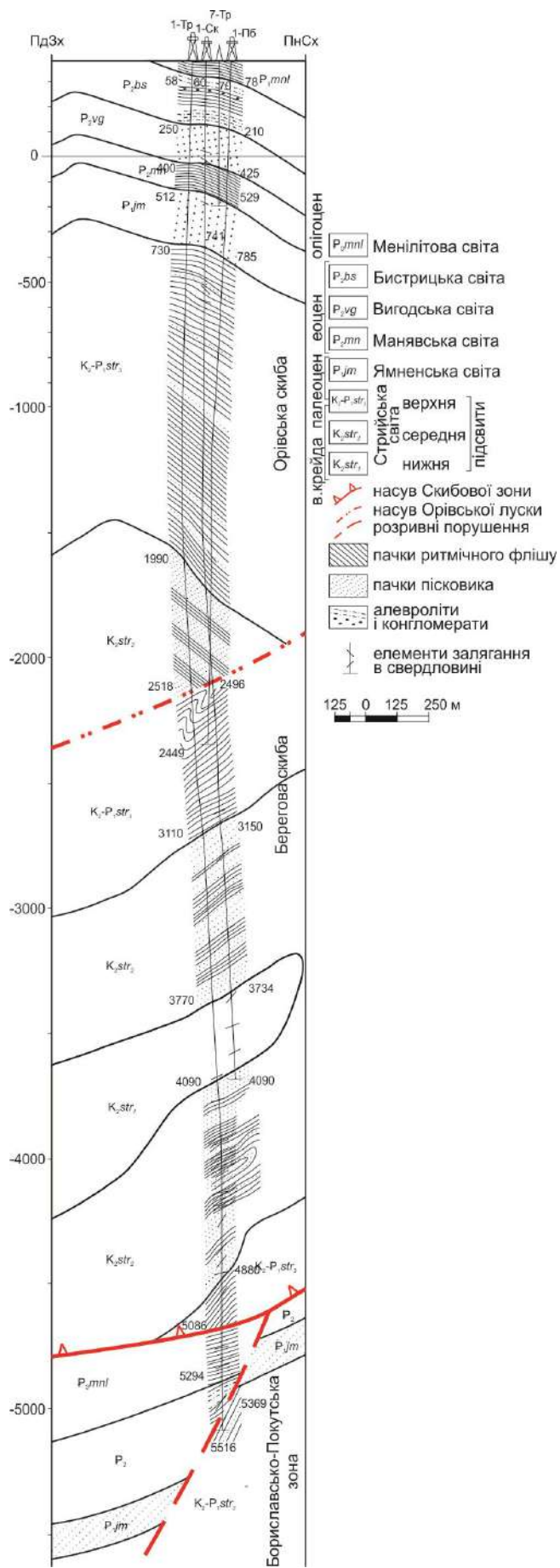


Рис. 4. Геологічний перетин по лінії свердловин 1-Труханів–1-Побук (склав В. Кузовенко) /  
 Fig. 4. Geological section along the line of wells 1-Trukhaniv–1-Pobuk (compiled by V. Kuzovenko)



валі 2520-2670 м в стрийській світі верхньої крейди, котрі були випробовані в свердловині 1-Побук і дали слабкі припливи газу і води. В інтервалі 4000-3887 м (1-Сколе) отримали приплив води з розчиненим газом

Параметрична свердловина 1-Труханів була забурена 26 травня 198, а закінчена бурінням 5 січня 1990 р. В процесі буріння нафтогазопрояви не спостерігались. Було зроблено висновок про неперспективність відкладів, які складають Побукську складку, зокрема, відкладів стрийської світи (дані за фондовими матеріалами Кузовенко,

Геологические результаты бурения параметрической скважины 1-Трухановская в Скибовой зоне Украинских Карпат, проведенных в Львовской области УССР В 1987-1990 г.г., 1990), навіть тих що не виходять на денну поверхню. Причина – відсутність якісних колекторів, які могли забезпечити промислові припливи нафти і газу.

Родовище нафти Грабовниця відкрито в 1898 р. Від початку існування родовища загальний видобуток нафти становив 940540 тон (рис. 5). Залишкові запаси оцінюються в 100 тис. т (Kamkowski, 1993).

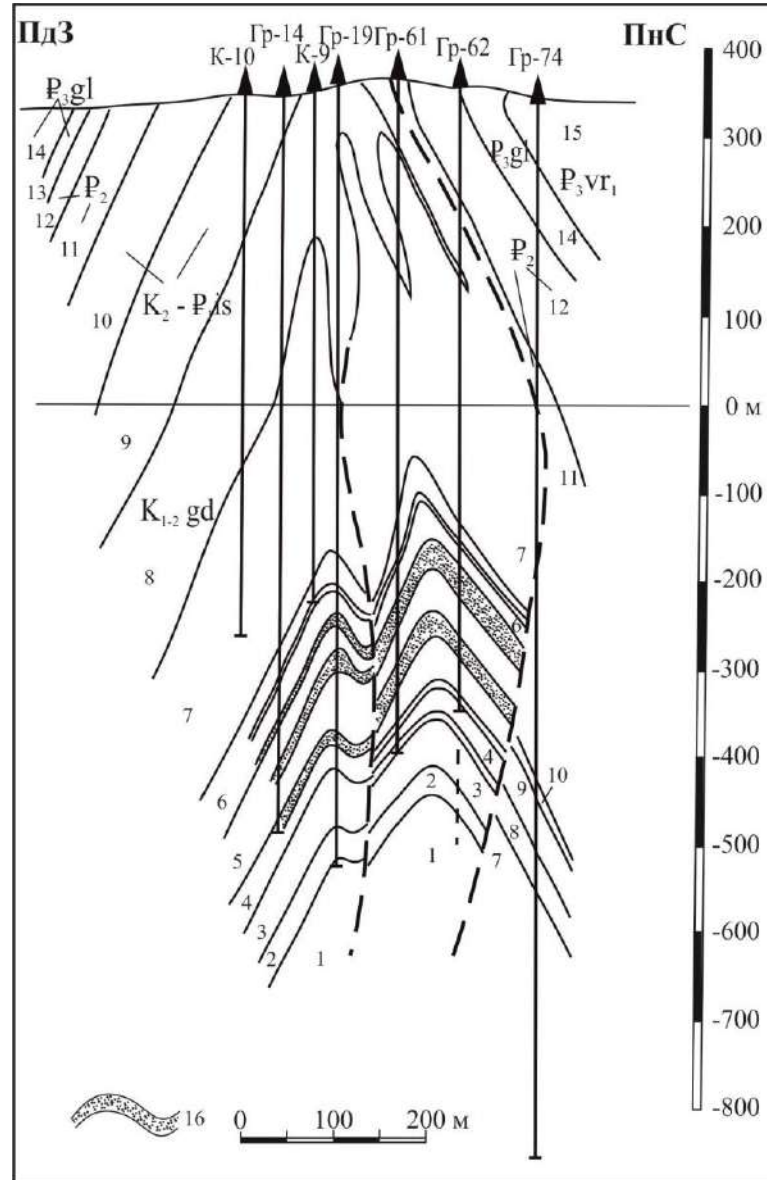


Рис. 5. Родовище нафти Грабовниця (за Й. Дудка, 1973) (Kamkowski, 1993).

Відклади нижньої крейди3: пакки: 1- E, 2 –D, 3 – C, 4 – B, 5 – A; 6 – відклади нижньої крейди 2, 7 – відклади нижньої крейди 1, 8 – відклади нижньої крейди, голульські верстви, 9 – істебнянські пісковики, 10 – істебнянські аргіліти, 11 – строкаті аргіліти, 12 – ценжковицькі пісковики, 13 – нижні кремені, 14 – менілітові аргіліти, 15 – нижньокросненські верстви, 16 – поклади нафти /

Fig. 5. Grabovnica oil field (by J. Dudka, 1973) (Kamkowski, 1993).

Lower Cretaceous deposits: packs: 1- E, 2 – D, 3 – C, 4 – B, 5 – A; 6 – Lower Cretaceous deposits 2, 7 – Lower Cretaceous deposits 1, 8 – Lower Cretaceous deposits, Godul layers, 9 – Istebnyan sandstones, 10 – Istebnyan argillites, 11 – variegated argillites, 12 – Tsenzhkovitsa sandstones, 13 – lower flints, 14 – menilitic argillites, 15 – Lower Krosno layers, 16 – oil deposits

Родовище Грабовніца знаходиться в антиклінальній структурі. Антикліналь є поділена на кілька блоків. Продуктивними є пісковики нижньої крейди. Підтверджено залягання нафти на границі третього горизонту нижньої крейди в елементі заглибленому під насувом головної складки. Головним нафтоносним об'єктом є пісковики п'ятого горизонту нижньої крейди. Пористість пісковиків нижньої крейди становить в середньому 6-12%. Максимальна пористість деяких пластів пісковиків не перевищує 23%. Проникність пісковиків нижньої крейди є різною, від непроникних до тих що мають проникність більше 200 м/Д, в середньому кільканадцять м/Д. Енергетичною системою родовища є газ розчинений в нафті і тиск навколишньої води. Але вода є малоактивною. Початково нафту видобували

самовиливом з дебітом 20-40 т/добу. Звичайно всі відкриті родовища експлуатуються насосним методом (Kamkowski, 1993).

Нафта відноситься до легких, з середнім вмістом парафіну. Її густина 0,77-0,83 г/см<sup>3</sup>. Природний газ з родовища Грабовніца є жирним газом з вмістом (в %): CH<sub>4</sub> – 89%, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> – 1,2%, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 1,72%, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 0,79%, C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> – 0,94%, CO<sub>2</sub> – 0,7%, N<sub>2</sub> – 4,5%. Оточуючі води належать до середньомінералізованих. Це розсоли хлоридно-гідро-карбонатно-натрієвого типу.

Страхоціна – родовище природного газу, в якому продуктивними горизонтами є чарножелькі пісковики, які залягають на глибинах приблизно 750 м (рис. 6). Складка Страхоціна знаходиться на південний схід від Сянок, на продовженні дуже вузької складки Угерець, центральна

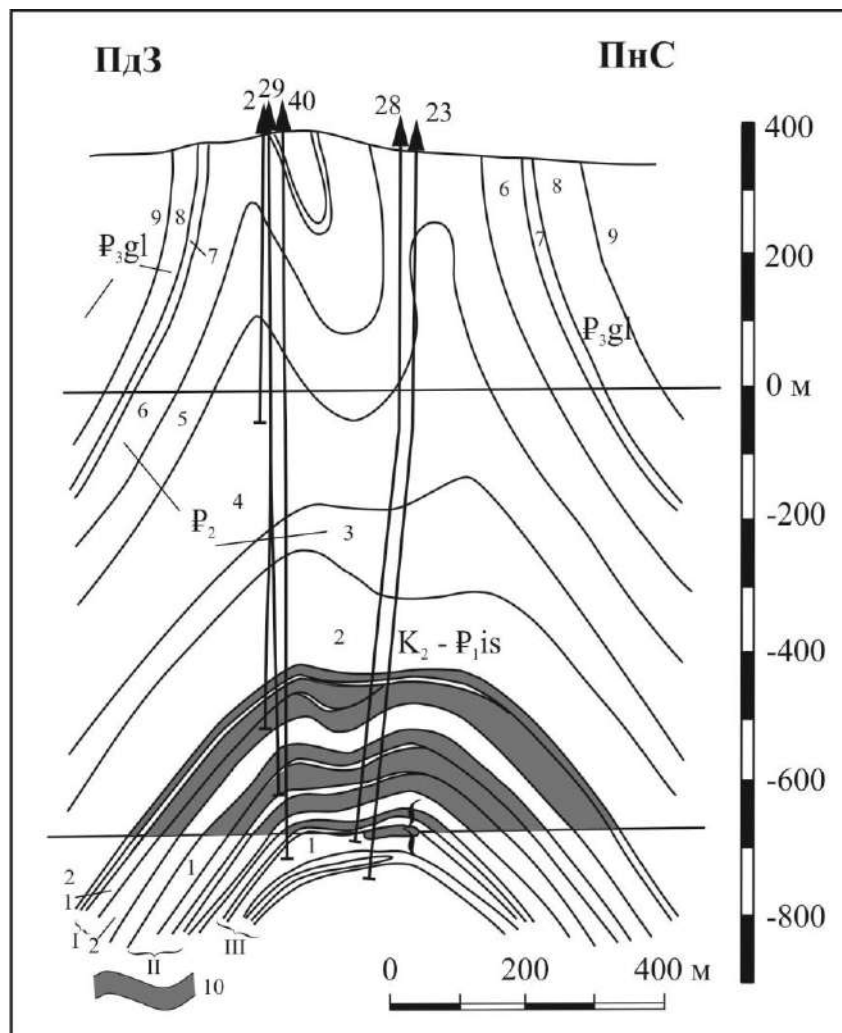


Рис. 6. Родовище природного газу Страхоціна (за К. Читли, 1960) (Kamkowski, 1993).  
 1 – істебнянські пісковики, 2 – істебнянські аргіліти, 3 – II строкаті аргіліти, 4 – II аргіліти зелено-сірі з ієрогліфовими пісковиками, 5 – I строкаті аргіліти, 6 – I лінзи зелено-сірі, 7 – нижньокременевий горизонт, 8 – менілітові сланці, 9 – кросненські верстви, 10 – поклади природного газу, I, II, III – газоносні горизонти в істебнянських пісковиках /

Fig. 6. Strahotsyn natural gas field (by K. Chitly, 1960) (Kamkowski, 1993).  
 1 – Istebnyan sandstones, 2 – Istebnyan argillites, 3 – II variegated argillites, 4 – II green-gray argillites with hieroglyphic sandstones, 5 – I variegated argillites, 6 – I green-gray lenses, 7 – lower siliceous horizon, 8 – menilitic shales, 9 – Krosnen layers, 10 – natural gas deposits, I, II, III – gas-bearing horizons in Istebnyan sandstones

частина якого складається з нижньокросненських відкладів. Крила складки нахилені під кутом 40-70°, сама вона дещо нахилена у північно-східному напрямку. Поблизу Сянок складка розширюється, досягаючи в Сянках ширини 500 м, при цьому крила складки складаються вже з мелітових сланців з нижньокременевим горизонтом. Центральна частина складки містить утворення еоцену (сланці зелено-сірі з ієрогліфовими пісковиками). На цьому відтинку складка є нахилена до південного заходу. В околицях Пакочовки складка опіщанюється, а поблизу свердловини Страхоціна-14 розділяється на дві менші складки зі строкатими верствами еоцену в ядрах складки. Південна складка довжиною 2 км відокремлюється від північної синкліналю, що заповнена мелітовими верствами. Підмелітовий еоцен, як показало буріння, сильно зім'ятий, внаслідок залягання між жорсткими пластами кросненських і чарножецьких пісковиків товщинами до 300 м.

В околицях Страхоціни першу пошукову свердловину заложив канадець Мак Гарвей близько 1895 р. До 1901 р. пробурено 6 свердловин глибиною 200-400 м. В 1901 р. пробурено одну свердловину до глибини 730 м, в якій в утвореннях еоцену отримано сильні прояви горючого газу, нафти та мінералізованих вод.

Видобування природного газу в чарножецьких пісковиках в Страхоціні, розпочато з ініціативи В. Рогалі і Б. Буяльського свердловиною Страхоціна-1, яка в 1938 р. з глибини 788 м дала приплив газу дебітом близько 100 м<sup>3</sup>/хв. (144 тис. м<sup>3</sup>/д). Початковий тиск становив біля 100 атм (Kamkowski, 1993).

В 1952 р. пошуковими свердловинами Страхоціна-20 і Страхоціна-21 підтверджено існування нижчих газоносних горизонтів у чарножецьких пісковиках. Ці горизонти освоєні до 1956 р. Середній потенційний видобуток з окремих све-

рдловин становив 100-500 м<sup>3</sup>/хв. (144-720 тис м<sup>3</sup>/д.). В околицях Страхоціни пробурено 39 свердловин на площі довжиною 2,8 км і шириною 0,6-0,8 км. Родовище було окунтурене і розбурене. Загальні запаси природного газу родовища Страхоціна за С. Дєповського і К. Читли становлять 4410 млн м<sup>3</sup>.

Родовище природного газу Страхоціна локалізоване у двоскеліній структурі антиклінального типу. На родовищі присутні два продуктивних горизонти природного газу в чарножецьких пісковиках. Іноді приймають, що це один горизонт. Родовище має характеристики пластово-масивного покладу (рис. 6).

До 1990 р. з родовища Страхоціна видобуто 4,372 млрд м<sup>3</sup> газу. На даний час родовище не експлуатується, воно призначено для використання як підземне сховище газу.

Для перелічених вище родовищ ми провели аналіз складу газової компоненти геохімічними методами. Для такого аналізу в умовах осадової товщах, наслідком якої є утворення низькомолекулярних вуглеводнів (насамперед природного газу та газоконденсату), різними дослідниками пропонувалась маса критеріїв. Ці критерії мають здебільшого інтегральний характер, з огляду на складну будову та неоднорідність керогену та складність процесів термічної деструкції з урахуванням чинника тиску. Найбільш вагомими та загально визнаними критеріями зводяться в діаграму GASTAR (рис. 7) (Prinzhofer et al., 2000).

Діаграми GASTAR створена внаслідок аналізу низки геохімічних критеріїв (коефіцієнтів), з яких 11 було відібрано для візуальної інтерпретації трьох характеристик еволюції керогену – зрілості (тобто глибини зміни в процесі еволюції), ефективності акумуляції та диференціації внаслідок міграції, яка призводить до зміни початкового складу газів.

Систематичних вимірювань співвідношень

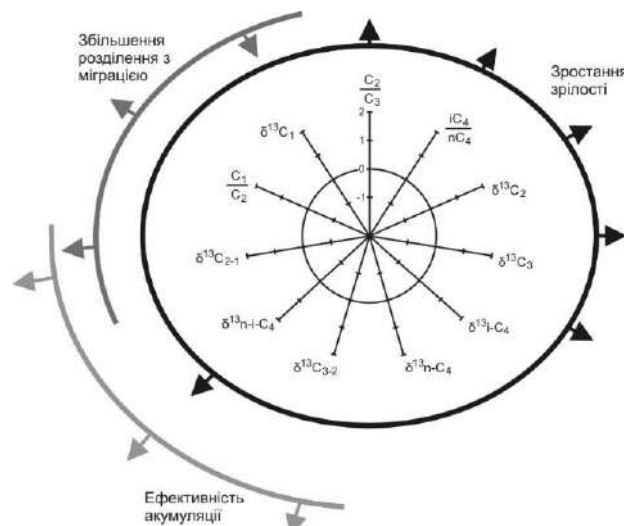


Рис. 7. Діаграма GASTAR / Fig. 7. GASTAR chart

ізотопів вуглецю в індивідуальних вуглеводнів газів родовищ розглянутого регіону ніколи не здійснювалось. Тому в цій публікації ми обмежились лише даними про хімічний склад газів, які систематизовано в достатній кількості для проведення розрахунків. Нами вираховувались такі параметри: відношення ізомерів бутану  $i\text{-C}_4/n\text{-C}_4$ , відношення вмісту метану до етану ( $\text{C}_1/\text{C}_2$ ) та етану до пропану ( $\text{C}_2/\text{C}_3$ ), відношення етану до ізобутану ( $\text{C}_2/i\text{-C}_4$ ), а також сухість газу (відношення метану до суми решти вуглеводневих сполук).

Для обрахунку коефіцієнтів нами було використано дані щодо складу вуглеводневих та постійних газів 8 родовищ, які знаходяться на території Польщі та України в межах розглянутого регіону. Загалом у розрахунок увійшло 13 вимірювання складу газових сумішей. Діапазон глибин для розглянутих проб знаходиться в межах 875-5077 м, що дозволило нам робити висновки про зміни геохімічних коефіцієнтів з глибиною.

Відбирання даних проводилось згідно (Хоха, 2014). Всі дані були приведені до 100 %, виключень не робилось з огляду на невелику вибірку. Всі наявні дані відповідали правилу Ніконо-

ва (Никонов, 1961), згідно якого із збільшенням довжини вуглеводневого ланцюга зменшується частка компоненту у газі природного походження.

Базисом для визначення кількості метану, згенерованого керогеном (відповідно і для оцінки рівня виснаження керогену) є відомості про співвідношення ізомерів бутану, із урахуванням вмісту метану. Використання співвідношення  $i\text{-C}_4/n\text{-C}_4$  газів природного походження як показника теплової зрілості пропонувалося багатьма дослідженнями (Тиссо, Вельте, 1981; Vandembroucke et al., 2007). Експериментами доведено, що існує тенденція одночасного зростання  $R_0$  (відбивної здатності вітриніту) та співвідношення  $i\text{-C}_4/n\text{-C}_4$  із глибиною. Крім того, зауважено, що ці два показники мають сильну позитивну кореляцію. Отже, для газу, який зосереджено в нафтогазоносному регіоні, в якому його склад є виключною функцією термічної зрілості, слід очікувати, що співвідношення  $i\text{-C}_4/n\text{-C}_4$  буде позитивно корелюватись із сухістю природного газу (Wood, Sanie, 2016).

Нами проведена оцінка зміни значення коефіцієнту  $i\text{-C}_4/n\text{-C}_4$  для родовищ розглянутого регіону, її результати показано на рис. 8.

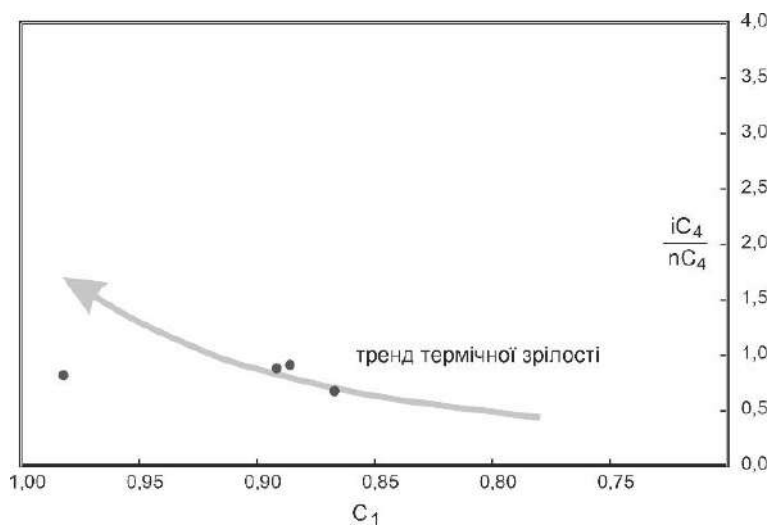


Рис. 8. Залежність коефіцієнту  $i\text{-C}_4/n\text{-C}_4$  від нормалізованого метану /  
Fig. 8. Dependence of the  $i\text{-C}_4/n\text{-C}_4$  ratio on normalized methane

З рис. 8 випливає, що газ практично всіх розглянутих родовищ, для яких наявні відомості щодо вмісту ізомерів бутану, досягли термічної зрілості. Винятком є Гринявське родовище, проба зі св. 1. Зменшення значення відношення  $i\text{-C}_4/n\text{-C}_4$  при значній термічній зрілості, яке зафіксоване для цього родовища, ймовірно демонструє вікно пізнього газоутворення. В цьому випадку склад газу вже мало залежить від типу керогену; ним керує кількість органічної речовини, яка залишилась після проходження нафтового вікна (Gai et al., 2018).

Існує також припущення, що матеріал покла-

ду міг бути збагачений метаном внаслідок його підтікання по зонам розущільнення, які межують з продуктивним пластом.

Оцінку трендів перетворення системи кероген/газ ми здійснили графічним способом (див. рис. 9, 10).

Залежність відношення етан/пропан до етан/ізобутан нечасто використовується в геохімічному аналізі. Однак, ця залежність дає змогу оцінити напрямок еволюції органічного матеріалу: або дозрівання («Перетворення керогену») або біодеградація (Prinzhofer et al., 2000). Встановлення тренду проводиться графічним спосо-

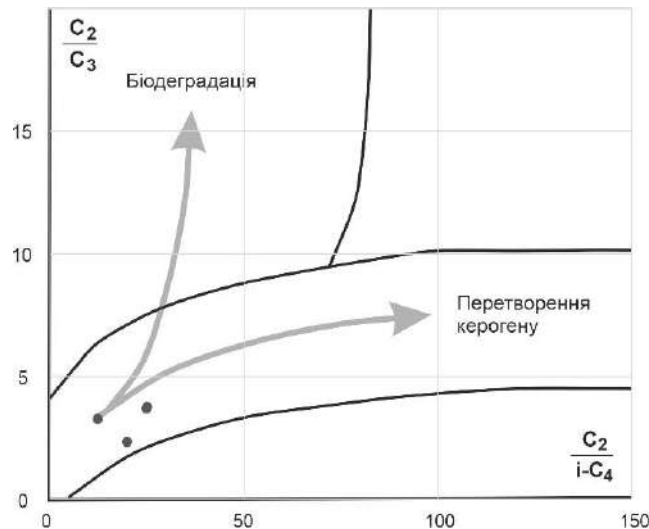


Рис. 9. Тренди перетворення системи газ/кероген / Fig. 9. Trends in gas/kerogen system transformation

бом за діаграмою у безрозмірних одиницях, де на осі ординат відкладено відношення етану до пропану ( $C_2/C_3$ ), а на абсцисі – етану до ізобутану ( $C_2/i-C_4$ ), як показано для розглянутих родовищ на рис. 9.

Експериментально встановлено, що кількість ізобутану, який утворюється в процесі перетворення керогену зростає швидше, ніж пропану за ідентичних умов, що підтверджується. Натомість, в процесі біодеградації пропан та н-бутан швидше деградують до низькомолекуляр-

них гомологів, порівняно з ізобутаном. Аналіз рис. 3 показує, що органічний матеріал родовищ розглянутого регіону розвивався в напрямку перетворень керогену.

Для оцінки джерел утворення вуглеводневих газів нами додатково здійснена графічна оцінка співвідношення двох геохімічних показників – відношення метану до етану ( $C_1/C_2$ ) та етану до пропану ( $C_2/C_3$ ). Для корекції масштабу ці показники виведені у формі десяткових логарифмів.

Діаграма 10 побудована за результатами екс-

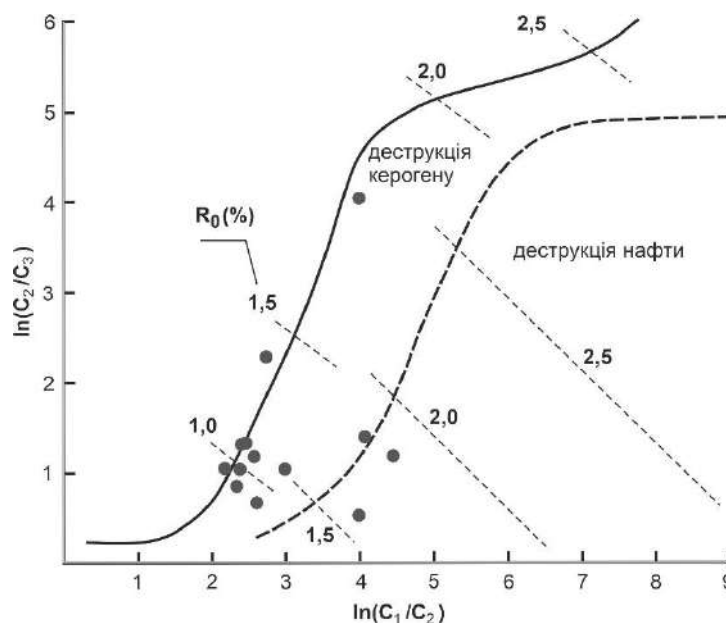


Рис. 10. Джерела утворення органічних газів за співвідношенням метану, етану та пропану / Fig. 10. Sources of organic gases formation according to the ratio of methane, ethane and propane

периментів з піролізу викопного органічного матеріалу, у тому числі різних типів керогену та різних видів нафти. За даними (Beharet et al., 1992; Jian et al., 2017) співвідношення метану, етану та пропану в газоподібних продуктах цього крекінгу утворюють області значень, які вказують на

первинний матеріал.

З рисунку 10 ми робимо висновок, що більша частина газів досліджуваних родовищ утворилась внаслідок деструкції керогену. Однак, є два винятки – це Гринявське та Хащів-Лопушанське родовище. За даними діаграми 10 впливає

що принаймні частина газів цих родовищ утворена внаслідок крекінгу нафти.

Визначення кількості метану  $V_{CH_4}$  (л або  $\text{дм}^3$ ), згенерованого 1 кг керогену (розрахунок проведено для керогену II типу) при виміряному співвідношенні ізомерів бутану, проводилось за формулою:

$$V_{CH_4} = V_m (Ae^{0.5/B} + C) \left( \frac{n_{CH_4}}{\sum n_i} \right);$$

де  $V_m$  – молярний об'єм ідеального газу ( $22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}$ ),  $A$  і  $C$  – безрозмірні коефіцієнти, які дорівнюють 0,1594 та 0,0494 відповідно,  $B$  – безрозмірне відношення об'ємних часток ізобутану до н-бутану,  $n_{CH_4}$  – об'ємна частка метану в газі та  $\sum n_i$  – сума мольних часток всіх компонентів газової суміші, для яких проводилось вимірюван-

ня. Вищенаведена формула дає надійні результати лише в діапазоні відношення ізомерів бутану  $B$  від 0,3 до 3,5. Для розширення діапазону необхідно провести серію експериментів з піролізу керогену та оцінкою складу газової фракції продуктів.

Відповідно, обернена величина показує кількість керогену (в кг), з якого утворився газ, в якому знаходиться 1  $\text{дм}^3$  метану при даному співвідношенні ізомерів бутану. З формули випливає важливість співвідношення ізомерів бутану для обчислення глибини трансформації керогену. Для розглянутих родовищ залежність коефіцієнту відношення вмісту ізобутану до нормального бутану від глибини залягання показана на рис. 11.

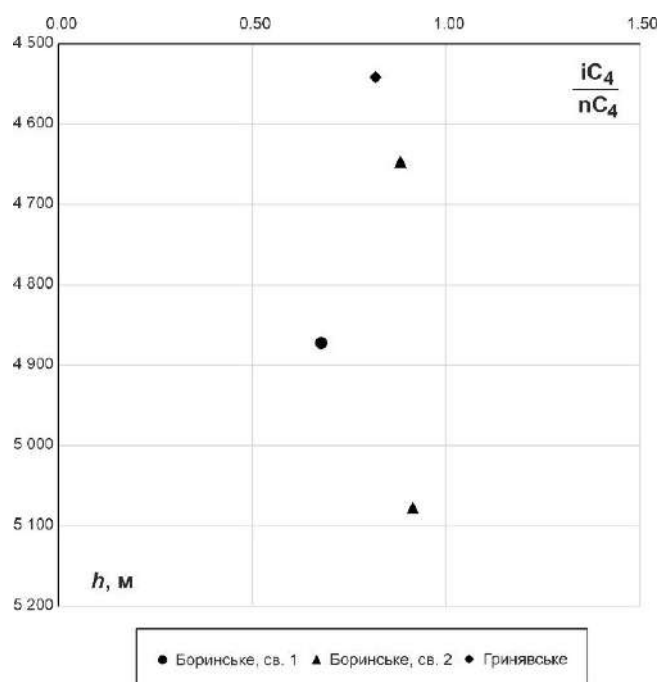


Рис. 11. Залежність коефіцієнту  $iC_4/nC_4$  від глибини / Fig.11. Dependence of the  $iC_4/nC_4$  coefficient on depth

З рисунку 11 випливає, що значення коефіцієнту  $iC_4/nC_4$  незначно коливаються для покладів розглянутого регіону і знаходиться в межах 0,68-0,91. Для порівняння можна сказати, що для всіх родовищ Західного нафтогазоносного регіону цей коефіцієнт знаходиться в межах 0,14–4,00 з найбільшою вибіркою в межах 0,25–2,50.

Значення, які одержані розрахунком за формулою є показником зрілості керогену, під яким ми маємо на увазі глибину перетворень із зменшенням молекулярної маси, зростанням ароматизації та збільшенням вмісту вуглецю у твердій фазі із одночасним утворенням низькомолекулярних вуглеводнів алканового ряду.

Очевидно, що із зростанням кількості метану, який згенеровано керогеном в процесі катагенезу, зменшується кількість водню в його адитивних складових, з огляду на співвідношення

C/H в газах алканового ряду та керогенах. Цей процес ми називаємо катагенетичною дегідрогенізацією керогену (Хоха та ін., 2020). Після проходження «нафтового вікна» та вікна пізнього газоутворення (Тиссо, Вельте, 1981) кероген втрачає більшу частину водню, доступного для утворення вуглеводневих газів, насичується поліконденсованими ароматичними структурами, та втрачає здатність до генерування низькомолекулярних речовин.

На рис. 12 наведена діаграма залежності об'єму згенерованого метану, розрахована за формулою, від глибини залягання покладу.

За результатами порівняння даних з рис. 12 із середніми розрахованими об'ємами газів для керогену Західного нафтогазоносного району (Хоха та ін., 2020), ми зробили висновок, що кероген родовищ регіону не є повністю виснажени-

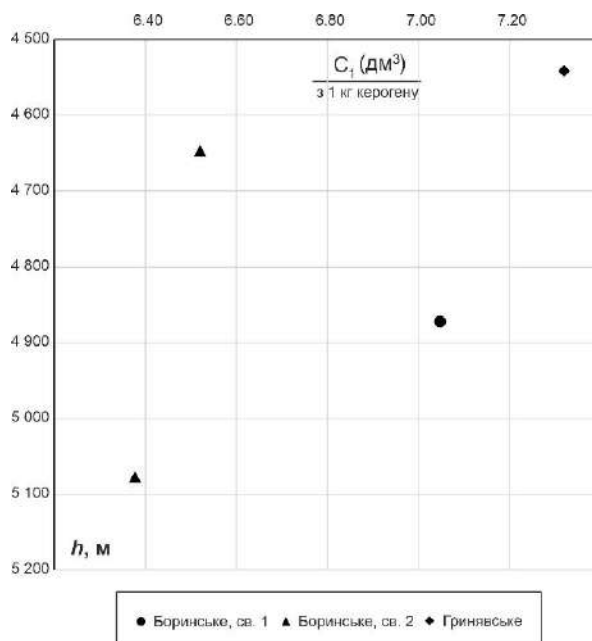


Рис. 12. Залежність об'єму  $V_{CH_4}$ , генерованого керогеном II типу, від глибини / Fig. 12. Dependence of the volume of  $V_{CH_4}$  generated by type II kerogen on depth

ми і зберігає потенціал для наповнення екранованих резервуарів вуглеводневим матеріалом. Згідно обчислень, проведених в роботі (Хоха та ін., 2020) виснаженість керогену відповідає середньому значенню метаногенерації 8,1 дм<sup>3</sup> з 1 кг керогену.

При оцінці енергетичних характеристик газів природного походження важливе значення має сухість газу, яку в цій роботі ми визначали як відношення частки метану до суми інших вуглеводнів. В літературі пропонуються інші варіанти обчислення сухості, наприклад відношення част-

ки метану до суми всіх вуглеводнів з метаном включно.

Сухість газів суттєво коливається, проте спостерігається закономірність, що із зменшенням глибини залягання покладу збільшується діапазон цього коливання та, загалом, збільшується коефіцієнт сухості.

Розрахунок індексу Воббе проведено за ГОСТ 22667-82 розрахунковим методом. Вищі та нижчі показники обчислені для температури 0 °С. Графічно результати цих розрахунків показані на рис. 14.

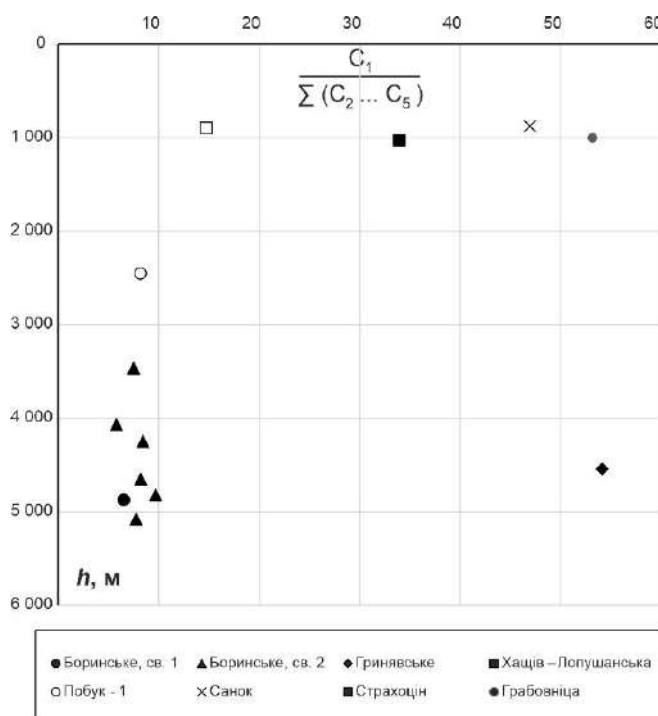


Рис. 13. Сухість газів / Fig. 13. Dryness of gases

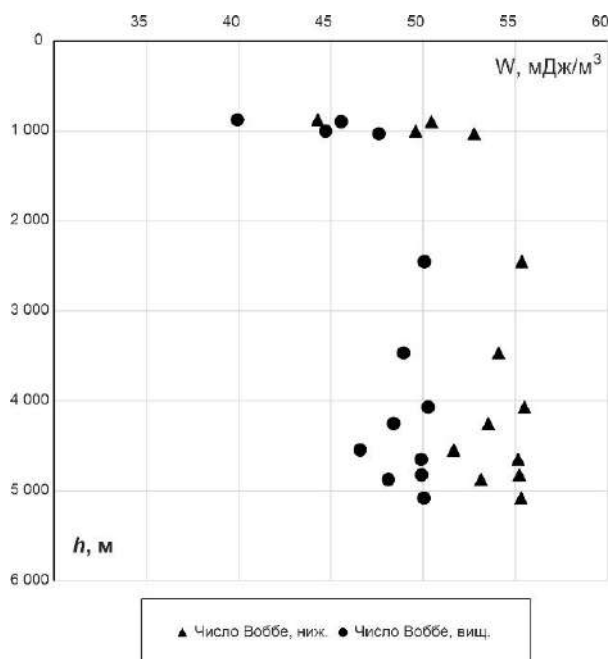


Рис. 14. Число Воббе (нижче та вище) / Fig. 14. Wobbe's number (lower and higher)

За відомостями, які наведено на рис. 14 можна зробити висновок, що із збільшення глибини залягання покладу число Воббе дещо збільшується.

Для родовищ, які розглянуті в цій роботі, двома різними методами нами вираховані рівноважні глибини утворення. Під рівноважною глибиною ми маємо на увазі глибину, яка відповідає парі значень тиск-температура і на якій система вуглеводнів зі складом, що відповідає складу природного газу у покладі, має мінімальну енергію Гіббса та максимальну ентропію, тобто зна-

ходиться у рівноважному стані.

Згідно першої методи, яка докладно описана в монографії (Хоха, 2014), ми проводимо обчислення, спираючись на припущення про глибинне (мантієне) походження вуглеводневої частини газу чи газоконденсату. Цей розрахунок проведено методом констант незалежних хімічних реакцій, а глибина визначена для двох крайових термобаричних умов синтезу вуглеводнів з первинного неорганічного матеріалу – для сильнопрогрітої та слабопрогрітої зони (Чекалюк, 1971). Результати цих обчислень приведено у таблиці 2:

Таблиця 2 / Table 2

Глибини формування рівноважного складу газу,  
вираховані методом констант незалежних хімічних реакцій /  
Depths of formation of the equilibrium gas composition,  
calculated by the method of independent chemical reactions constants

Родовище	Горизонт	Діапазон глибин, м	Рівноважна глибина	
			Сильнопрогріта зона	Слабопрогріта зона
Боринське, св. 1		4872	143	154
Боринське, св. 2		4995-5160*	136	143
		4755-4886	119	128
		4614-4680*	134	142
		4150-4348	122	133
		4000-4135	<b>150</b>	160
		3445-3485	133	144
Гринявське	св.1	4481-4602	86	111
Хащів-Лопушанська		1007-1051	<b>63</b>	98
Побук-1	P3	2435-2465	134	143
Санок		820-930	91	125
Страхоцін		780-1010	<b>116</b>	<b>70</b>
Грабовніца		1000	78	49



В таблиці 2 виділенням позначені глибини, точність розрахунку яких була недостатньою з огляду на специфіку складу. Це явище можна пояснити диференціацією вуглеводнів під час міграції флюїду від зони утворення до пастки, в якій вони накопичувалися. Також не варто виключати фактор вторинної міграції флюїду з іншого джерела утворення в ту саму пастку.

За даними, наведеними у таблиці 2 можна зробити очевидний висновок – родовища, що знаходяться в межах Кросненської зони характеризуються більшими рівноважними глибинами утворення, порівняно із родовищами зон, які примикають до Кросненської.

Друга методика, яка базується на термодинамічному моделюванні за формалізмом Джейнса (Tribus, 1961; Khokha et al., 2020), нами також визначені рівноважні температури та глибини утворення розглянутих газових сумішей.

Розрахунки являють собою визначення оптимального несуперечливого розподілу 5-ти елементів (C, H, O, N, S) серед 44-х адитивних складових конденсованої фази (керогену II типу) та інших індивідуальних речовин, які входять у систему. Рішення шукають максимізацією ентропії, вибираючи з набору квазірівноважних проміжних рішень таке, що характеризується мінімальною енергією Гіббса. Вихідними даними для розрахунку є елементний склад незрілого керогену II типу, температура та тиск, які відповідають глибині встановлення рівноваги (залежно від зони прогрітості) та енергії Гіббса утворення для газових складових системи.

Результати цього розрахунку наведено в таблиці 3.

Однорідність даних в таблиці 3 вказує на те, що формування газів родовищ Кросненської зони відбувалось в однакових або близьких умовах

Таблиця 3 / Table 3

Результати обчислень глибин утворення рівноважних газових сумішей максимізацією ентропії /  
Results of calculations of the formation depths of equilibrium gas mixtures by entropy maximization

Родовище	Середня глибина, м	Рівноважна температура для теплового потоку у мВт/м <sup>2</sup>			Рівноважна глибина для теплового потоку у мВт/м <sup>2</sup>		
		40	75	100	40	75	100
Боринське, св. 1	4872	351	346	355	29.8	13.9	10.4
Боринське, св. 2	5078	224	230	238	18.5	9.0	6.8
Боринське, св. 2	4647	237	242	249	19.6	9.5	7.1
Гринявське	4542	265	268	276	22.1	10.6	7.9

з подібного первинного матеріалу.

**Висновки.** У геологічній будові Кросненського покриву в плані нафтогазоносності є осадові породи крейдового, палеогенового і неогенового віку.

Проаналізовані дані щодо геологічної будови та складу вуглеводневих і постійних газів 7 (з них 3 у межах Кросненського покриву та 4 на суміжних ділянках) родовищ, які знаходяться на території Польщі та України, дали можливість провести порівняльний аналіз та зробити висновки, що тектонічні критерії безпосередньо впливають на термобаричні умови, керують еволюційними процесами деструкції органічної речовини та виділити наступні геохімічні особливості:

- за графічним аналізом, який враховує різні комбінації ізомерів бутану (4 зразки) встановлено, що гази розглянутих родовищ досягли термічної зрілості. Деяке відхилення демонструє Гринявське родовище (св. 1), ми трактуємо це як демонстрацію вікна пізнього газоутворення, коли складом газу керує лише кількість органічної речовини, яка залишилась після проходження нафтового вікна;

- геохімічний аналіз показав, що джерелом газів розглянутих родовищ є кероген. Нами не зафіксовано складу газу, який вказує на процеси біодеградації органічного матеріалу. Незначне відхилення від цієї закономірності зафіксовано для Гринявського та Хашів-Лопушанського родовищ. Можна стверджувати, що частина газів цих родовищ утворена внаслідок крекінгу нафти;
- значення коефіцієнту  $i-C_4/n-C_4$  незначно коливаються для покладів розглянутого регіону (4 пробки) і знаходиться в межах 0,68-0,91 (для родовищ Західного нафтогазоносного регіону цей коефіцієнт знаходиться в межах 0,14–4,00 з найбільшою вибіркою в межах 0,25–2,50). Це свідчить, що еволюція органічної речовини для розглянутих родовищ відбувалась у близьких умовах як за термобаричними умовами, так і за складом материнської речовини. Опосередковано це підтверджується результатами обчислень глибин утворення рівноважних газових сумішей максимізацією ентропії;
- геохімічний аналіз виснаженості керогену за коефіцієнтом генерування метану засвідчив,

що кероген родовищ регіону не є повністю виснаженими і зберігає потенціал для подальшої еволюції з утворенням вуглеводневих газів.

Встановлено, що калорійність газу, виражена через число Воббе дещо збільшується із глибиною водночас із незначним зменшенням коефіцієнту сухості.

Обчислення рівноважної глибини утворення газових сумішей за абіогенною концепцією (метод констант незалежних хімічних реакцій) показав, що більша частина вуглеводневого матеріалу могла бути синтезована в межах глибин 130-150 км, що відповідає астеносфері Землі. Виключеннями є гази родовищ Грабовниця, Хашців-Лопушанське та, меншою мірою Гринявське,

Страхоціна і Санок. Рівноважні глибини, що обчислені для їх складу газів, є на третину меншими від середніх. За виключенням Гринявського родовища інші з вищенаведеного списку залягають на помірних глибинах (820-1050 м). Тривале перебування на помірних глибинах зменшило консолідуваючу складову тиску, що, ймовірно, і стало причиною надбавки легких членів гомологічного ряду алканів, що й спричинило це відхилення від середнього. Інтерпретація обчислених глибин для Гринявського родовища потребує залучення додаткової інформації, однак, попередньо можна стверджувати, що частина газів цього родовища утворені внаслідок крекінгу нафти (див. рис. 10), що могло спричинити такий ефект.

#### Список використаної літератури

1. Колодій В.В. Карпатська нафтогазоносна провінція / В.В. Колодій, Г.Ю. Бойко, Л.Т. Бойчевська, М.Д. Брагусь та ін. – Львів-Київ, 2004. – 390с.
2. Доленко Г.Н. Геологія і геохімія нафти і газу / Г.Н. Доленко – Київ: Наук. думка, 1990. – 254 с.
3. Павлюк М. Геодинамічні умови формування нафтогазоносних провінцій України / М. Павлюк, М. Галабуда, Б. Різун, О. Савчак, А. Медведєв // Геологія і геохімія горючих копалин, 2008. – №3 (144). – С.16-25.
4. Савчак О.З. Геохімічні аспекти процесів нафтогазоагромадження нафтогазоносних регіонів України // Геологія і геохімія горючих копалин, 2017. – № 1-2 (170-171). – С.154-156.
5. Савчак О.З. Особливості розповсюдження вуглеводневих компонентів природного газу Західного нафтогазоносного регіону України // Геологія і геохімія горючих копалин, 2018. – № 1-2 (174-175). – С.109-110.
6. Савчак О.З. Геодинамічні та геохімічні аспекти нафтогазоагромадження Західного нафтогазоносного регіону України // Геологія і геохімія горючих копалин, 2018. – № 3-4 (176-177). – С.5-21.
7. Karnkowski P. Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce. Karpaty i Zapadlisko Przedkarpackie / P. Karnkowski – Krakow: Towarzystwo Geosynoptyków "Geos" AGH, 1993. – 214 s.
8. Prinzhofer, A. Geochemical Characterization of Natural Gas: A Physical Multivariable Approach and its Applications in Maturity and Migration Estimates / A. Prinzhofer, M.R. Mello, T. Takaki // AAPG Bulletin, 2000. – 84(8). – P. 1152-1172.
9. Хоха, Ю.В. Термодинаміка глибинних вуглеводнів у прогнозуванні регіональної нафтогазоносності / Ю.В. Хоха – Київ: Наукова думка, 2014. – 74 с.
10. Никонов В.Н. Тяжелые углеводороды и их соотношение в газах нефтяных и газовых залежей // Геологія нафти і газу, 1961. – №8. – С. 15-21.
11. Wood J. M. Secondary migration and leakage of methane from a major tight-gas system / J. M. Wood, H. Sanei // Nature Communications, 2016. – 7(1). p. 1-9. <https://doi.org/10.1038/ncomms13614>
12. Gai H. Late gas generation potential for different types of shale source rocks: Implications from pyrolysis experiments / H.Gai, H.Tian, X.Xiao // International Journal of Coal Geology, 2018. – 193. – p. 16-29. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2018.04.009>
13. Behar F. Experimental simulation in a confined system and kinetic modelling of kerogen and oil cracking / F. Behar, S. Kressmann, J.L. Rudkiewicz, M. Vandenbroucke // Organic Geochemistry, 1992. – 19(1-3). –p. 173-189. [https://doi.org/10.1016/0146-6380\(92\)90035-V](https://doi.org/10.1016/0146-6380(92)90035-V)
14. Jian L.I. New indexes and charts for genesis identification of multiple natural gases / L.I. Jian, L.I. Zhisheng, G. Xiaobo, W. Dongliang, X. Zengye, L. Jin, H. Aisheng, // Petroleum Exploration and Development, 2017. – 44(4). – p. 535-543. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(17\)30062-9](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(17)30062-9)
15. Хоха Ю.В. Визначення кількості керогену, необхідного для формування родовищ вуглеводнів Західного нафтогазоносного регіону України / Ю.В. Хоха, О. В. Любчак, М.Б. Яковенко, Д.В. Брик // Геологія і геохімія горючих копалин, 2020. – №1(181). – С. 52-61. <https://doi.org/10.15407/ggcm2020.01.052>
16. Туссо Б. Образование и распространение нефти / Б. Туссо, Д. Вельте – Москва: Мир, 1981. – 346 с.
17. Vandenbroucke M. Kerogen origin, evolution and structure / M. Vandenbroucke, C. Largeau // Organic Geochemistry, 2007. – 38(5). – P. 719-833. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2007.01.001>
18. Чекалюк Э.Б. Термодинамические основы теории минерального происхождения нефти / Э.Б. Чекалюк – Киев: Наук. думка, 1971. – 288 с.
19. Tribus M. Thermodynamics and Thermostatistics: An Introduction to Energy, Information and States of Matter, with Engineering Applications / M. Tribus – Princeton: D. Van Nostrand Company Inc., 1961. – 551 p.

20. Khokha Yu.V. Entropy maximization method in thermodynamic modelling of organic matter evolution at geodynamic regime changing / Yu.V. Khokha, M.B. Yakovenko, O.V. Lyubchak // *Geodynamics*, 2020. – 2(29). P. 79-88. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.02.079>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Tectonic and geochemical criteria of organic matter evolution of the Carpathians Krosnen zone in the context of oil and gas potential

**Yury Khoha**<sup>1</sup>

DSc (Geology), Leading Researcher,

<sup>1</sup> Institute of Geology & Geochemistry of Combustible Minerals of NASU, Lviv, Ukraine;

**Volodymyr Shlapinsky**<sup>1</sup>

PhD (Geology), Senior Researcher;

**Olesya Savchak**<sup>1</sup>

PhD (Geology), Leading Researcher

### ABSTRACT

**Statement of the general problem.** The article provides an analysis of the geological and tectonic factors that influenced the formation of deposits of the Krosnenskaya zone of the Outer Carpathians. The authors considered several questions related to the stratigraphy and tectonics of this zone. In the geological structure of the Krosnenskaya cover, we distinguish two separate cover units - the Turkivskaya and Bitlyanskaya subcovers, based on their lithologic and facies characteristics. The problems of finding hydrocarbon deposits in this region are associated with an insufficient understanding of their structure. This problem was solved with the emergence of the concept of scaly-thrust structure of the Krosnenskaya zone. Productive horizons with unstable tides are revealed in the Oligocene sediments of Golovetsk. These horizons are not currently developed. We believe that it is possible to obtain stable industrial gas flows from such collectors.

**Research materials and methods.** The history of the study of the geological structure of 7 deposits located on the territory of Poland and Ukraine within the considered and adjacent regions is presented: Borynskyi (well 1, 2), Hryniavskyi, Khaschiv-Lopushanskyi, Pobuk, Sanok, Strahotsina and Grabovnica. In total, 13 measurements of the composition of gas mixtures were included in the calculation. The depth range for the considered samples is within 875-5077 m, which allowed us to draw conclusions about changes in geochemical coefficients with depth.

**Presentation of the main research material.** The analysis of the history of the evolution of organic matter was carried out using the method of geochemical coefficients and thermodynamic modeling using the methods of independent chemical reaction constants and entropy maximization. According to the results of the analysis, it was established that tectonic criteria directly affect thermobaric conditions, control the evolutionary processes of destruction of organic matter. We discovered that the source of gases in the deposits of the Krosnenskaya zone is only kerogen. On the other hand, part of the deposits of the zones adjacent to Krosnenskaya show deviations from this regularity, and we assume that part of the gases in these deposits are formed because of oil cracking. The article shows that the values of the  $i-C_4/n-C_4$  coefficient vary slightly for the deposits of the considered region. Obviously, this indicates that the evolution of organic matter for the considered deposits took place in close conditions, both in terms of thermobaric conditions and in terms of the composition of the parent material. This conclusion is confirmed by the results of calculations of the formation depths of equilibrium gas mixtures both by entropy maximization and by the method of constants of independent chemical reactions.

**Conclusions.** Geochemical analysis of kerogen depletion by the methane generation rate proved that the kerogen deposits of the region are not completely depleted and retain the potential for further evolution with the formation of hydrocarbon gases. Based on the above considerations, we believe that the oil and gas potential of this region has not been studied enough and requires additional analysis, including the laying of new exploratory wells.

**Keywords:** *Krosnenskaya zone, Outer Carpathians, tectonics, oil and gas capacity, thermodynamic modeling, geochemical coefficients.*

### References

1. Kolodiy, V.V., Boyko, G.Yu., Boychevska, L.T. & Bratus M.D. (2004). *Carpathian oil-and-gas-bearing province*. Kyiv-Lviv, LLC "Ukrainian Publishing Center" [in Ukrainian]
2. Dolenko G.N. (1990). *Geology and geochemistry of oil and gas*. Kyiv, Naukova dumka.
3. Pavlyuk, M., Galabuda, M., Rizun, B., Savchak, O., Medvedev, A. (2008). *Geodynamic conditions of the formation of oil and gas-bearing provinces of Ukraine. Geology and geochemistry of combustible fossils*, 3(144), 16-25. [in Ukrainian]

4. Savchak, O. (2017). *Geochemical aspects of oil and gas accumulation processes in oil and gas-bearing regions of Ukraine. Geology and geochemistry of combustible fossils*, 1-2(170-171), 154-156. [in Ukrainian]
5. Savchak, O. (2018). *Geodynamic and geochemical aspects of oil and gas accumulation in the Western oil and gas region of Ukraine. Geology and geochemistry of combustible fossils*, 3-4 (176-177), 5-21. [in Ukrainian]
6. Savchak, O. (2018). *Peculiarities of distribution of hydrocarbon components of natural gas in the Western oil and gas region of Ukraine. Geology and geochemistry of combustible fossils*, 1-2 (174-175), 109-110. [in Ukrainian]
7. Kamkowski, P. (1993). *Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce. Karpaty i Zapadlisko Przedkarpackie*. Krakow, Towarzystwo Geosynoptyków "Geos" AGH. [in Polish]
8. Prinzhofer, A., Mello, M. R., & Takaki, T. (2000). *Geochemical Characterization of Natural Gas: A Physical Multi-variable Approach and its Applications in Maturity and Migration Estimates*. *AAPG Bulletin*, 84(8), 1152-1172.
9. Khokha, Yu.V. (2014). *Thermodynamics of deep hydrocarbons in forecasting regional oil and gas potential*. Kyiv, Naukova dumka. [in Ukrainian]
10. Nikonov V.N. (1961). *Heavy hydrocarbons and their ratio in gases of oil and gas deposits. Geology of oil and gas*, 8, 15-21.
11. Wood, J. M., & Sanei, H. (2016). *Secondary migration and leakage of methane from a major tight-gas system. Nature Communications*, 7(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/ncomms13614>
12. Gai, H., Tian, H., & Xiao, X. (2018). *Late gas generation potential for different types of shale source rocks: Implications from pyrolysis experiments. International Journal of Coal Geology*, 193, 16-29. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2018.04.009>
13. Behar, F., Kressmann, S., Rudkiewicz, J. L., & Vandenbroucke, M. (1992). *Experimental simulation in a confined system and kinetic modelling of kerogen and oil cracking. Organic Geochemistry*, 19(1-3), 173-189. [https://doi.org/10.1016/0146-6380\(92\)90035-V](https://doi.org/10.1016/0146-6380(92)90035-V)
14. Jian, L. I., Zhisheng, L. I., Xiaobo, W. A. N. G., Dongliang, W., Zengye, X., Jin, L., ... & Aisheng, H. A. O. (2017). *New indexes and charts for genesis identification of multiple natural gases. Petroleum Exploration and Development*, 44(4), 535-543. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(17\)30062-9](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(17)30062-9)
15. Khokha, Yu.V., Liubchak, O. V., Yakovenko, M.B. & Bryk, D.V. (2020). *Determination of the amount of kerogen necessary for the formation of hydrocarbon deposits in the Western oil and gas region of Ukraine. Geology and geochemistry of combustible fossils*, 1(181), 52-61. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.15407/ggcm2020.01.052>
16. Tysso, B., & Velte, D. (1981). *Formation and distribution of oil*. Moskva, Myr.
17. Vandenbroucke, M., & Largeau, C. (2007). *Kerogen origin, evolution and structure. Organic Geochemistry*, 38(5), 719-833. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2007.01.001>
18. Chekaliuk, E.B. (1971). *Thermodynamic foundations of the theory of the mineral origin of oil*. Kyev, Naukova dumka.
19. Tribus, M. (1961). *Thermodynamics and Thermostatistics: An Introduction to Energy, Information and States of Matter, with Engineering Applications*. Princeton: D. Van Nostrand Company Inc.
20. Khokha, Yu. V., Yakovenko, M. B. & Lyubchak, O.V. (2020). *Entropy maximization method in thermodynamic modeling of organic matter evolution at geodynamic regime changing. Geodynamics*, 2(29), 79-88. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.02.079>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 24 April 2024

Accepted 26 May 2024

## Потенційні фактори регіонального розвитку небезпечних геофільтраційних процесів водокористування у басейнах підземних вод України


Євгеній Яковлев<sup>1</sup>

д. тех. н., відділ досліджень навколишнього середовища,

<sup>1</sup> Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ, Україна,  
e-mail: [igorudalov8@gmail.com](mailto:igorudalov8@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0001-6562-4015>;

Ігор Удалов<sup>2</sup>

д. геол. н., професор, кафедра фундаментальної та прикладної геології,

<sup>2</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна,  
e-mail: [igorudalov8@gmail.com](mailto:igorudalov8@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0003-3844-6481>

Стаття присвячена потенційним факторам регіонального розвитку небезпечних геофільтраційних процесів при використанні підземних вод питної якості в Україні. Оцінено, що більшість поверхневих джерел внаслідок військових дій та техногенезу класифікуються як забруднені і брудні (IV, V клас якості), тому перехід на підземні джерела є безальтернативним. В статті виконано аналіз екологічного стану підземних вод питної якості. Обґрунтовано додаткові критерії сталого підземного господарсько-питного водопостачання. Проаналізовані дані моніторингу стану підземних водозаборів України свідчать, що їх довгострокова експлуатація супроводжується розвитком комплексу небезпечних літодинамічних процесів (НЛДП), що мають гідрогеофільтраційне походження. В статті виділено 3 провідних еколого-гідрогеологічних НЛДП: дифузія мінералізованих порових розчинів із слабопроникних шарів у експлуатаційні горизонти, фільтраційна компресія водоносних комплексів і суфозійний перенос водоносних порід з локальним зменшенням їх об'єму та, як наслідок, провальними осіданнями земної поверхні. В роботі зроблено висновок, що при будь-якій схемі формування депресійної лійки дифузійно-конвективний рух солей і мікрокомпонентів із порових розчинів слабопроникного (розділяючого або водотривкого) шару є стабільним просторово-часовим фактором впливу на гідрогеохімічний склад вод експлуатаційних водоносних горизонтів. За результатами досліджень найбільш суттєвою є фільтраційна компресія водоносного горизонту, яка спостерігається при зниженнях рівня на десятки метрів і більше при переважно піщано-пиловатому складі водонасиченого породного масиву. Крім того, в загальному плані величина осідання земної поверхні корелюється зі зниженням рівня в експлуатаційному водоносному горизонті і в більшості випадків складає 1,0-2,5 % його величини. Встановлено, що основними факторами розвитку процесів суфозії, фільтраційної компресії та деформацій земної поверхні в межах депресійної лійки за умови активного підземного водовідбору є: перше - наявність пухких порід – глини, суглинків, супісків, пісків, алевритів, лесів у геологічному розрізі зони активного водообміну (ЗАВ); друге - гранулярна неоднорідність пухких відкладів та більш щільних порід, що їх підстилають в межах ЗАВ (або наявність в них порожнин) – пісковиків, вапняків, мергелів, черепашників, сланців; третє - вертикальна циркуляція підземних вод, що сприяє низхідній міграції пилово-глиняних часток у експлуатаційні підземні водоносні горизонти.

**Ключові слова:** водоносний горизонт, техногенез, суфозія, фільтраційна компресія, якість підземних вод.

**Як цитувати:** Яковлев Євгеній. Потенційні фактори регіонального розвитку небезпечних геофільтраційних процесів водокористування у басейнах підземних вод України / Євгеній Яковлев, Ігор Удалов // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 109-123. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-08>

**In cites:** Yakovliev Yevhenii, Udalov Ihor (2024). Potential factors of regional development of dangerous geofiltration processes of water use in underground water basins of Ukraine. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 109-123. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-08> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** За рівнем раціонального використання та якості поверхневих і підземних водних ресурсів, включаючи діючі очисні споруди, Україна, за даними ЮНЕСКО, серед 122 країн світу посідає 95 місце. Такий стан водно-ресурсного потенціалу країни обумовлює, перед усім, великі труднощі у розв'язанні проблеми безпеки питного водопостачання, особливою якою в Україні є 75 % забезпечення з поверхневих джерел. Виконані дослідження свідчать [1, 2], що більшість поверхневих водних ресурсів за умови зростаючого впливу техногенезу, глобальних змін клімату (ГЗК) (потепління, нерівномірність опадів і ін.) та наслідків російської агресії (військові викиди забруднень, гео-

хімічне забруднення водозбірних ландшафтів, руйнування очисних споруд та ін.) класифікується як забруднена і брудна (IV, V клас якості). Як наслідок, за якістю вони не відповідають технологічній спроможності діючих систем водопідготовки (одно-двоступеневе очищення). Крім того, поверхнева гідросфера України має аномальне зарегулювання поверхневих водних об'єктів (більше 70 %) внаслідок будівництва 1160 водосховищ та 52 тис. ставків, що за умови критичного уповільнення водообміну суттєво підсилює негативний вплив ГЗК.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

В статті виконано порівняння сучасних підходів в оцінці вразливості ґрунтів до суфозії. Суфозія

як явище характеризується тим, що дрібні фракції можуть рухатися всередині ґрунтового скелета. На практиці автори оцінюють вразливість ґрунтів до суфозії в два етапи. Спочатку аналізується геометрична можливість тонкого руху. Якщо частинки ґрунту рухливі, гідравлічні умови стають у центрі уваги як сила, що приводить в дію ці процеси. У статті автори зосереджуються на геометричних критеріях, які використовуються в сучасній практиці інженерно-геологічного проектування. На додаток автори використовують статистичні та стохастичні методи.

Внутрішня ерозія (або суфозія) структур ґрунту є важливою проблемою для вивчення і розуміння процесів, що виникають при довготривалій експлуатації земляних конструкцій, які знаходяться під впливом надмірного обводнення або інфільтрації вод. При суфозії пористість ґрунтів збільшуються, а об'ємна щільність зменшується. Наслідками цього є зниження стійкості ґрунтів до зовнішнього навантаження, просідання, а також значна зміна стану порового тиску [10]. Залежно від місця, де може виникнути суфозія Ziemс [34] виділяє три її типи: внутрішня суфозія, зовнішня суфозія та контактна суфозія. Відзначено, що механіка процесу дуже схожа. Основна увага в цій статті зосереджена на явищі внутрішньої суфозії.

Внутрішня суфозія, як локальне явище, може бути просторово обмежена. Існує можливість, коли рухливість дрібних фракцій буде знижуватися залежно від розміру частинок і гідродинамічних сил (кольматація). Більшість дослідників, які зосереджуються на суфозійних ґрунтах, мотивовані на створення сумішевих фільтрів у насипних дамбах. Тому вони працювали над розробкою оптимальних співвідношень сумішей. Концепція досліджень була в напрямку створення ґрунтів з мінімальною пористістю. Для цього використовувався досвід розробки бетонних сумішей.

Проблема, яка розглядається в статті для світу не нова. Особливу важливість вона має для Китаю. Китайські учені із кількох місцевих університетів дослідили 82 міста, зокрема мегаполіси з населенням понад 2 мільйони осіб. Автори використовували супутникові дані для вимірювання вертикальних рухів суші по всій території Китаю.

У своїй роботі вчені проаналізували період з 2015 по 2022 рік, і змогли визначити, що майже половина (45 %) міських територій просідають більш ніж на 3 мм на рік. Близько 16 % міст зовсім просідають із жахливою швидкістю – близько 10 мм на рік.

**Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми.** Аналіз екологічного стану

підземних вод питної якості в Україні виконаний авторами в попередніх дослідженнях дозволив виділити і обґрунтувати додаткові критерії сталого підземного господарсько-питного водопостачання.

Ресурси підземних вод України складають 22,5 млрд. м<sup>3</sup>, з яких 70 % припадає на захищені або умовно захищені артезіанські води питної якості [1-3], (рис. 1, 2, табл. 1).

Підвищений потенціал захищеності водоносних горизонтів від техногенного забруднення формує значні резерви безпечного еколого-технологічного розвитку систем господарсько-питного водопостачання, особливо в регіонах комплексного забруднення річкових вод (Донбас, Причорномор'я, Приазов'я та ін.).

В той же час, аналіз даних моніторингу підземних водозаборів засвідчив, що їх довгострокова експлуатація супроводжується розвитком комплексу небезпечних літодинамічних процесів (НЛДП), що мають гідрогеофільтраційне походження при експлуатації водозабірних (дренажних) споруд. Виконані дослідження фахівцями Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору (ІТГП) НАН України дозволили виділити 3 провідні еколого-гідрогеологічні НЛДП: дифузія мінералізованих порових розчинів із слабо проникних (водотривких) шарів у експлуатаційні горизонти, фільтраційна компресія водоносних комплексів і суфозійний перенос водоносних порід з локальним зменшенням їх об'єму та місцевими (провальними) просіданнями земної поверхні.

**Метою статті** є аналіз потенційних факторів регіонального розвитку небезпечних геофільтраційних процесів у басейнах підземних вод України при довгостроковому водокористуванні.

Виконана авторами систематизація НЛДП водокористування у басейнах підземних вод України, дозволила виділити 3 процеси, на які майже не звертали уваги: 1). дифузія мінералізованих порових розчинів із слабопроникних (водотривких) шарів у експлуатаційні водоносні горизонти; 2). фільтраційна компресія водоносних горизонтів під впливом тривалих відкачок підземних вод; 3) фільтраційна суфозія. Розглянемо кожен з цих процесів.

Зниження рівня підземних вод в експлуатаційному горизонті, прилеглих слабопроникних (розділяючих) шарах або водотривах (різного ступеня досконалості за розділяючою здатністю проникності) та суміжних водоносних горизонтів є основними факторами техногенезу гідрогеофільтраційної системи (ГГФС) в зоні впливу водозабору [2-5].

У спрощеному вигляді фоновий напружений стан ГГФС в елементарному елементі експлуата-

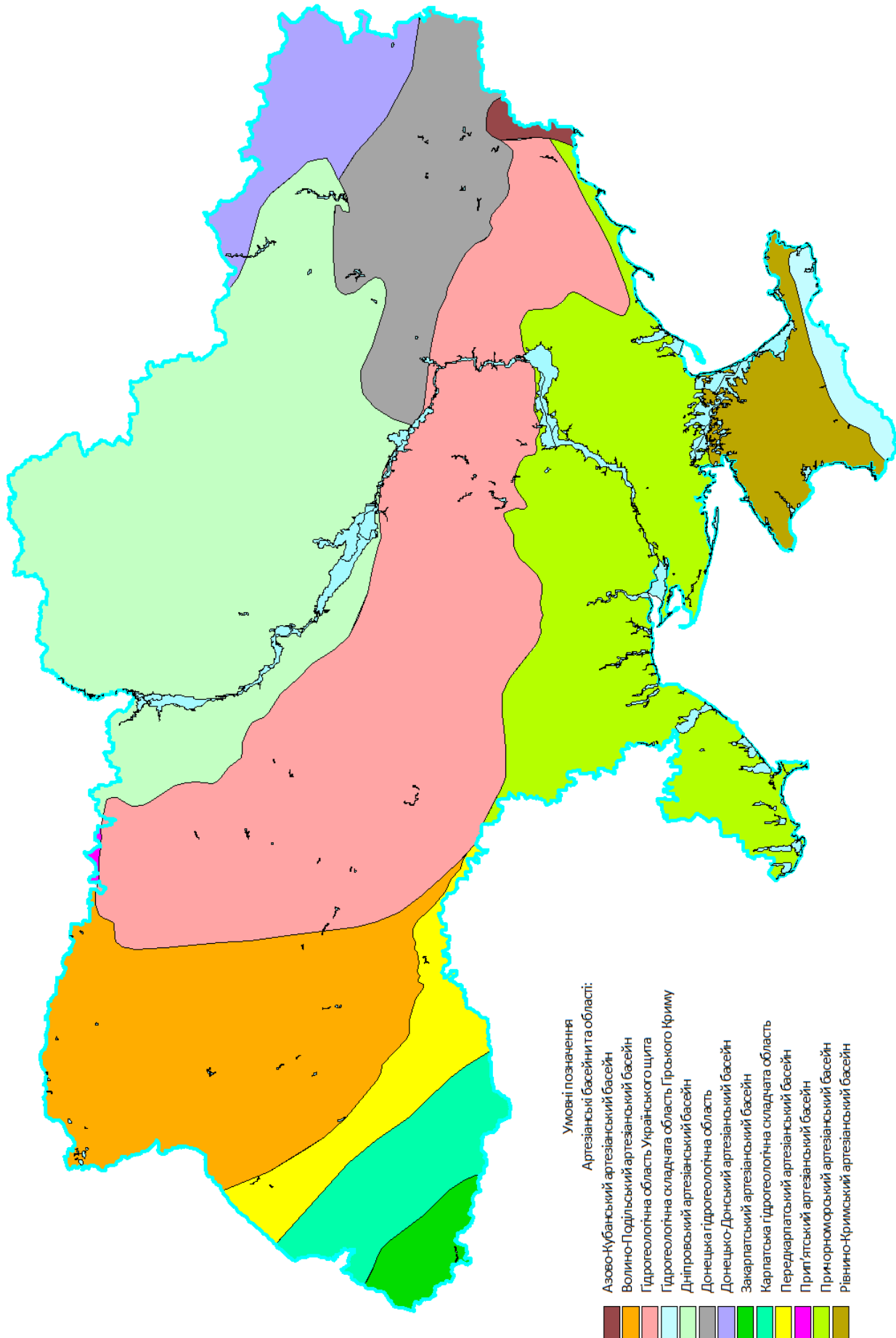


Рис. 1. Карта гідрогеологічного районування території України (артезіанські басейни та гідрогеологічні області) /  
 Fig. 1. Map of hydrogeological zoning of the territory of Ukraine (artesian basins and hydrogeological regions)

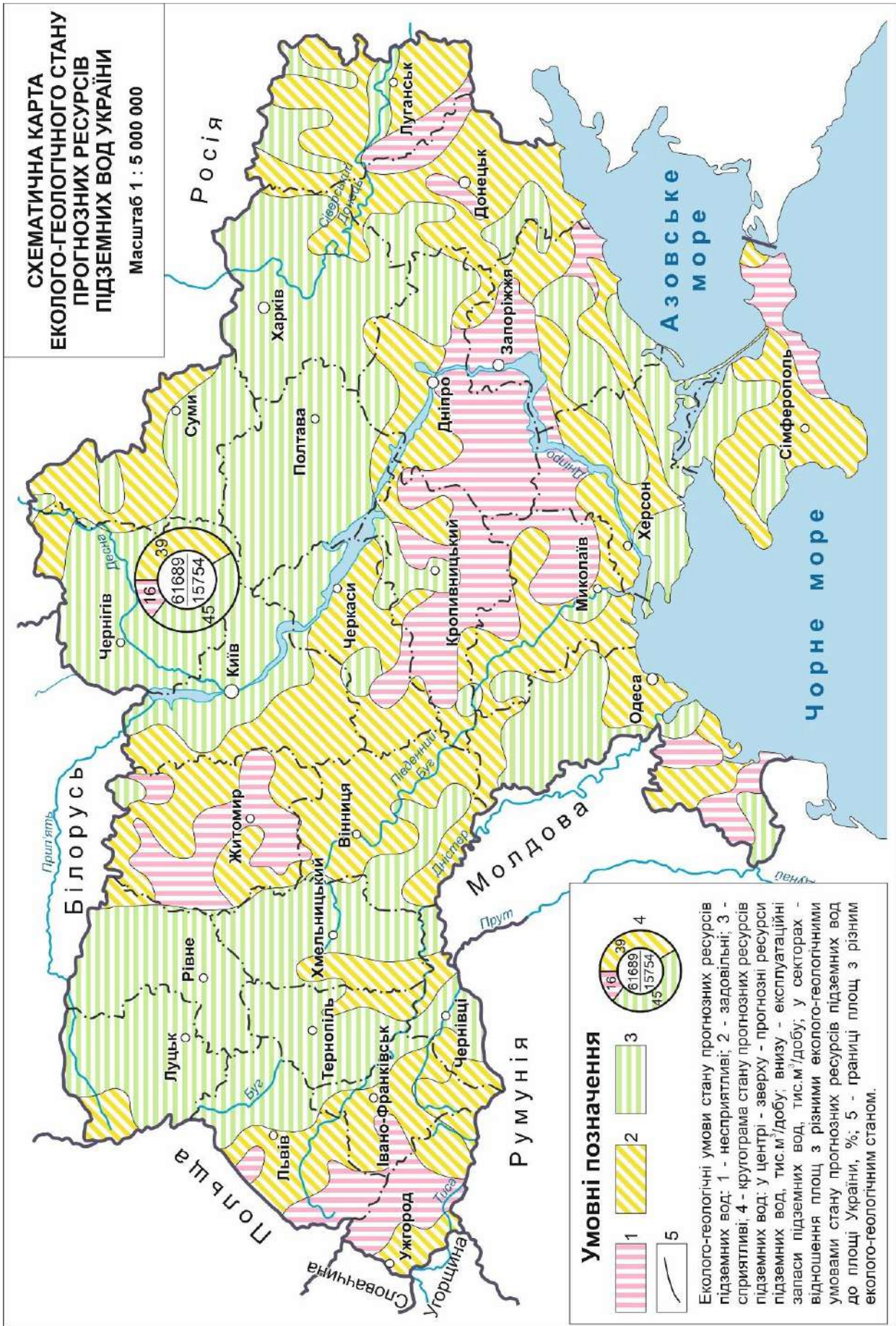


Рис. 2. Схематична карта еколого-геологічного стану прогностичних ресурсів підземних вод України (джерело: Державна служба геології та надр України, 2000 р.) / Fig. 2. Schematic map of the ecological and geological state of forecast underground water resources of Ukraine (Source: State Geology and Subsoil Service of Ukraine, 2000)



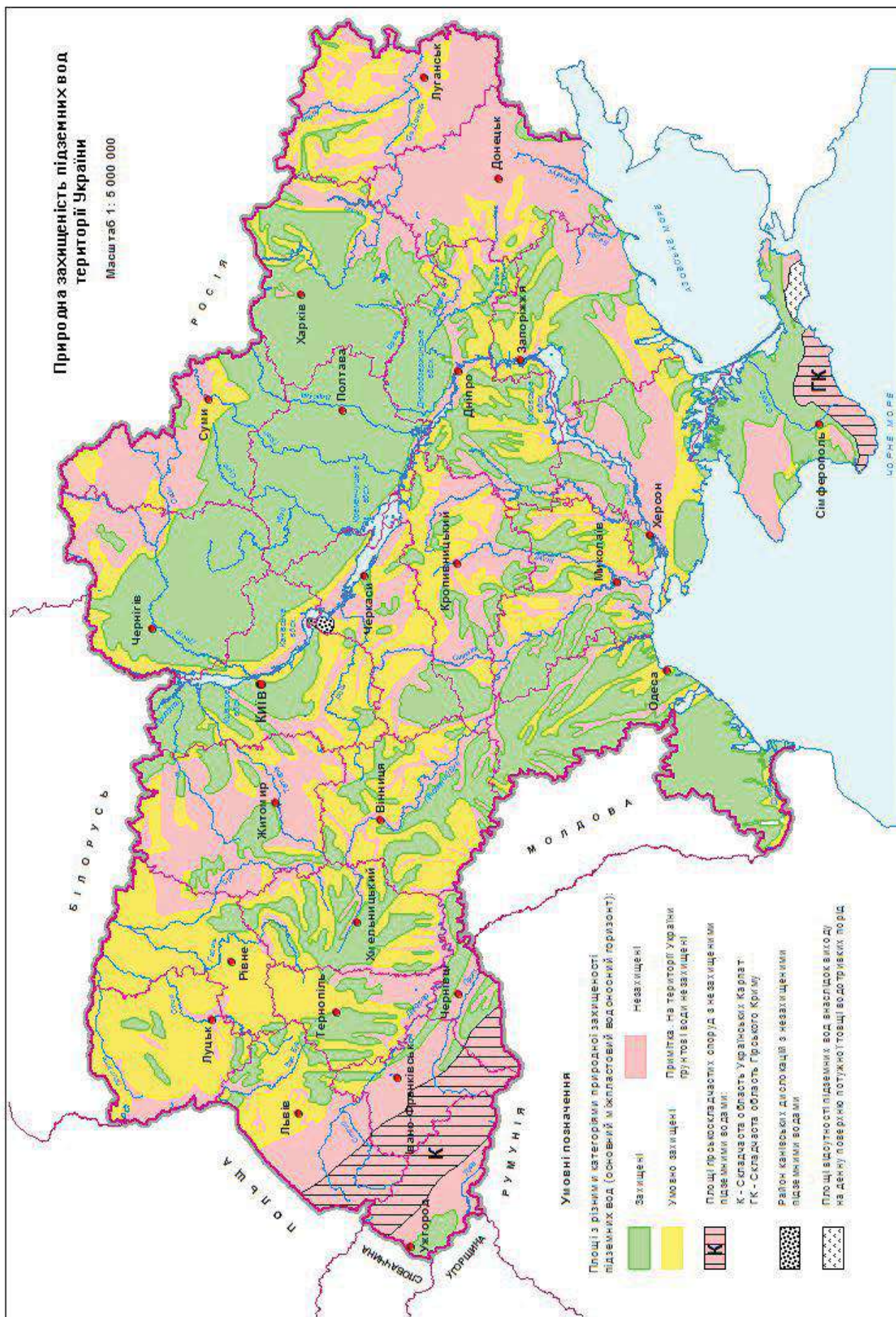


Рис. 3. Схематична карта природної захищеності підземних вод території України /  
 Fig. 3. Schematic map of the natural protection of underground waters of the territory of Ukraine

Регіональний розподіл ресурсів підземних вод питної якості (станом на 01.01.2000 р.) /  
Regional distribution of groundwater resources of drinking quality (as of January 1, 2000)

Область	Підземні води, тис. м <sup>3</sup> /добу		
	Прогнозні	Розвідані	Використані Q <sub>під</sub>
Вінницька	885,5	147,5	181,9
Волинська	2586,3	340,2	309,8
Дніпропетровська	1092,6	693,0	223,7
Донецька	2464,0	1069,1	558,3
Житомирська	628,6	205,8	233,8
Закарпатська	1081,6	339,3	216,7
Запорізька	1550,7	325,7	312,7
Івано-Франківська	754,4	273,3	198,0
Київська	4215,3	1959,0	637,5
Кіровоградська	404,6	218,7	270,8
Луганська	4790,0	1792,3	1416,5
Львівська	3644,1	1323,3	941,7
Миколаївська	441,6	79,3	236,2
Одеська	736,7	340,9	419,8
Полтавська	4288,9	807,0	408,7
Рівненська	3602,5	459,3	325,8
Сумська	3432,2	577,8	368,7
Тернопільська	2206,0	262,8	307,3
Харківська	4109,8	1031,8	431,6
Херсонська	4970,8	923,3	1075,4
Хмельницька	1963,7	435,5	327,8
Черкаська	1806,5	291,1	301,1
Чернігівська	8326,7	514,8	341,0
Чернівецька	405,3	171,0	104,3
АР Крим	1300,8	1153,4	755,0
<b>Всього по Україні:</b>	<b>61690,0</b>	<b>15728,0</b>	<b>10974</b>

ційного горизонту можна описати наступною залежністю:

$$P_{вг} = P_{ск} + P_{в} \quad (1),$$

де  $P_{вг}$  - гідравлічний тиск в експлуатаційному водоносному горизонті за умови напруженого гідрогеодеформаційного стану;

$P_{ск}$  та  $P_{в}$  - рівноважний гідравлічний тиск мінерального скелету та порової води.

За умов експлуатаційного зниження  $P_{в}$  відбувається збільшення  $P_{ск}$ , частина деформації стискання якого переважно передається на покривельний слабопроникний (розділяючий) шар у вигляді початкового розуцільнення і наступного часткового стискання (ефект Болтона-Джексона).

За балансними оцінками багатьох дослідників (проф. Бочевер Ф. М., проф. Мироненко В. І., проф. Язвін Л. С., проф. Бабушкін В. Д., проф. Гольдберг В. М., д. г. н. Сухоребрій А. О.,

проф. Огняник М. С.), вплив вищезазначених змін напруженого стану ГГФС сягає 1-2 % її загального об'єму. Але при довгостроковій експлуатації водозабору (10-20 років і більше) формується стійкий дифузно-конвективний перенос солей порових розчинів із водотривного шару. Величина мінералізації порових розчинів в 10-20 разів і більше може перевищувати мінералізацію вод експлуатаційних горизонтів (рис. 4).

Більшість експлуатаційних водоносних горизонтів в межах басейнів підземних вод (БПВ) України (рис. 1) має розвинуту зону активного водообміну (ЗАВ) з формуванням регіонально розповсюдженої ГГФС.

До попереднього: "витриманий водотрив (розділяючий слабопроникний шар) – експлуатаційний горизонт" (проф. Язвін Л. С., акад. Шестопалов В. М. та ін.). При цьому більшість розді-

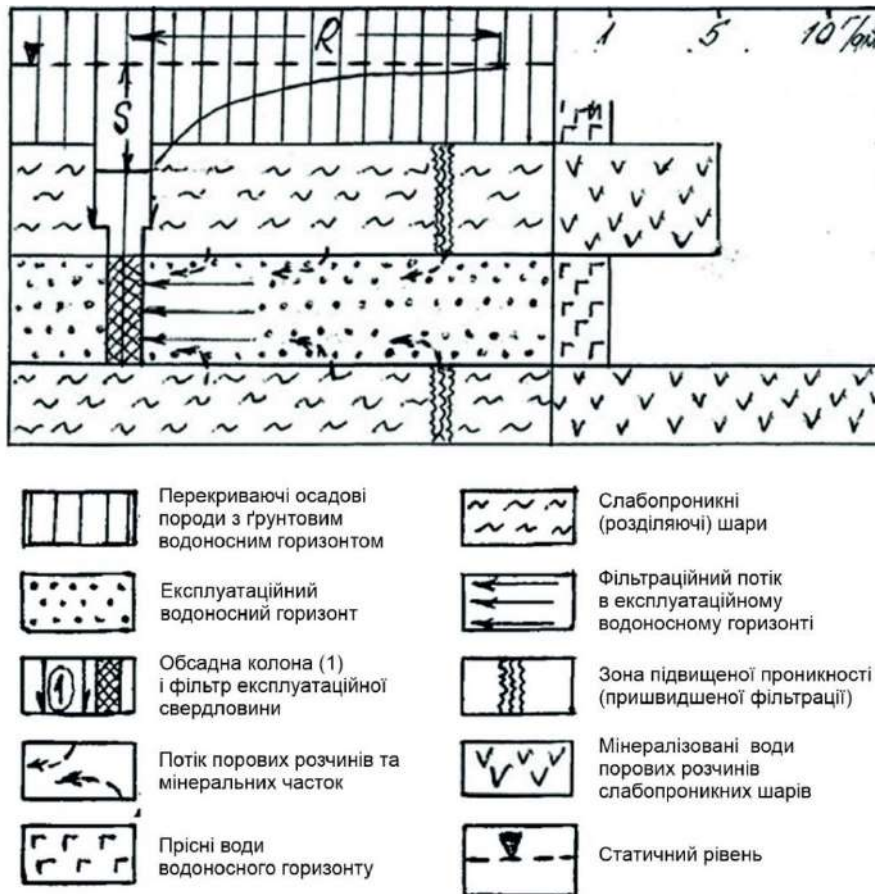


Рис. 4. Схема гідрогеохімічно-дифузійної та суфозійно-компресійної взаємодії експлуатаційного водоносного горизонту та прилеглих слабопроникних піщано-глинистих (розділяючих) шарів /  
 Fig. 4. Scheme of hydrogeochemical-diffusion and suffusion-compression interaction of the operational aquifer and adjacent poorly permeable sand-clay (separating) layers

ляючих слабопроникних шарів в межах ЗАВ за регіональними даними [3-7] вміщують до 10 % фізично зв'язаної води (плівкова, куточків пор, субкапілярна та ін.) з середнім вмістом солей до 10 г/дм<sup>3</sup> і має умовно активну пористість  $n_0 \approx 10^{-3}$ .

Нижче наведено розрахунок гідрогеохімічного балансу типової свердловини з дебітом  $Q = 1000 \text{ м}^3/\text{добу}$ , щорічним збільшенням мінералізації  $\Delta M = 10 \text{ мг/дм}^3$  (10 г/м<sup>3</sup>) та проектним періодом експлуатації  $t = 10^4$  діб ( $t \approx 27,4$  р.)

За цих умов кількість дифузійно-конвективної міграції солей із слабопроникного (розділяючого) шару за розрахунковий час у водовідбір експлуатаційної свердловини складе:

$$G = \Delta M \cdot Q \cdot t = 1.0 \cdot 10^5 \text{ кг} \quad (2)$$

В той же час при функціонуванні ГГФС експлуатаційної свердловини кількість солей  $G_0$  в порових розчинах товщі слабопроникного покривного розділяючого шару середньою товщиною розділяючого шару,  $m_0=50,0$  в межах депресії буде дорівнювати:

$$G_0 = \pi R^2 \cdot m_0 \cdot n_0 \cdot M_0 \quad (3),$$

де  $n_0$  - об'ємна кількість фізично зв'язаної

води у породному масиві розділяючого шару,  $n_0=0,10$ ;

$R$  - середня величина радіусу депресії окремої свердловини;

$M_0$  - типове значення мінералізації порового розчину на рівні "рихлосв'язаної" води;

$$M_0 = 10 \text{ кг/м}^3$$

(дослідження проф. Гольдберга В. М., д. г. н. Сухореброго А. О., проф. Крайнова С. Р., проф. Куликова Г. В. та ін.) [4,6,7,8].

За наведеними даними

$$G_0 = 3,14(2000)^2 \cdot 50 \cdot 0,10 \cdot 10 \approx 6,3 \cdot 10^8 \text{ кг} \quad (4)$$

Таким чином, відносний конвективно-дифузійний винос солі  $\sigma$  із порових розчинів слабопроникного покривного розділяючого шару в межах депресії за 30 років проектної експлуатації свердловини складе

$$\sigma = \frac{G}{G_0} = 1.0 \cdot \frac{10^5}{6,3} \cdot 10^8 \approx 1.6 \cdot 10^{-4} \quad (5)$$

В цілому результати вищенаведених розрахунків дозволяють зробити наступні методичні висновки:

1) конвективно-дифузійна міграція солі з порових розчинів слабопроникного покривного

розділяючого шару в експлуатаційний водоносний горизонт має стійкий просторово-часовий характер впливу на якість підземного водовідбору;

2) мінералізовані порові розчини, з початкової фази розвитку депресії приймають участь у формуванні хімічного складу водовідбору;

3) низька проникність і висока сорбційна здатність глинистих порід слабопроникних розділяючих регіональних шарів обумовлюють дуже обмежений вплив мінералізованих порових розчинів на експлуатаційний водовідбір при умові відсутності геомеханічних порушень ГГФС (підземне будівництво, гідравлічні розриви та ін.).

Згідно з існуючими гідрогеофільтраційними моделями у багатьох випадках розділяючі шари мають подвійну структуру порово-проникного простору внаслідок існування послаблених лінійних зон підвищеної проникності та стійких слабопроникних блоків [3-5]. За результатами газогеохімічних, дистанційних досліджень та даних з надглибоких свердловин відносна площа таких зон сягає  $1 \div 10 \text{ м}^2/\text{км}^2$ . В цілому за умови вертикального водообміну граничні ділянки вищезазначених зон можуть активізувати показники перетоку та молекулярної дифузії.

Вищенаведені експертні узагальнення дозволяють дійти висновку, що при будь-якій схемі формування депресійної лійки дифузійно-конвективний рух солей і мікрокомпонентів із порових розчинів слабопроникного (розділяючого) шару є стабільним просторово-часовим фактором впливу на гідрогеохімічний склад вод експлуатаційних водоносних горизонтів [2, 4, 6-8]. Вищезазначені експертні оцінки свідчать, що гідрогеохімічна еволюція експлуатаційних водоносних горизонтів на більшості артезіанських водозаборів України вимагає змін підходів до обґрунтування схем розташування експлуатаційних свердловин водозаборів та величин припустимих знижень рівнів в експлуатаційних горизонтах з урахуванням розвитку конвективно-дифузійної міграції мінералізованих порових розчинів із слабопроникних розділяючих шарів.

Вперше просідання земної поверхні, у зв'язку з інтенсивними відкачками підземних вод було зареєстровано в японських містах Токіо, Осака й Ніагата в 30-х рр. минулого сторіччя. До 60-х рр. максимальний сумарний відбір підземних вод тільки в м. Токіо перевищив 600 тис.  $\text{м}^3/\text{добу}$ , а загальне зниження напорів склало більше 150 м. В 1975 р. максимальна величина зниження поверхні землі в цьому місті досягла 4,0 м. У результаті частина міста виявилася нижче рівня моря, і для його захисту потрібно було побудувати 200 км захисних дамб.

Катастрофічних розмірів просідання земної

поверхні досягло в столиці Мексики – м. Мехіко, де його північно-східна частина опустилася на 9 м. Місто розташоване в міжгірній улоговині, у геологічній будові якої переважають слабо ущільнені монтморилонітові глини озерного походження, що перешаровуються з водоносними пісками, мулами й іншими пухкими породами. Швидкість просідання земної поверхні коливається від 10-20 мм/рік до 500 мм/рік (м. Мехіко).

Заходи, що попереджають появу й розвиток просідання земної поверхні у період відкачок підземних вод, зводяться, в основному, до регулювання кількості води, що відбирається.

Наприклад, у Японії діє закон «Правила (контроль) відбору підземних вод», що забороняє надмірний водовідбір. Практикується також нагнітання у водоносні шари стисненого повітря для підтримки й відновлення пластового тиску.

Накопичений досвід свідчить, що провідна причина просідання полягає в тривалому й інтенсивному підземному водовідборі, який призводить не тільки до значного зниження рівня води й зняття гідростатичного напору, але й до збільшення ефективного тиску на скелет дисперсного ґрунту, його ущільнення й, як наслідок, до осідання поверхні землі.

Початковий рівноважний напружений стан ГГФС експлуатаційного водоносного горизонту може бути описаний наступною залежністю:

$$P_{1вг} = P_{1м} + P_{1в} \quad (6)$$

де  $P_{1вг}$  – геостатичний тиск товщі порід, що перекривають експлуатаційний водоносний горизонт;

$P_{1м}$ ,  $P_{1в}$  – відповідно, розподіл геостатичного тиску між мінеральним скелетом і водною складовою ГГФС експлуатаційного водоносного горизонту.

Слід відмітити, що у зв'язку із тривалою відкачкою великих мас води зменшується внутрішньо-пластовий поровий тиск ( $P_{2в} < P_{1в}$ ), і одночасно зростає напруження у мінеральному масиві порід експлуатаційного водоносного горизонту ( $P_{2м} > P_{1м}$ ) з його наступним стисканням. У деяких випадках це може приводити не тільки до осідання земної поверхні, але й до утворення провально-суфозійних деформацій [6 - 10].

Величина осідання поверхні  $h$  внаслідок фільтраційної компресії при підземному водовідборі на експертному рівні оцінюється за наступною залежністю:

$$h = \frac{\delta m S}{1 + \varepsilon} a_v, \quad (7)$$

де  $\delta$  – об'ємна вага порід, які перекривають експлуатаційний водоносний горизонт,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$m$  – товщина шару порід експлуатаційного водоносного горизонту, м;

$S$  – зниження рівня в експлуатаційному во-

доносному горизонті (дренажної системи),  $H$ ;

$\varepsilon$  - коефіцієнт пористості експлуатаційного водоносного горизонту;

$a_v$  - коефіцієнт об'ємного стискання експлуатаційного водоносного горизонту для водонасичених пісків.

$$a_v \approx 5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2 / H \quad (8)$$

За результатами багатьох досліджень інженерно-геотехнічно суттєвою є фільтраційна компресія водоносного горизонту, яка спостерігається при зниженнях рівня у десятки метрів і більше при переважно піщано-пилуватому складі водонасиченого породного масиву. Результати просторово-часового моніторингу фільтраційно-компресійних осідань земної поверхні у зонах депресійних лійок водозаборів великих промислово-міських агломерацій та дренажно-осушувальних систем кар'єрів та шахт на території України (Придніпров'я, Причорномор'я, Донбас, Полісся) свідчать, що величина осідання земної поверхні корелюється зі зниженням рівня в експлуатаційному водоносному горизонті і в більшості випадків складає 1,0-2,5 % його величини.

На території України масштабним прикладом прояву фільтраційної компресії породного масиву під впливом великого зниження рівня піщано-пилуватого напірного горизонту (>200 м) є Південно-Білозерське залізорудне родовище, яке розташоване на межі Українського кристалічного масиву та Причорноморського артезіанського басейну. Величина осідання земної поверхні із центром депресії біля шахтних стволів склала 2,5 м при загальній площі мульди осідання до 15 км<sup>2</sup>. Зміна напружено-деформованого стану водно-породного комплексу призвела до додаткових небезпечних деформацій конструкцій шахтних стволів та необхідності їх додаткового зміцнення.

В цілому накопичений досвід експлуатації великих водозаборів (дебіт до десятків тис. м<sup>3</sup>/добу) у більшості напірних (артезіанських) водоносних горизонтах басейнів підземних вод свідчить про необхідність проведення спеціальних інженерно-гідрогеодинамічних досліджень у зоні їхнього впливу [6, 9-11]. Крім того, встановлено, що осідання земної поверхні у зонах депресійних лійок підземних водозаборів нерідко супроводжується підтопленням і заболоченням території, деформаціями будівель і споруд інженерних комунікацій та ін. (Придніпровський, Причорноморський регіони та ін.).

Відомо, що під фільтраційною суфозією мають на увазі винесення гідрогеофільтраційним потоком депресійної лійки експлуатаційної свердловини (дрени) мілкозернистих (пилуватих) часток крізь пори більш крупнозернистого скелета. Як свідчить досвід довгострокової експлуатації водозабірних споруд на різнозернисті водо-

носні горизонти, винос дрібних часток може мати як обмежений характер, так і призводити до руйнування структури водоносного горизонту і перекриваючих порід та формування зон осідання земної поверхні. Численні дослідження [7-9, 11-13] свідчать, що активізація суфозії залежить, в першу чергу від коефіцієнту неоднорідності водоносного піщаного ґрунту  $K_n$  і гідравлічного градієнту  $I$  фільтраційного потоку.

За даними [6-9, 11] процеси суфозійного руйнування породного масиву неоднорідних водонасичених пісків (супісків) спостерігаються переважно при коефіцієнті неоднорідності ( $K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ ) від 10 і більше ( $d_{60}$ ,  $d_{10}$  - відповідно діаметр фракцій порід, що складають 60 % та 10 % водоносного горизонту).

Оцінки впливу гідравлічного градієнту фільтраційного потоку на прояви суфозії дозволяють дійти висновку, що її формування поблизу фільтрів водозабірних свердловин і на поверхні обводнених схилів може відбуватися при гідравлічних градієнтах  $I = 0,1$  і більше [7-9, 11-13]. В інженерно-технологічному відношенні суфозійний процес у прифільтровій зоні часто призводить до пошкодження насосного обладнання та низхідного пристовбурного розвитку суфозії і осідання земної поверхні.

На регіональному рівні суфозійні процеси у багатьох регіонах України (Полісся, Прикарпаття та ін.) завдають значної шкоди фундаментам житлових і промислових будівель у низці промислово-міських агломерацій України [2, 7, 8, 13].

Явище суфозії широко поширене в межах півдня України, де розповсюджені лесово-суглинисті просадкові ґрунти з регіональним розвитком процесу підтоплення внаслідок масштабного зарегулювання поверхневого стоку (більше 80 %) та зрошування земель [6-9]. Переважно низхідний характер техногенних фільтраційних потоків призводить до розчинення цементуючих солей (сульфати, хлориди) і виносу дрібних пилувато-глинистих часток. Внаслідок зменшення об'єму ґрунтового-породної маси на поверхні землі з'являються різноманітні небезпечні форми просідання: воронки, провали, поди [6-9].

Активну роль у розвитку суфозійного процесу при експлуатації водозаборів і дренажних систем у більшості басейнів підземних вод України відіграють перешарування тріщинних (тріщино-карстових) піщаних різнозернистих водоносних горизонтів. Це сприяє формуванню зон підвищених гідравлічних градієнтів та прискореного руху гідрогеофільтраційного потоку на контактах тріщинуватих і піщано-пилуватих шарів і, як наслідок, активізації суфозії вздовж тріщин.

Таким чином, широкий розвиток на території України карстово-суфозійних процесів і пов'

язаних з ними проявів поверхневих і підземних форм (провалів, подів, западин та ін.) є наслідком не лише природних, а й активних техногенних чинників, перш за все, активного підземного водовідбору (Південний, Поліський регіони) з формуванням великих депресійних лійок та низхідних фільтраційних потоків з підвищеними

гідравлічними градієнтами підземних потоків у контактних зонах пілувато-піщаних відкладів та водопроникних тріщин. Такі умови характерні для Волино-Подільського, Причорноморського та центральної частини Дніпровсько-Донецького артезіанських басейнів (рис. 2-4).

Аналіз свідчить, що слід очікувати активіза-

Таблиця 2 / Table 2

Регіональна характеристика потенційного розвитку НГЛП водокористування у басейнах підземних вод України

Regional characteristics of the potential development of NGLP water use in underground water basins of Ukraine

Найменування басейну підземних вод	Площа, тис. км <sup>2</sup>	Потенційний розвиток небезпечних літодинамічних процесів водокористування		
		Дифузія мінералізованих порових розчинів	Фільтраційна компресія	Суфозія
Закарпатський	6,0	+	-	-
Карпатський	18,0	-	-	-
Передкарпатський	13,9	+	-	+
Волино-Подільський	87,0	+	+	+
Український басейн тріщинних вод	161,6	-	-	-
Дніпровський	120,5	+	+	+
Донецько-Донський	44,7	+	+	+
Донецький	25,9	+	-	-
Причорноморський	98,4	+	-	+
Азово-Кубанський	3,9	+	-	-
Рівнинно-Кримський	18,3	+	-	+
Гірсько-Кримський	4,8	-	-	-

ції суфозійних (карстово-суфозійних) процесів внаслідок впливу водно-господарської діяльності людини (будівництво водосховищ, шахтного і кар'єрного водовідливу, активізація підтоплення лесово-суглинистих і просядкових породних масивів). До нових сучасних факторів активізації суфозійних (карстово-суфозійних) процесів слід віднести вплив ГЗК (потепління, зростання нерівномірності та кількості опадів, підвищення висоти і частоти повеней і паводків, з якими пов'язана активізація взаємодії поверхневих і підземних вод), зміни фізико-хімічного стану та фізико-механічних властивостей лесово-суглинистих просядкових масивів у районах інтенсивної забудови та промислового освоєння [2, 6-9].

Відомо, що підземний водовідбір із свердловини обумовлює формування депресійної лійки, в межах якої просторова залежність зниження рівня має вигляд:

$$S_r = S_0 \frac{\lg(R/r)}{\lg(R/r_0)} \quad (9)$$

де  $R$  - радіус депресійної лійки (м) експлуатаційної свердловини при дебіті  $Q$ , м<sup>3</sup>/добу;

$r_0$ ,  $r$  - відповідно, радіус фільтра (типова величина  $r_0 \approx 0,1$  м) та відстань поточної точки депресії ( $r_0 < r < R$ ), м.

Згідно наведеної залежності значення граді-

єнту рівня депресійної лійки у її будь-якому пункті

$$I = \frac{ds}{dr} = [S_0 / (\lg R / r_0)] \cdot (\lg R - \lg r),$$

після відповідних перетворень

$$I = [S_0 / (\ln R / r_0)] \cdot [\ln R - (\ln r - r)] \quad (10)$$

З метою спрощення розрахунку відстані формування критичного значення градієнту гідрогеофільтраційного потоку  $I_{кр}$  у зоні депресійної лійки експлуатаційної свердловини пропонується спрощений метод оцінки стрімкості кривої депресії на прикладі типової свердловини підземного водозабору.

Наприклад, при дебіті свердловини  $Q = 1000$  м<sup>3</sup>/добу, водопровідності експлуатаційного горизонту  $KM = 250$  м<sup>2</sup>/добу та радіусі депресійної лійки  $R \approx 2000$  м величина  $I$  в залежності від відстані  $r$  до фільтрової зони ( $r_0 < r < R$ ) буде змінюватись наступним чином (табл. 3,4 та рис. 4).

Виконані розрахунки свідчать, що небезпечний розвиток суфозійного процесу у прифільтровій зоні експлуатаційної свердловини на водоносний горизонт у різнозернистих пісках може сягати відстані 10-15 м (рис. 5). В той же час, в центральній зоні депресійної лійки групового або лінійного водозабору за умови взаємодії локальних свердловинних депресій, відстань роз-

Таблиця 3 Table 3

Розрахунок градієнтів рівня депресійної лійки типової свердловини підземного водозабору / Calculation of gradients of the depression level of a typical well of an underground water intake

Відстань від фільтрової зони $r_i$ , м	Зміна відстані $\Delta r$ між точками розрахунку градієнту $\Delta r = r_{i+1} - r_i$ , м	Зниження рівня депресії $S_i$ , м	Зменшення зниження рівня $\Delta S$ депресії $\Delta S = S_i - S_{i+1}$ , м	Градієнт фільтраційного потоку $I = \Delta S / \Delta r$
1.0	0.0	4.86	0.0	1.64
2.0	1.0	4.41	0.45	0.45
5.0	3.0	3.83	0.58	0.20
10.0	5.0	3.33	0.50	0.10
15.0	5.0	3.12	0.21	0.04
20.0	5.0	2.94	0.18	0.04

Таблиця 4 / Table 4

Критичні швидкості і критичні градієнти фільтрації за умови суфозійного переносу пісків різної зернистості [6,7,12,13] / Critical velocities and critical filtration gradients under conditions of suffusion transport of sands of different grain sizes [6,7,12,13]

Діаметр зерен водонасиченого піску, мм	Критичні швидкості фільтраційного потоку, м/добу	Критичний градієнт фільтраційного потоку	Структура суфозійного потоку піску
0.57	800	6.67	Переважно низхідний рух у тріщинуваті зони
0.90	530	1.63	
1.35	300	0.54	
<0.1	10	$\leq 0.1$	Переважно латеральні зміщення

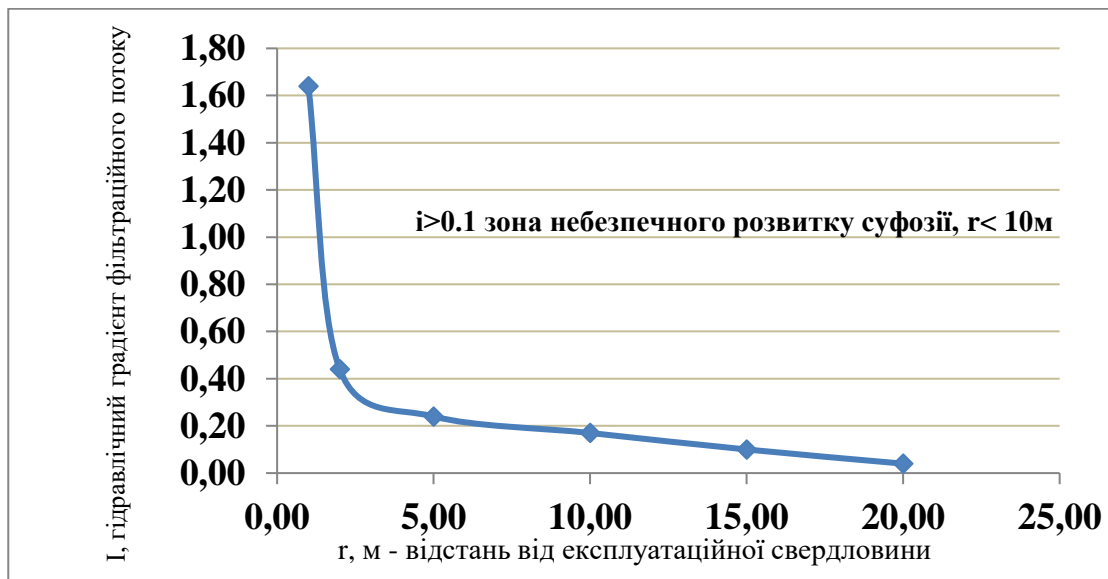


Рис. 5. Зміна гідралічного градієнту фільтраційного потоку з відстанню від експлуатаційної свердловини /

Fig. 5. Change in the hydraulic gradient of the filtration flow with distance from the production well

витку суфозійних деформацій земної поверхні може суттєво збільшуватися (до 3-5 разів) і погіршувати інженерно-геотехнічну стійкість експлуатаційних свердловин, насосного обладнання та інженерних мереж.

Провідним заходом попередження негативного впливу суфозійних процесів на безпеку підземного водовідбору є збільшення діаметру фі-

льтрів та використання фільтрової засипки із високопроникних матеріалів (гравій, крупнозернистий пісок) з метою зменшення гідралічних градієнтів фільтраційних потоків у присвердловинній зоні.

Виконаний аналіз змін геоморфологічних умов ділянок підземних водозаборів переважно у лісостеповій та степовій зонах України засвідчив

наявність ускладнень їх інженерно-геотехнічних умов внаслідок впливу суфозійних і фільтраційно-компресійних процесів. При цьому за результатами експедиційних досліджень 2016-2021рр. [6, 9, 11] встановлено геоморфологічний зв'язок вищезазначених процесів з розвитком подових і блюдцеподібних утворень земної поверхні.

За класифікацією д. г.-м. н. Молодих І. І. блюдця (поди) степові – це пологі, замкнені безстічні зниження округлої або овальної форми діаметром від 10–15 до сотень метрів, завглибшки від 1–1,5 до 3–4 м. Переважно розповсюджені на площах залягання лесів, лесових легких суглинків та супісків. Гідрогеофільтраційною особливістю подів і блюдців є наявність у верхній зоні геологічного розрізу зони активного водообміну (ЗАВ) до глибини від 3–4 до 7–30 м змін складу й фізико-механічних властивостей порід, зростання оглеєності, вологості, щільності. За результатами виконаних в ІТГП НАН України досліджень подово-блюдцеві утворення на території України найбільше трапляються на вододільних слабостічних рівнинних поверхнях, де вони є місцевими базисами ерозії, в межах високих терас середнього Дніпра та ін. терас рік басейну Сіверського Дінця, в північно-західній частині Причорноморської низовини. Вони утворюють полігональний мікрорельєф зі щільністю 14–84 форм на 1 км<sup>2</sup> (найбільша – між Чигирином і Черкасами). На даних територіях місцями займають 15–20 % площі межиріч. Тут вони розміщуються нерівномірно або лінійно на продовженнях улоговин стоку (лівобережжя Дніпра). Навесні та при зрошуванні у подово-блюдцевих депресіях місцевості утворюються невеликі озера, що активізує інфільтраційне живлення підземних вод і суфозійний перенос пилово-глиняних часток у зонах депресійних лійок підземних водозаборів.

В цілому встановлено, що основними факторами розвитку процесів суфозії, фільтраційної компресії та деформацій земної поверхні в межах депресійної лійки за умови активного підземного водовідбору є:

1) наявність пухких порід – глин, суглинків, супісків, пісків, алевритів, лесів у геологічному розрізі ЗАВ;

2) гранулярна неоднорідність пухких відкладів та більш щільних порід, що їх підстеляють в межах ЗАВ (або наявність в них порожнин) – пісковиків, вапняків, мергелів, черепашників, сланців;

3) вертикальна циркуляція підземних вод, що сприяє низхідній міграції пилово-глиняних часток у експлуатаційні підземні водоносні горизонти.

Як свідчать результати еколого-ресурсного

моніторингу стану ПГВ на території України відбувається стійке регіональне погіршення якості поверхневих вод внаслідок їх масштабного регулювання, зростаючого впливу ГЗК та наслідків російської агресії (геохімічне забруднення водозбірних ландшафтів, руйнування очисних споруд та ін.), комплексного впливу техногенного Донбасу у зоні затоплення шахт.

В той же час, узагальнена оцінка потенційного розвитку НГФП у басейнах підземних вод України дозволяє дійти висновку про можливість їх локальної активізації при суттєвому збільшенні водовідбору, який зараз складає менше 10 % прогнозних ресурсів (табл. 4).

Висока еколого-ресурсна стійкість підземного ПГВ обумовлена його високою захищеністю від впливу техногенних порушень поверхневої гідросфери, значним перевищенням природних об'ємів підземних вод в ЗАВ над середньорічним поверхневим стоком та можливістю оптимізації водовідбору за рахунок наближення до водокористувачів.

Таким чином, активне збільшення підземного водовідбору підземних вод питної якості є головним фактором підвищення еколого-ресурсної стійкості систем господарсько-питного водопостачання за умови зростання комплексного впливу ГЗК, водно-екологічних наслідків російської агресії та накопичених незворотних порушень екологічного стану поверхневої гідросфери [1, 2, 9-13].

**Висновки.** Виконаний аналіз потенційних факторів регіонального розвитку небезпечних геофільтраційних процесів водокористування у басейнах підземних вод України дозволяє обґрунтувати наступні висновки і рекомендації.

1. Аномальне регулювання поверхневого стоку провідних річкових басейнів України (більше 70 %, що в 2-3 рази вище показників держав ЄС), що обумовлює зниження активності водообміну поверхневої гідросфери і зростання небезпеки забруднення поверхневих джерел ПГВ (до 75 % загального водопостачання), в т. ч. внаслідок зростання впливу негативних факторів ГЗК.

2. Підземні води питної якості в межах практично усіх регіонів України (за виключенням гірських районів Карпат і Криму), є головним фактором національної безпеки господарсько-питного водопостачання за умови повоєнного відновлення України, подальшого впливу накопичених водно-екологічних наслідків техногенезу та ГЗК.

3. В межах усіх БПВ України при багаторічному збільшенні водовідбору існує загроза локального розвитку небезпечних геофільтраційних процесів, провідними серед яких є:

- дифузія мінералізованих порових розчинів із



слабопроникних (водотривких) шарів у експлуатаційні водоносні горизонти;

- фільтраційна компресія водоносних горизонтів під впливом тривалих відкачок підземних вод;
- фільтраційно-суфозійне винесення дрібнозернистих (пилуватих) часток гідрогеофільтраційним потоком експлуатаційної свердловини з небезпекою осідання земної поверхні.

Враховуючи вищенаведене, при формуванні оновленої моделі економічного розвитку України у повоєнний період та підвищення еколого-ресурсної безпеки системи господарсько-питного водопостачання на основі стійкого збільшення використання захищених від впливу техногенезу підземних вод представляється необхідним:

1) виконати переоцінку прогнозних ресурсів і експлуатаційних запасів підземних вод питної

якості, надати орієнтовні оцінки впливу конвективно-дифузійного переносу мінералізованих порових розчинів із слабопроникних (розділюючих) шарів на якість вод експлуатаційних горизонтів;

2) розробити методику вірогідної оцінки гідрогеохімічних і пружньо-ємностних параметрів слабопроникних розділюючих шарів та їх впливу на еколого-гідрогеологічні умови гідрогеофільтраційних систем, "слабопроникний (розділюючий) шар – експлуатаційний водоносний горизонт";

3) розробити наукові основи гранично-припустимих знижень рівнів в експлуатаційних водоносних горизонтах з урахуванням впливу дифузійно-конвективної міграції мінералізованих порових розчинів слабопроникних (розділюючих) шарів.

#### Список використаних джерел

1. Шестопалов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др. Водобмен в нарушенных условиях //В кн.: Водобмен в гидрогеологических структурах Украины. - К.; Наук. думка, 1991. - 528 с.
2. Шехунова С.Б., Яковлев Е.О., Стадниченко С.Н., Алесенкова М.В. Проблемы природопользования на территориях ликвидированных солерудников в пгт. Солотвино (Закарпатье, Украина). Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, «Актуальные проблемы наук о Земле. Исследование трансграничных регионов». 2019, с. 277-282.
3. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2022 р. Мінрегіонрозвитку України, Київ, 2023, 664 с.
4. Яковлев Е.О. Оцінка впливу порових розчинів регіональних слабопроникних шарів на формування якості ресурсів питних підземних вод. Мінеральні ресурси України, №1, 2011, с. 37-46
5. Сухоробрый, А. О. Порів розчини слабопроникних порід платформних артезіанських басейнів України: автореф. дис. д-ра геол. наук: 04.00/19, 64с.
6. Триснюк В.М., Трофимчук О.М. Моделирование природно-технической системы гидроресурсов для безопасности объектов критической инфраструктуры. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Восьмої міжнародної науково-практичної конференції (9-12 жовтня 2023 р., м. Львів), с. 516-522. [https://conf.dkz.gov.ua/files/2023\\_materials\\_net.pdf](https://conf.dkz.gov.ua/files/2023_materials_net.pdf)
7. Мироненко В.А., Шестаков В.М. Основы гидрогеомеханики. М., "Недра", 1974, 305 с.
8. Огняник Н.С., Рудаков В.К., Рибин В.Ф., Ситников А.Б. Охрана подземных вод в условиях техногенеза. К., "Вища школа", 1985, 223 с.
9. Удалов И.В. Трансформация геологической среды под влиянием техногенных процессов (в условиях северо-восточного Донбаса). Харьков, ХНУ им. В.Н. Каразина, 2016, 176 с.
10. Ye. Yakovlev, Ser. Chumachenko. Ecological Threats in Donbas, Ukraine. Canada, Centre for Humanitarian Dialogue, 2017, 60 p.
11. World Bank. Sustainable land management. Challenges, opportunities and trade offs. Washington D.C.: World Bank Publications, 2006.
12. Goldewey W.G., Wesche D., Rudolph T., Melchers C. Methods for evaluating the hydraulic barriers effects of the Escher Marl following cessation of German Hard Coal Mine. An Interdisciplinary Response to Mine Water Challenges. Proceedings of the 12<sup>th</sup> Congress of International Mine Water Association, p.p. 693-698, 2014.
13. Giao P.H., Phien-waj. N.A/FEM Program for the land subsidence analyses. Proc. Intl. Workshop – Hanoi Geoinforming, Vietnam National University Publishing House, 2014, p.p. 77-82.
14. Burenkova V. V. Assessment of Suffosion in Non-Cohesive and Graded Soils. In J. Brauns, U. Schuler, and M. Heibaum, editors, Filters in Geotechnical and Hydraulic Engineering on the First International Conference Geo-Filters, Karlsruhe, 20-22. Oktober, pages 357-367, Rotterdam, 1992, Balkema.
15. R. P. Chapuis, Similarity of Internal Stability Criteria for Granular Soils. Canadian Geotechnical Journal, 29: 711-713, 1992.
16. Fannin R. J. Karl Terzaghi: from theory to practice in geotechnical filter design. ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 134: 267.276, 2008. Scour and Erosion, 261 p.
17. Homberg U., Binner R., and Prohaska S. Determining geometric grain structure from x-ray micro-tomograms of graded soil. In K. J. Witt, editor; Workshop Internal Erosion, volume 21 of Schriftenreihe Geotechnik, Witt, K. J., Nov. 2008.

18. Kenney T. C. and Lau D. *Internal Stability of Granular Filters*. *Canadian Geotechnical Journal*, 22: 32-43, 1985.
19. Kenney T. C. and Lau D. *Internal Stability of Granular Filters: Reply*. *Canadian Geotechnical Journal*, 23: 420-423, 1986.
20. Kezdi A. *Soil physics - selected topics*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1979.
21. Li M. and Fannin R. J. *A comparison of two criteria for internal instability of granular soils*. *Canadian Geotechnical Journal*, 45: 1303-1309, 2008.
22. Mehlhorn T., Prohaska S., and Slowik V. *Modelling and analysis of part icle and pore structures in soils*. In K. J. Witt, editor, *Workshop Internal Erosion, volume 21 of Schriftenreihe Geotechnik*. Witt, K. J., Nov. 2008.
23. Milligan V. *Internal stability of granular filters: Discussion*. *Canadian Geotechnical Journal*, 23: 414-418, 1986.
24. MSD. *Merkblatt: Standsicherheit von Dammen an Bundeswasserstral3en*. *Technical Report, Bundesanstalt fur Wasserbau*, 2005.
25. Muckenthaler P. *Hydraulische Sicherheit von Staudammen*. *PhD thesis, TU Munchen, 1989. Bericht Nr. 61*.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Potential factors of regional development of dangerous geofiltration processes of water use in underground water basins of Ukraine

*Yevhenii Yakovliev*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

*Ihor Udalov*<sup>2</sup>

DSc (Geology), Professor, Department of Fundamental and Applied Geology,

<sup>2</sup> V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

### ABSTRACT

It is indicated that surface water resources under the conditions of growing technogenesis and the consequences of military actions (military, geochemical pollution of catchment landscapes, destruction of treatment facilities, etc.) are classified as polluted and dirty (IV, V quality class). Underground water resources of Ukraine amount to 22.5 billion m<sup>3</sup>, of which up to 70% are protected or conditionally protected artesian waters of drinking quality, the transition to the use of which determines the relevance of the article.

**The purpose** of the article is to analyze the potential factors of regional development of dangerous geofiltration processes of water use in underground water basins of Ukraine.

**The scientific novelty** of the article lies in the assessment of the degree of influence of the complex of dangerous lithodynamic processes (HLDP), which have a hydrogeofiltration origin, on the qualitative characteristics of groundwater, the stability of the upper part of the rock massif, and the safe operation of water intake facilities.

**Practical significance.** It is shown that with any scheme of depression funnel formation, the diffusion-convective movement of salts and microcomponents from the pore solutions of the poorly permeable (separating) layer is a stable spatio-temporal factor affecting the hydrogeochemical composition of water in operational aquifers. It has been proven that the hydrogeochemical evolution of the composition of water at most water intakes in Ukraine requires changes in approaches to the justification of well location schemes and the amount of allowable decreases in levels in operational horizons. It is estimated that engineering-geotechnically significant filtration compression of the aquifer occurs when the level drops by tens of meters or more. The results of spatio-temporal monitoring of filtration and compression subsidence of the earth's surface in the areas of depression funnels of water intakes and drainage and drainage systems of quarries and mines on the territory of Ukraine indicate that, in general, the amount of subsidence of the earth's surface is correlated with a decrease in the level in the operational aquifer, and in in most cases it is 1.0-2.5% of its value. It has been established that the subsidence of the earth's surface in the zones of depressions of underground water intakes is often accompanied by flooding and waterlogging of the territory, deformations of buildings and structures of engineering communications. It is stated that the active role in the development of the suffusion process during the operation of water intakes and drainage systems is played by the interlayering of fissured (crack-karst) sandy, multi-grained aquifers. This contributes to the formation of zones of increased hydraulic gradients and accelerated movement of hydrogeofiltration flow at the contacts of cracked and sand-dust layers and, as a result, activation of suffusion along the cracks. Calculations prove that the dangerous development of the suffusion process in the near-filter zone of the production well on the aquifer in multi-grained sands reaches 10-15 m. In the central zone of the depression funnel of a group or linear water intake, under the condition of the interaction of local well depressions, the distance of the development of suffusion deformations of the earth's surface increases significantly (up to 3-5 times) and worsens the engineering and geotechnical stability of production wells, pumping equipment, etc.

**Keywords:** *aquifer, technogenesis, suffusion, filtration compression, groundwater quality.*

## References

1. Shestopalov V.M., Ognyanik N.S., Drobnokhod N.I. etc. (1991). *Water exchange in disturbed conditions. Water exchange in the hydrogeological structures of Ukraine*. K.; Naukova dumka, 528.
2. Shehunova S.B., Yakovlev E.O., Stadnychenko S.N., Aleseenkova M.V. (2019). *Problems of nature management in the territories of liquidated salt mines in the village of Solotvino (Zakarpattya, Ukraine). Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, "Actual Problems of Earth Sciences. Research of cross-border regions"*. 277-282.
3. *National report on the quality of drinking water and the state of drinking water supply and drainage in Ukraine in 2022 (2023)*. Ministry of Regional Development of Ukraine, Kyiv, 664. [in Ukrainian]
4. Yakovlev E.O. (2011). *Evaluation of the influence of pore solutions of regional poorly permeable layers on the formation of the quality of drinking groundwater resources. Mineral resources of Ukraine, 1*, 37-46. [in Ukrainian]
5. Sukhorebry A. O. (2019). *Pore solutions of poorly permeable rocks of platform artesian basins of Ukraine: autoref. thesis Dr. geol. Sciences: 04.00/19*, 64. [in Ukrainian]
6. Trysnyuk V.M., Trofymchuk O.M. (2023). *Modeling of the natural and technical system of water resources for the safety of critical infrastructure facilities. Subsoil use in Ukraine. Investment prospects. Materials of the Eighth International Scientific and Practical Conference (October 9-12, Lviv)*. 516-522. [https://conf.dkz.gov.ua/files/2023\\_materials\\_net.pdf](https://conf.dkz.gov.ua/files/2023_materials_net.pdf) [in Ukrainian]
7. Myronenko V.A., Shestakov V.M. (1974). *Fundamentals of hydrogeomechanics*. M., "Nedra", 305.
8. Ognyanik N.S., Rudakov V.K., Rybyn V.F., Sytnikov A.B. (1985). *Protection of groundwater in the conditions of technogenesis*. K., "Higher School", 223.
9. Udalov I.V. (2016). *Transformation of the geological environment under the influence of man-made processes (in the conditions of the North-Eastern Donbas)*. Kharkiv, V.N. Karazin Kharkiv National University, 176.
10. Yakovlev Ye., Chumachenko Ser. (2017). *Ecological Threats in Donbas, Ukraine*. Canada, Centre for Humanitarian Dialogue, 60.
11. World Bank (2006). *Sustainable land management. Challenges, opportunities and trade offs*. Washington D.C.: World Bank Publications.
12. Goldewey W.G., Wesche D., Rudolph T., Melchers C. (2014). *Methods for evaluating the hydraulic barriers effects of the Escher Marl following cessation of German Hard Coal Mine. An Interdisciplinary Response to Mine Water Challenges. Proceedings of the 12th Congress of International Mine Water Association*, 693-698.
13. Giau P.H., Phien-waj. N.A. (2014). *FEM Program for the land subsidence analyses. Proc. Intl. Workshop – Hanoi Geoingeniering, Vietnam National University Publishing House*, 77-82.
14. Burenkova V. V. (1992). *Assessment of Suffosion in Non-Cohesive and Graded Soils*. In J. Brauns, U. Schuler, and M. Heibaum, editors, *Filters in Geotechnical and Hydraulic Engineering on the First International Conference Geo-Filters, Karlsruhe, 20-22 Oktober, Rotterdam, Balkema*, 357-367.
15. Chapuis R. P. (1992). *Similarity of Internal Stability Criteria for Granular Soils*. *Canadian Geotechnical Journal*, 29: 711-713.
16. Fannin R. J., Terzaghi Karl (2008). *From theory to practice in geotechnical filter design*. *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 134:267.276, *Scour and Erosion*, 261.
17. Homberg U., Binner R., and Prohaska S. (2008). *Determining geometric grain structure from x-ray microtomograms of gradated soil*. In K. J. Witt, editor; *Workshop Internal Erosion, 21 of Schriftenreihe Geotechnik*, Witt, K. J.
18. Kenney T. C. and Lau D. (1985). *Internal Stability of Granular Filters*. *Canadian Geotechnical Journal*, 22: 32-43.
19. Kenney T. C. and Lau D. (1986). *Internal Stability of Granular Filters: Reply*. *Canadian Geotechnical Journal*, 23: 420-423.
20. Kezdi A. (1979). *Soil physics - selected topics*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
21. Li M. and Fannin R. J. (2008). *A comparison of two criteria for internal instability of granular soils*. *Canadian Geotechnical Journal*, 45: 303-1309.
22. Mehlhorn T., Prohaska S., and Slowik V. (2008). *Modelling and analysis of part icle and pore structures in soils*. In K. J. Witt, editor; *Workshop Internal Erosion, volume 21 of Schriftenreihe Geotechnik*. Witt, K. J.
23. Milligan V. (1986). *Internal stability of granular filters: Discussion*. *Canadian Geotechnical Journal*, 23: 414-418.
24. *Merkblatt MSD. (2005). Standsicherheit von Dammen an Bundeswasserstral3en. Technical Report, Bundesanstalt fur Wasserbau*.
25. Muckenthaler P. (1989). *Hydraulische Sicherheit von Staudammen*. PhD thesis, TU Munchen, Bericht Nr. 6.

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 6 April 2024

Accepted 23 May 2024

# ГЕОГРАФІЯ

<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-09>

УДК 528.9:004.6:711

Надійшла 27 березня 2024 р.

Прийнята 20 травня 2024 р.

## Геоінформаційне забезпечення геопорталів територіальних громад: довоєнні реалії й післявоєнні перспективи

*Антон Ачкасов*<sup>1</sup>

аспірант кафедри фізичної географії та картографії,

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна,

e-mail: [a.kashtan@meta.ua](mailto:a.kashtan@meta.ua),  <https://orcid.org/0009-0002-8247-9627>;

*Наталія Попович*<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент кафедри фізичної географії та картографії,

e-mail: [n.v.popovych@karazin.ua](mailto:n.v.popovych@karazin.ua),  <http://orcid.org/0000-0003-4968-6296>;

*Віліна Пересадько*<sup>1</sup>

д. геогр. н., проф., професор кафедри фізичної географії та картографії,

e-mail: [vilinaperesadko@karazin.ua](mailto:vilinaperesadko@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0002-2439-2788>;

*Тенгіз Гордезіані*<sup>2</sup>

д. геогр. н., доцент кафедри геоморфології і картографії географічного департаменту,

<sup>2</sup> Тбіліський державний університет імені Іване Джавахішвілі, Тбілісі, Грузія,

e-mail: [tengiz.gordeziani@tsu.ge](mailto:tengiz.gordeziani@tsu.ge),  <https://orcid.org/0009-0006-1547-8201>

У зв'язку зі зміною адміністративно-територіального устрою і компетенцій місцевого самоврядування у ході реформи децентралізації, а також реформами цифровізації і земельних відносин, територіальні громади потребують розроблення цілого пакету картографічних творів, присвячених просторовому плануванню, містобудівному і земельному кадастру, розвитку перспективних галузей громади. Зі створенням Національної інфраструктури геопросторових даних місцевий рівень має бути забезпечений базовими наборами геоданих та функціоналом публікації цих даних, роботи з ними у єдиній системі на базі ГІС-технологій та веб-картографування у вигляді геопорталів. Окремим завданням є відновлення постраждалих внаслідок російської військової агресії територій, для успішної реалізації якого теж є необхідним залучення карт та ГІС. Якісне геоінформаційне забезпечення громад є необхідним для сталого розвитку міст та спільнот, що є однією з Цілей сталого розвитку, ухвалених ООН у 2015 році. У статті висвітлено стан, досвід та перспективи впровадження геопорталів в Україні; їхню структуру, можливий функціонал та картографічний зміст; процес розробки геопорталів і наповнення геоданими на прикладі прототипу геопорталу Нововодолазької територіальної громади Харківської області. Порівняно різні програмні рішення щодо архітектури геопорталу на основі Open Source. На основі авторських досліджень сформульовано наступні рекомендації щодо розробки геопорталів територіальних громад: використання відкритого програмного забезпечення при побудові геопорталу; обов'язкове завантаження і зберігання карт і даних комплексного плану для подальшого використання у побудові тематичних карт; використання методів традиційної картографії при розробці картографічного забезпечення, в тому числі, відповідних умовних знаків; реалізація на геопорталі функцій зручної роботи з картографічною інформацією; дотримання вимог та методичних рекомендацій щодо якості, сумісності і подальшої публікації просторових даних у системі Національної інфраструктури геопросторових даних.

**Ключові слова:** геоінформаційне забезпечення, картографічне забезпечення, просторове планування, геопросторові дані, територіальна громада, геопортал територіальної громади, цілі сталого розвитку ООН.

**Як цитувати:** Ачкасов Антон. Геоінформаційне забезпечення геопорталів територіальних громад: довоєнні реалії й післявоєнні перспективи / Антон Ачкасов, Наталія Попович, Віліна Пересадько, Тенгіз Гордезіані // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 124-136. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-09>

**In cites:** Achkasov Anton, Popovych Nataliia, Peresadko Vilina, Gordeziani Tengiz (2024). Geoinformation support of geoportals of territorial communities: pre-war realities and post-war prospects. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 124-136. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-09> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Вперше на проблематику створення якісного інформаційного забезпечення і його впровадження на всіх рівнях держави, від національного до окремих користувачів, звернено увагу у публічній площині в ході реформи децентралізації. Реформа мала на меті передачу прав, повноважень і відповідальності

на місця, що передбачає створення самостійних, незалежних від органів державної влади, спроможних громад [41,42]. У 2014 році прийнята «Концепція реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні» [27], реалізація якої поділена на підготовчий і основний етапи. На першому етапі сформовано

законодавчо-нормативну базу щодо передачі управління на місцевому рівні, добровільного об'єднання громад та їх співробітництва. Фактично цей етап завершений у 2020 році зміною адміністративно-територіального устрою, об'єднанням деяких громад згідно перспективних планів областей, а в 2021 році майно та землі передані у власність громад [39, 40].

Однією з цілей другого етапу декларовано забезпечення попиту громад в актуальній містобудівній документації, а саме у схемах планування території та генеральних планах, модернізація системи територіального планування на місцевому рівні. Наразі це означає, що для ефективного самоврядування, належного прогнозування і планування розвитку територій, розрахунку їхньої фінансової спроможності в громадах має бути належний, якісний картографічний матеріал, створений на основі принципів цифровізації. Це передбачає реалізацію реформи за допомогою цифрових систем. У свою чергу, однією з цілей цифровізації є перехід місцевого самоврядування на електронну форму роботи, оптимізація процедур надання адміністративних послуг. У результаті впроваджено ринок землі, державний електронний сервіс «Дія» і Національну інфраструктуру геопросторових даних (НІГД). Комісія з ГІС при Кабінеті Міністрів України та концепція Національної ГІС були створені ще у 1992-1993 роках, але незважаючи на активну роботу профільних фахівців та міжнародну співпрацю, НІГД отримала практичну реалізацію лише у 2020 році з прийняттям Закону України про «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [1]. Згідно Закону, а також за концепцією третього покоління НІГД, її основою є розгалужена мережа геопорталів, створюваних за ієрархічним принципом, що забезпечує не тільки зберігання, а й обмін, моніторинг і оновлення наявних просторових даних між різними рівнями управління територіями. Геопортал, в свою чергу, є веб-додатком, що містить просторові дані і відображає їх у мережі Інтернет. Геопортали надають змогу органам місцевого самоврядування (ОМС) візуалізувати дані громади і ефективно з ними працювати для прийняття управлінських рішень, дозволяють здійснювати моніторинг ресурсів і сучасного стану територій.

Згідно закону, органи місцевої влади зобов'язані публікувати усі наявні просторові дані на своїх веб-сайтах або геопорталах, які, в свою чергу, мають інтегруватися на національному порталі. Тобто, громади повинні надавати усі геодезичні, картографічні, містобудівні та кадастрові матеріали не тільки у паперовому, а й в електронному вигляді за допомогою веб-сервісів із застосуванням сучасних геоінформаційних

технологій. До впровадження НІГД протягом кількох років використання ГІС та веб-картографування вже було поширене у роботі окремих міст, громад та державних служб (по більшості кадастрових). Станом на кінець 2023 року у системі НІГД зареєстровано близько 81% громад (що, втім, не означає наявності актуальних метаданих і геопорталу в цих громадах).

24 липня 2021 року запроваджено виконання комплексного плану просторового розвитку території для територіальних громад (ТГ). Першими громадами, де впроваджено комплексний план (в рамках пілотного проекту), були Роганська і Пісочинська ТГ. Досвід розробки і методичні підходи увійшли до відповідних посібників [28, 29, 36]. Комплексний план за призначенням представляє містобудівну і землевпорядну документацію та об'єднує раніше розрізнені між собою категорії картографічних творів: план існуючого використання території, проектний план, ландшафтний план, тощо. Також створення комплексного плану передбачає створення засобами ГІС картографічної основи, комплексну оцінку території, проведення стратегічної екологічної оцінки, врахування стратегії розвитку ТГ. Таким чином, громади отримали можливість в рамках одного проекту одразу вирішити цілий ряд проблем, що є пріоритетними для життя громади та сталого розвитку. Також треба зазначити, що комплексний план має бути розроблений до 1 січня 2025 року, інакше можливість відведення земель та зміни їхнього цільового призначення буде заблокована.

Тепер це питання є ще більш гострим у зв'язку з початком повномасштабної війни, коли мова йде не тільки про просторове планування, а й про організацію відновлення постраждалих територій, яке теж має бути забезпечене актуальними даними та візуалізовано за допомогою ГІС [43]. Наразі, через військовий стан, робота місцевих ГІС і геопорталів досить обмежена з міркувань безпеки (суттєву частину інформації не можна використовувати публічно, частина геопорталів працюють у режимі закритого або обмеженого доступу), але збір і оновлення інформації має продовжуватися, що цілком необхідно для ефективної роботи місцевого самоврядування у післявоєнний період.

Тому питання створення місцевих геопорталів як єдиного, централізованого сервісу у системі НІГД, що об'єднує функції зберігання, обробки, систематизації і візуалізації просторової інформації є актуальним, нагальним і перспективним. До того ж, якісне геоінформаційне забезпечення громад є необхідним для сталого розвитку міст та спільнот, що є однією з Цілей сталого розвитку, ухвалених ООН у 2015 році [35].

**Метою** статті є на основі аналізу нормативних документів, досвіду створення геопорталів визначити подальші перспективи і напрямки розвитку місцевих геопорталів в Україні та їхнього геоінформаційного та картографічного забезпечення.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Увага до питань сталого розвитку громад серед науковців значно посилилася за останні 10 років. Сутність, структура і наповнення геопорталів просторовими даними розглядалися І. Ковальчуком та А. Ковальчуком, які обґрунтовували потребу в запровадженні геопорталів, їхнє цільове призначення, завдання, що повинні виконуватися, функціонал, звернули увагу на слабкість і непередуманість змісту і наповнення геопорталів. Ці роботи цінні як керівництво при створенні контенту геопорталу, бо в них запропоновано чітку структуру, міститься перелік картографічних творів для його наповнення та перелік джерел просторових даних, що наявні у вільному доступі [16, 17].

Новаторами у галузі інфраструктури геопросторових даних та геоінформаційних систем на даний момент є вчені Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА), а саме Ю. Карпінський, А. Лященко, Н. Лазоренко, Д. Кінь. Більш ніж 20 років тандем Ю. Карпінського та А. Лященко просував у публічному і науковому середовищі тему впровадження сучасних методичних підходів, систем і технологій у геодезії, топографії, кадастрі та містобудуванні. Завдяки їхнім спільним зусиллям сформовано теоретико-методичну основу функціонування НІГД, національні стандарти ДСТУ щодо географічної інформації та її публікації у мережі Інтернет, створено державну систему координат УСК-2000, налагоджено міжнародну співпрацю та реалізовано спільні проєкти з норвезькими, шведськими, японськими фахівцями [12]. Автори неодноразово звертали увагу на взаємозв'язок НІГД із просторовим плануванням та сталим розвитком громад.

У статті А. Лященко, О. Карпенко, та А. Черіна, присвяченій ТГ у системі НІГД, зазначено, що згідно концепції ІГД третього покоління НІГД базується на мережі геопорталів різних ієрархічних рівнів (держані, регіональні, місцеві, спеціальні) і їх взаємодії між собою, а тому органи місцевого самоврядування несуть значну відповідальність за створення геопросторових даних які, з одного боку, формують базовий рівень НІГД, а з іншого – необхідні для сталого розвитку громад та ефективного прийняття рішень. Наголошено, що для розвитку НІГД протягом 4-5 років необхідно створення топографічних планів масштабу 1:2 000, підвищення компе-

тентності управлінців у сфері ГІС-технологій [18]. Якщо перевести це у практичну площину, то для створення якісної картографічної продукції та геопросторових даних необхідним є використання веб-сервісів загальнодержавного рівня (ДЗК, ПМК), до яких можна отримати доступ через національний геопортал НІГД. У свою чергу, ті дані та карти, створення яких, згідно чинного законодавства, лежить у компетенції ТГ, мають бути зареєстровані і завантажені у системі НІГД згідно міжнародних стандартів, що дозволить НІГД автоматично оновити ці дані завдяки динамічності національної системи. Наприклад, такими матеріалами є топографічні плани в масштабах 1:500 і 1:2 000, а за створення карт в масштабі 1:10 000 відповідальною є держава [11, 19, 20].

Впровадження ГІС у контексті кадастру, земельних ресурсів і норм права досліджували Ю. Кірічек та В. Гряник, які наголошували на актуальності застосування ГІС в управлінні земельними ресурсами громад. Така ГІС, на думку авторів, завдяки інструментам земельного моніторингу, контролю процесу виконання управлінських рішень, публічності всієї інформації, організації звітності та документообігу на основі аналітики даних, допоможе вирішити проблеми корупції, ухилення від сплати податків та оренди за землю, браку бюджетних коштів, підвищить прозорість земельних відносин та спростить надання кадастрових і правових послуг органами місцевого самоврядування [13].

Також ці автори зазначають, що ГІС місцевого рівня мають стати основою у кадастровій роботі, оскільки вони об'єднують бази даних різних відомчих установ у єдину інформаційно-аналітичну систему, що буде задовольняти потреби громадян, виробництва та департаменти громади в актуальній просторовій інформації. Окрім цього, дані ГІС, разом із системою надання послуг і документів, можуть використовуватися у правовому полі громадянами та громадою для захисту своїх прав, що передбачені чинним законодавством [14]. Науковцями обґрунтовано необхідність розроблення власної системи кадастру з застосуванням провідного методу ідентифікації нерухомого майна на базі сучасних ГІС-технологій [15]. Все це цілком відноситься і до геопорталів, що зазвичай базуються на місцевих ГІС.

У результаті співпраці польських і українських науковців створено спеціальний сільськогосподарський ГІС-модуль, що має на меті раціональне використання і охорону сільськогосподарських земель [44]. Автори стверджують, що впровадження такого модуля у рамках регіональної або місцевої ГІС і публічна доступність відповідних даних дозволить зацікавленим сто-

ронам і власникам земель здійснювати ефективно прийняття рішень. Збір, зберігання, аналіз даних та результати їх обробки надаватимуть змогу здійснювати прогнозування й управління землями та проводити моніторинг їхнього сучасного стану. Наголошено, що території Польщі та України досить схожі між собою, тому, якщо робота цього модулю у Польщі буде вдалою, то його можна буде впроваджувати і в регіонах України (в тому разі і в рамках створення місцевих геопорталів).

На прикладі геопорталу Житомирської області науковцями Поліського національного університету розглянуто стан і проблеми втілення геопорталів та їхнє значення для соціального й економічного розвитку територій. Зазначено, що наявне наповнення геопорталу області хоча і не є вичерпним, але все ж дозволяє вирішувати значну кількість питань і приймати ефективні рішення. Також наголошено, що важливими напрямками розвитку геопорталу є гармонізація просторових даних, адаптація до усіх потреб споживачів і гнучкість щодо впровадження нових ГІС-модулів [38].

Тематику просторового планування громад детально висвітлено в роботах А. Третьяка:

– обґрунтовано викладання геоінформатики та ГІС як основних і невід'ємних наукових дисциплін при підготовці фахівців з земельного кадастру [32];

– визначено теоретико-методологічні основи просторового планування в Україні, сформульовано засади стратегічного розвитку громад та відповідні принципи і методи планування, що мають бути в подальшому відображені на картах, планах і схемах [34];

– запропоновано низку картографічних творів для комплексного плану відновлення постраждалих територій в результаті російської воєнної агресії проти України з метою подальшого ефективного землекористування в громадах, а отже і представлення цих творів в геопорталах [33].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Можна стверджувати, що Україна має широкий, різноплановий досвід у створенні картографічного забезпечення, впровадженні геоінформаційних систем, баз даних та веб-картографування у якості клієнт-сервісних технологій та геопорталів. Національна ідея створення геопорталів та система НІГД, фактично, покликані зруйнувати відомчий підхід, що негативно впливає на розвиток місцевого самоуправління. За своєю суттю геопортал має об'єднати розрізнені відділи та департаменти у єдиний організм, спонукати до спільної праці у напрямку планування та формування спроможності громади.

Але стосовно розробки геопорталів ТГ можна констатувати, що наразі не сформовані вимоги та критерії якості щодо місцевих веб-сервісів, не існує єдиної, доступної, простої методики, яка б дозволила оптимізувати процедуру створення геопорталів на місцевому рівні і яка б відповідала компетентності державних управлінь та фахівців, немає єдиного уніфікованого переліку обов'язкових картографічних творів, зокрема тематичних, які мали б візуалізувати інформацію щодо стану регіонів країни. Незважаючи на те, що національні та міжнародні стандарти передбачають гнучкість та свободу дій у питанні архітектури, програмно-технічних засобів геопорталів та ГІС та орієнтовані на конкретні, специфічні запити громад, є потреба в описі певних готових рішень, можливих варіантів структури та наповненості геопорталу просторовими даними, переваг та недоліків програмного забезпечення. Це б не тільки пришвидшило і вдосконалило процес побудови місцевих геопорталів, а й підвищило обізнаність суспільства та уможливило здійснення моніторингу і об'єктивної однозначної оцінки розвитку громад на рівні адміністративних районів, областей і країни в цілому.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Явище геопорталів є результатом розвитку і еволюції веб-картографії починаючи з 90-х років, що в свою чергу є поєднанням геоінформаційних систем та Інтернет-технологій. У 1990 році Тім Бернерс-Лі замість E-mail та протоколу передачі файлів FTP, запропонував протокол HTTP, мову HTML і URL, що стало основою для створення World Wide Web (WWW, Web). Через декілька років науковці США почали створювати веб-сервіси, що оперують просторовими даними. Вже тоді була помітна головна перевага Web в ГІС – це доступність, тобто сервіс, що:

– візуалізує карти та орієнтований на широке коло користувачів;

– не потребує встановлення додаткового програмного забезпечення;

– є швидшим ніж завантаження карт у настільних ГІС.

З 1998 року почалася популяризація веб-ГІС і подальше створення веб-сервісів для цивільного користувача. З'явилися зразки програмного забезпечення для створення власних картографічних веб-сервісів, першим серед яких був MapServer з відкритим початковим кодом. Незабаром крупними компаніями-розробниками ГІС (ESRI, Intergraph) були розроблені власні комерційні продукти з веб-ГІС, наприклад, ArcIMS. Відкритим геопросторовим консорціумом (OGC) затверджено протокол передачі даних WMS та інші стандарти, якими ми користуємося сьогодні.

Таким чином, веб-ГІС та відповідні сервіси поступово перетворились у сучасні геопортали, що мають не тільки функції візуалізації карт, а й широкий інструментарій взаємодії з даними. Геопортал є сукупністю програмно-технічних засобів і сервісів веб та ГІС, це єдиний веб-ресурс, що забезпечує доступ до геоданих, метаданих та інших ресурсів з географічною прив'язкою та їх відображення.

Геопортали створюються як на основі платних, пропрієтарних рішень, так і за допомогою програмних рішень з відкритим початковим кодом (Open Source). Компанія ESRI, як монополіст у комерційних ГІС, має цілий комплекс сумісних між собою програмних рішень для всіх частин геопорталу (ArcGIS Online, ArcGIS Enterprise) і службу підтримки на випадок будь-яких проблем. Фактично, споживач отримує майже готовий пакет програмних засобів з застосуванням сучасних технологій і підтримку цих засобів зі сторони компанії. Він є статичним, коштовним і потребує меншої кваліфікації від ГІС-фахівців. На платформі ArcGIS працює більшість електронних систем містобудівного та земельного кадастру України. Наприклад, автоматизована система державного земельного кадастру (АСДЗК), з даними якої працювала Публічна кадастрова карта (ПКК), побудована на базі ArcGIS та баз даних Oracle. Також, ArcGIS широко використовується у веб-ГІС.

Перевагою відкритих програмних продуктів є значна гнучкість. Робота кожної частини геопорталу (та й функціоналу) забезпечується окремим програмним рішенням, що дозволяє об'єднувати в одному сервісі різні продукти для різного функціоналу. Такий підхід може задовольнити найспецифічніші, вузькоспеціалізовані потреби і завдання, але потребує більшої кваліфікації ГІС-фахівців. Наприклад, растрові дані можуть зберігатися на першому сервері, а векторні – на другому, в іншому форматі, що збільшить швидкодію такого сервісу. Але такий сервіс має підтримуватися окремим фахівцем з ГІС.

На практиці на місцевому рівні в Україні успішно реалізуються геопортали як на основі ArcGIS Online, так і на Open Source рішеннях, що детально буде розглянуто нижче. Обидва варіанти є більш-менш рівноцінними в плані коштів – усе залежить від потреб споживача. Національні стандарти ДСТУ, ISO та директива INSPIRE передбачають свободу вибору щодо архітектури порталу в рамках, що означені стандартами OGC, тому є важливим порівняльний аналіз програмних рішень та планування функціоналу і завдань геопорталу. Вдале комбінування різних ПЗ і залучення їх сильних сторін дозволить сервісу бути зручним, потужним та оп-

тимізованим.

### *Досвід створення геопорталів в Україні.*

Ще до створення НІГД першим досвідом у створенні геопорталів громад у 2019 році став ресурс GEOPORTAL.UA за авторством спілки «Укр-Гео». Станом на 2020 рік було створено щонайменше 72 геопортали місцевого рівня з відповідним картографічним забезпеченням у вигляді інтерактивних карт для просторового планування. Але станом на зараз більшість порталів потребує реструктуризації під НІГД та актуалізації через зміну територіального поділу. Також на базі цього сервісу через програмне забезпечення Digitals/Delta доступні високоякісні ортофотоплани (AAC Images), що є незамінними у створенні картографічних творів. Також, на базі ArcGIS побудовані геопортали містобудівного кадастру Тернопільської [5] та Хмельницької області [6], що були розроблені компанією MagneticOne Municipal Technologies [31]. Наприклад, геопортал Хмельницької області охоплює всі ієрархічні рівні, що інтегровані між собою і з НІГД: для 6 районів доступні цифрові топографічні плани і для 5 ТГ створено ГІС. Такий сервіс працює у єдиній системі, що має значну інтегрованість, широкий функціонал і також забезпечений технічною підтримкою від компанії, що є важливим під час воєнного стану.

Декілька геопорталів побудовані цілком на Open Source: Державна геодезична мережа України (ДГМ) [10], «Водні ресурси України» [2], «Ліси України» [3]. Сервіс ДГМ забезпечує використання державної координатної системи в багатьох галузях. Програмна архітектура геопорталу дозволяє відповідати специфічним геодезичним потребам та міжнародним стандартам, надає сервісу інтегрованість та інтегрованість з ГІС. Геопортал водних ресурсів України містить 17 тематичних шарів таких як районування, поверхневі води, масиви поверхневих вод, антропогенні впливи, екологічний та хімічний стан, і всю цю інформацію можна завантажити або експортувати до ГІС. У свою чергу, геопортал лісів України не тільки надає дані лісового кадастру, а й має власний мобільний додаток, що дозволяє робітникам лісового господарства заносити інформацію до бази даних геопорталу безпосередньо у польових умовах.

На відкритому програмному забезпеченні працює Геопортал містобудівного кадастру Львівської області [4], що розроблений компанією SOFTPRO [37]. Геопортал охоплює рівні від обласного до місцевого: до структури сервісу залучені 3 ТГ, створено бази даних усіх районів області і побудовано єдину цифрову топографічну основу (ЄЦТО). Окрім цього, налагоджено автоматичну видачу містобудівної та будівельної



документації, містяться дані за такими категоріями: екологія, туризм, інвестиційний розвиток, земельні ресурси, тощо. Таким чином, професійне залучення різних продуктів Open Source у розробці геопорталу та містобудівної ГІС дозволило реалізувати специфічні функції, що робить портал Львівської області комплексним та інформативним.

Також треба зазначити деякі геопортали, які досягли успіху у впровадженні специфічних шарів. Наприклад, на геопорталі містобудівного кадастру м. Миколаїв, за підтримки з боку Данії, створено модуль «Руйнування та відновлення», у якому ведеться реєстр усіх пошкоджених у ході війни об'єктів, а також реєстр актів комісійного обстеження [7]. Так, за кожним об'єктом, що позначений на карті, зазначено орієнтовну дату пошкодження, його характер (реалізовано класифікатор типів пошкоджень), дату обстеження. Усі дані верифікуються. Завдяки детальній інформації, що збирається з самого початку війни, зроблено оцінку збитків, що дозволить залучити міжнародну допомогу у відновленні міста.

Геопортал Чернівців має, так звану, «Білу карту», що є аналогом OpenStreetMap, але побудована на картографічній основі громади, що робить її більш точною, комплексною і наочною, в тому числі, завдяки підбору умовних знаків (використані м'які, світлі кольори). Також на геопорталі окремим шаром відображені туристичні маршрути, що супроводжуються текстовим та ілюстративним матеріалом [9].

На порталі м. Рівне базовою картою є топоплан масштабу 1:2 000, що реалізований у векторному форматі з відповідними умовними знаками (хоча не всі знаки відображаються коректно). Також реалізовано під'єднання шарів за розділами, відповідно: генеральний план, планувальні обмеження, червоні лінії [8].

**Програмні рішення для геопорталів.** Найбільш використовуваними ГІС-серверами для геопорталів є GeoServer [21], MapServer [23] та QGIS Server [26]. Основною особливістю GeoServer є те, що його мовою програмування є Java. Це дозволяє легко масштабувати і розширювати геопортал у серверній частині та витримувати великий наплив користувачів, але потребує більшого об'єму оперативної пам'яті і забезпечує меншу швидкість у порівнянні з аналогами, що можна виправити іншими ПЗ. Головною перевагою є чіткий, інтуїтивно-зрозумілий інтерактивний веб-інтерфейс і підтримка майже всіх сучасних форматів файлів і стандартів OGC та ISO, що робить GeoServer простим у використанні і невимогливим до навичок роботи в ГІС. Також, Geoserver реалізує протокол WFS-T (WFS-Transaction), що дозволяє редагувати век-

торні шари з серверу за допомогою настільних ГІС або безпосередньо у браузері.

Найбільш оптимізованим і швидкодіючим програмним рішенням є сервіс MapServer, який має високу функціональність і гнучкість, але фактично він являє собою не готовий продукт, а середовище розробки, що передбачає ручне налаштування сервісу шляхом програмування. Тому використання MapServer і його розширень потребує від фахівця знання мови програмування (Perl, PHP C, Python) і значного досвіду роботи з ГІС. Також можливим варіантом є QGIS Server, на якому, наприклад, побудовано портал лісів України. Він підтримує лише мову Python і бібліотеку Qt (C++), але з іншого боку інтегрований з настільним QGIS. У поєднанні з плагіном GeoDjango це дозволяє редагувати шари та змінювати і вносити нові атрибутивні дані за допомогою мобільного додатку. Такі геопортали як ДГМ або геопортал Львівської області реалізовані на базі поєднання Node.js (мова JavaScript) та Mapnik (що була розроблена для OpenStreetMap), де Node.js повністю відповідає в цілому за весь веб-сервіс, а Mapnik – за рендер растрів і зображення, підвантаження тайлів карти з векторних шарів. Таких шлях є найскладнішим і підходить у випадках розробки з іншими веб-сервісами, що не є ГІС-орієнтованими.

Що стосується клієнтської частини, вибір зводиться до двох JavaScript-бібліотек: Leaflet [22] або OpenLayers [24]. Перевагами Leaflet є компактність, простота та швидкодія, оскільки ця бібліотека не навантажена зайвим функціоналом і її розширення йде за рахунок плагінів, що вибираються на розсуд розробника. Завдяки використанню HTML5 і CSS3 коректно працює на всіх мобільних платформах і сучасних браузерах. У свою чергу, Open Layers, хоча важить значно більше, має всередині більшість доступних функцій і працює з будь-яким джерелом даних, що підтримується OGC. Таким чином, більшість геопорталів використовує саме Leaflet.

Серед відкритого забезпечення для баз даних фактично немає інших альтернатив, окрім PostgreSQL із бібліотекою PostGIS для геопросторових даних [25]. Вона не має обмежень на розмір бази даних, інтегрована з сучасними технологіями, настільними ГІС та веб-сервісами, має підтримку більшості типів даних (растр, TIN-моделі, BIM тощо). Також PostGIS підтримує стандарти SQL та розширення функцій за рахунок скриптів.

**Створення прототипу геопорталу.** На кафедрі фізичної географії та картографії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна впродовж останніх п'яти років виконуються роботи з вдосконалення методик розробки

геопорталів ТГ. В якості експериментальної території обрано Нововодолазьку ТГ Харківської області. Саме ця громада обрана за кількома критеріями:

– громада мала досвід впровадження геопорталу. У 2017 році у ході проєкту Агентства США з міжнародного розвитку (USAID) «Підтримка аграрного і сільського розвитку» створено низку схем щодо використання земель громади і відповідний геопортал на базі ArcGIS Online. Станом на зараз цей геопортал містить неактуальні дані;

– громада має якісну стратегію і план економічно-соціального розвитку, серед завдань яких зазначено одним із пріоритетних напрямків інформатизацію суспільного простору і впровадження сучасних технологій в управління розвитком громади;

– громада має значний природно-ресурсний потенціал, тому питання раціонального використання ресурсів для неї теж є пріоритетним.

Таким чином, Нововодолазька громада не тільки потребує оновлення геоінформаційного і картографічного забезпечення, а й у перспективі має широкі можливості для впровадження картографічних додатків за різними напрямками і тематикою (екологія і рекреація, стратегічне планування, тощо).

У процесі дослідження на територію громади створено: - цифрову модель рельєфу, для чого використано космознімок ALOS Global Digital Surface Model (DSM) з сайту японської компанії ALOS, який був оброблений у настільній SAGA GIS; - план існуючого використання території за даними OpenStreetMap (автомобільні дороги, водні об'єкти, межі громади, межі населених пунктів). Проаналізувавши програмні продукти, вирішено, що оптимальною архітектурою для прототипу геопорталу Нововодолазької ТГ буде поєднання Leaflet, Geoserver і PostGIS, що значно спростить роботу як зі створення геопорталу, так і з його обслуговуванням, підтримкою в актуальному стані. Тим паче, що вказані програмні продукти доволі прості для засвоєння майбутніми операторами геопорталу. До речі, підготовка персоналу з обслуговування геопорталів – це ще одна проблема, яка полягає не стільки у підготовці відповідних фахівців (в Україні їх велика кількість і число з кожним роком збільшується), а в тому, що в громадах має бути закладена спеціальна посада «оператора геопорталу», що призведе до зміни кошторису громади.

Наш досвід розробки геопорталу коротко можна описати кількома пунктами:

– Встановлення серверної частини геопорталу (контейнер сервілетів Apache Tomcat 9.0, Geoserver, базу даних PostgreSQL з розширенням PostGIS).

– Завантаження шарів до бази даних.

– Публікація шарів через інтерфейс Geoserver. Так як PostGIS може містити лише геометрію, то растри (ЦМР) та умовні знаки до шарів завантажуються у Geoserver.

– Клієнтська частина серверу, тобто сайт, програмується за допомогою HTML у текстовому редакторі Notepad++. Структура сайту складається із так званої «голови» (<head>) та «тіла» (<body>). Так як код у «голові» за порядком виконується першим, саме тут пишуться головні елементи (метадані, кодування тексту, стиль тощо) і під'єднуються необхідні бібліотеки, що містять необхідні функції та оператори, в нашому випадку це Leaflet. У «тілі» цілком прописується вебкарта, а саме вікно геопорталу у браузері, стартові координати (центр Нововодолазької ТГ) і відбувається під'єднання базових карт (Google Earth, OpenStreetMap) і шарів зі створеного серверу.

– Подальша стилізація шарів, присвоєння певним атрибутам необхідних умовних знаків та підписи програмуються в окремому файлі у форматі .SLD. При формуванні системи умовних знаків використано посібник «Сутність картохем ландшафтних і територіальних планів громад (методичні рекомендації)», створений Інститутом географії НАН України на основі розробок ландшафтного і територіального планування у громадах України [30]. Реалізувати складні умовні знаки наявними геометричними примітивами неможливо, тому описано власну геометрію у форматі WellKnownText через тег <se:WellKnownName>. Геометрія подається коірками зі значеннями (x,y) від 0 до 1, тому вона реалізована так, щоб утворювати безшовну площину (рис. 1). У підсумку отримано результат, представлений на рис. 2.

На прикладі розробки прототипу геопорталу Нововодолазької ТГ доведено, що за допомогою відкритого та безкоштовного програмного забезпечення можна, маючи базові навички у ГІС, у декілька кроків реалізувати сервіс для інтерактивних карт. Серед переваг обраного архітектурного рішення можна виділити інтероперабельність, простоту, наочність, можливість інтеграції шарів з загальнодержавних та обласних ресурсів. Перспективами геопорталу є розширення функціоналу та вдосконалення інтерфейсу клієнтської частини, реалізація редагування і внесення атрибутивних даних, завантаження нових просторових шарів і повного пакету картографічного забезпечення просторового планування громади.

Станом на зараз, із прийняттям ДБН Б.1.1-14:2021, основою картографічного забезпечення просторового планування є комплексний план, що вже включає в себе, крім генеральних планів населених пунктів та детальних планів територій

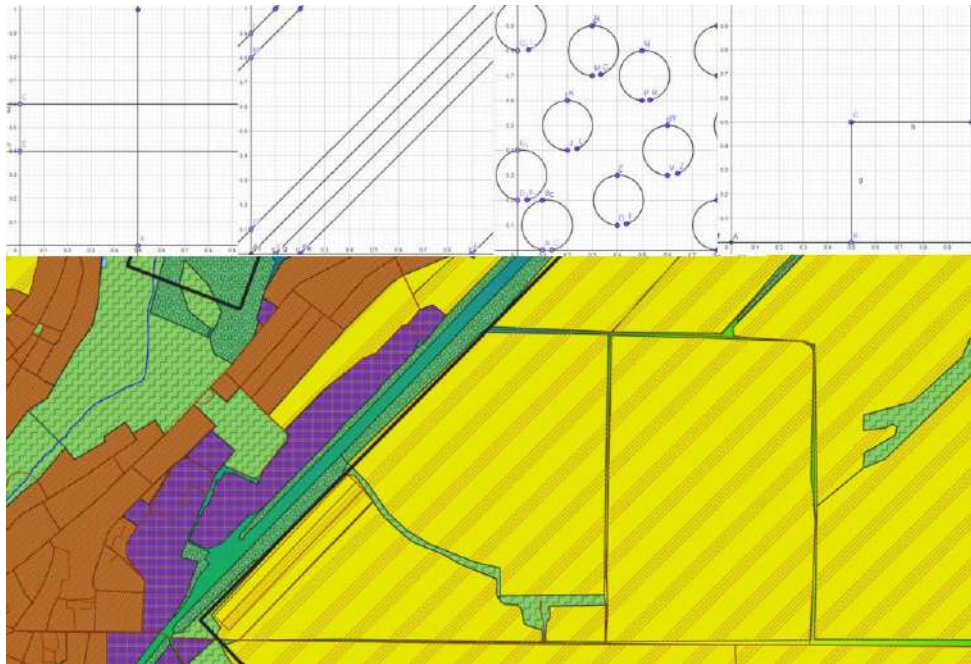


Рис. 1. Геометрія умовних знаків і їх вигляд на карті /  
Fig. 1. Geometry of symbols and their appearance on the map

громади: комплексну оцінку території (її природно-ресурсного потенціалу, структури економіки, визначення специфіки); ситуаційний план; схеми сучасного використання, обмеження у використанні і охорони земель; схеми щодо систем охорони здоров'я, освіти, соціальних послуг, туристичних і оздоровчо-рекреаційних об'єктів і інфраструктур дорожньо-транспортної мережі та інженерного забезпечення; ландшафтне планування; стратегічну екологічну оцінку.

Картографічною основою розроблення комплексного плану є топографічна карта масштабу 1:10 000 на всю територію громади, на територію населених пунктів – плани масштабу 1:2 000, для деталізації окремих територій – плани масштабу 1:500 – 1:1 000. Усі ці просторові дані мають бути реалізовані на геопорталі і як вихідні дані (ортофотоплани, супутникові знімки, ЦМР, матеріали топографо-геодезичних вишукувань), і як похідні тематичні дані, і розбиті за категоріями, що вже зазначені у структурі комплексного плану.

Надалі, на основі даних комплексного планування, можливо розробляти картографічні твори як спеціального (підприємства, НПП, тощо) так і тематичного спрямування. До прикладу, подальшими напрямками розвитку картографічного забезпечення на основі геопорталу можуть бути:

– Схеми поточної реалізації стратегічного планування громади, як то: виконання стратегічних і операційних цілей стратегії розвитку, сфери співробітництва з ТГ, напрямки міжнародного співробітництва, тощо.

– Карти соціально-економічного спрямуван-

ня, що узагальнюють і аналізують наявні статистичні дані.

– Геоекологічне картографування як на територію усієї громади, так і на територію локальних об'єктів.

– Картографічний супровід розвитку туризму і краєзнавства.

– Комплексні плани територіально-просторового відновлення та розвитку землекористування.

Оформлення цих карт так чи інакше має виконуватися методами традиційної картографії. Геопортали, в свою чергу, повинні мати зручний функціонал роботи з картами і орієнтування в наявній просторовій інформації.

**Висновки і перспективи дослідження.** Таким чином, можна стверджувати, що Україна здобула широкий досвід щодо створення геопорталів на основі Open Source рішень на всіх ієрархічних рівнях, від державного до місцевого. За цей час спеціалістами з ГІС та НІГД створено національні стандарти щодо географічної інформації, укладено державну координатну систему УСК-2000, зроблено багато кроків у напрямку інтегрованості баз даних між різними ієрархічними рівнями та інтероперабельності даних, що дозволяє, з урахуванням міжнародного досвіду, з достатньою швидкістю оперативно створювати нові геопортали, що будуть інтегровані до НІГД.

Територіальні громади потребують актуальних геопросторових даних та якісного картографічного супроводу у сферах кадастру і землекористування, топографо-геодезичних робіт, містобудування, просторового планування (у вигляді

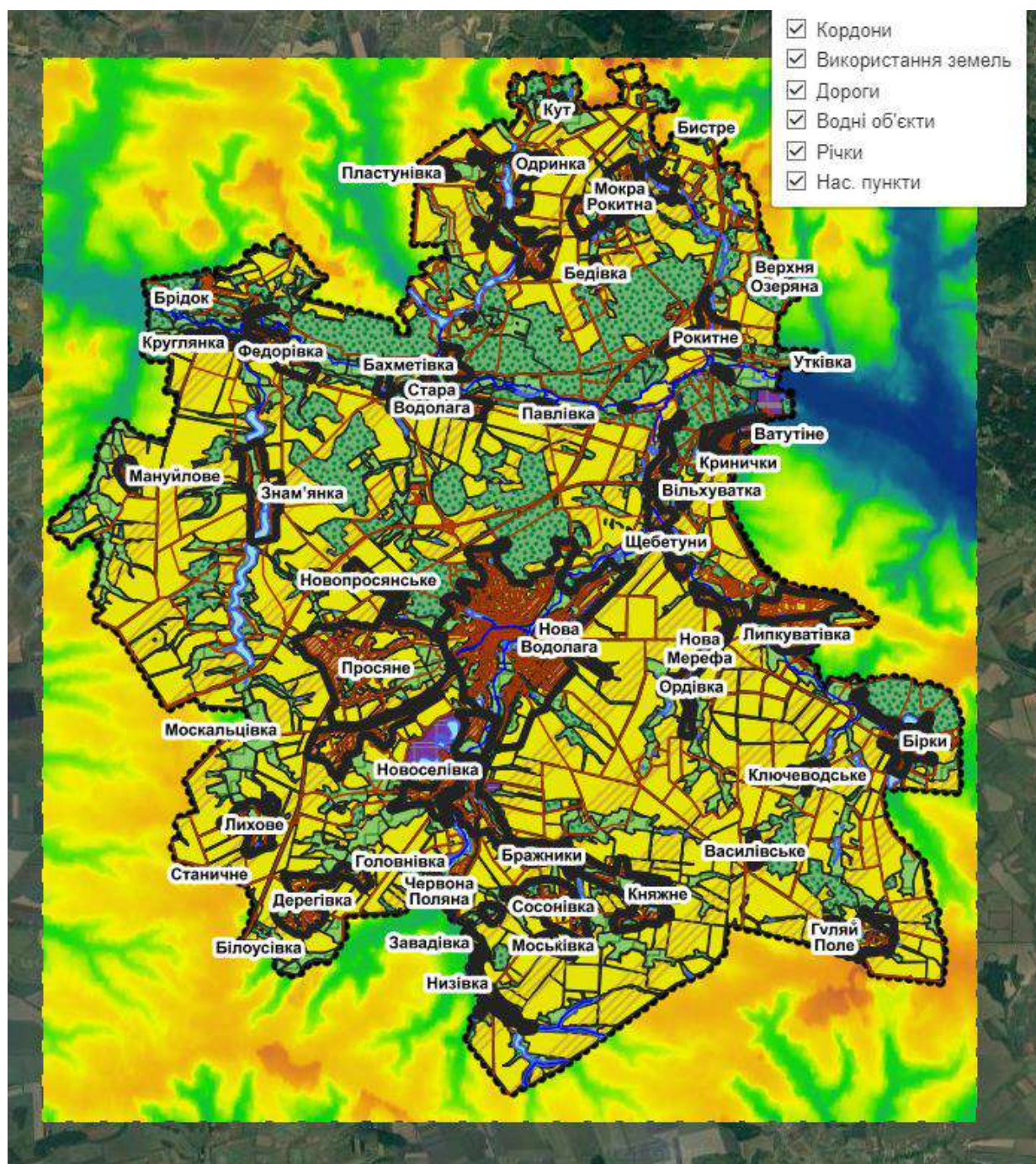


Рис. 2. План існуючого використання території Нововодолазької ТГ у геопорталі /  
 Fig. 2. The plan for the existing use of the territory of the Nova Vodolaha territorial community in the geoportal

комплексного плану) та у відновлюваних роботах постраждалих територій.

Для розробки геопорталів територіальних громад запропоновано наступні рекомендації:

- використання відкритого програмного забезпечення при побудові геопорталу (саме відкрите ПЗ широко використовується в загальнодержавних геопорталах, бо є найбільш доступним рішенням для більшості спеціалістів з ГІС, є більш гнучким та дозволяє розширювати функціонал за допомогою додаткових модулів та плагінів);

- обов'язкове завантаження і зберігання карт

і даних комплексного плану для подальшого використання у побудові тематичних карт;

- використання методів традиційної картографії при розробці картографічного забезпечення, в тому числі, відповідних умовних знаків;

- реалізація на геопорталі функцій зручної роботи з картографічною інформацією (коректне відображення умовних знаків і атрибутивних даних, впорядкування і категоризація наявних шарів за тематикою, завантаження просторових даних до настільних ГІС, підтримка ілюстративних матеріалів, тощо);

- дотримання вимог та методичних рекоме-

ндацій щодо якості, сумісності і подальшої публікації просторових даних у системі НІГД.

Ці рекомендації та архітектурні рішення побудови геопорталу, використані у ході дослідження при розробці прототипу, можуть бути застосовані для будь-якого місцевого геопорталу при наявності профільних фахівців з ГІС. На

нашу думку, дотримання цих рекомендацій дозволить створити якісний, зручний і наочний базовий веб-додаток, а ця архітектура геопорталу – реалізувати необхідний мінімум для роботи з просторовими даними з можливістю розширення його функціоналу за допомогою додаткових модулів у майбутньому.

#### Список використаної літератури

1. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» // Відомості Верховної Ради. – 2020. – № 37. – С. 277.
2. Геопортал «Водні ресурси України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://map.davr.gov.ua:44481>
3. Геопортал «Ліси України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://forestry.org.ua>
4. Геопортал містобудівного кадастру Львівської області [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://gis.loda.gov.ua/>
5. Геопортал містобудівного кадастру Тернопільської області [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mbk.te.gov.ua>
6. Геопортал містобудівного кадастру Хмельницької області [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mbk.adm-km.gov.ua/portal/apps/sites/#/khmelnytsky-region>
7. ГІС містобудівного кадастру Миколаївської міської ради [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mbk.mkrada.gov.ua/>
8. ГІС містобудівного кадастру Рівненської міської ради [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://geo.rv.ua/>
9. ГІС містобудівного кадастру Чернівецької міської ради [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://map.city.cv.ua/>
10. Державна геодезична мережа України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://dgm.gki.com.ua>
11. Карпінський Ю. О. Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування / Ю. О. Карпінський, Н. Ю. Лазоренко-Гевель // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. Збірник наукових праць. – Вип. I (35). – 2018. – С. 204–211.
12. Карпінський Ю. О. Національна інфраструктура геопросторових даних України у світовому вимірі: стан та нагальні завдання розвитку і сталого функціонування / Ю. Карпінський, А. Лященко, Д. Макаренко, А. Черін // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2021. – Вип. I (41). – С. 104–112.
13. Кірічек Ю. О. Інформаційне забезпечення моніторингу земель та створення територіальних геоінформаційних систем кадастру нерухомості / Ю. О. Кірічек, В. О. Гряник // Вісник аграрної науки Причорномор'я – 2016. – Вип. 3 (91). – С. 180–193.
14. Кірічек Ю. О. Кадастрова ідентифікація нерухомого майна / Ю. О. Кірічек, В. О. Гряник // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2020. – Вип. II (40). – С. 117–124.
15. Кірічек Ю. О. Територіальні геоінформаційні системи / Ю. О. Кірічек, В. О. Гряник // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2017. – № 3. – С. 41–46.
16. Ковальчук І. Геоінформаційно-картографічне забезпечення функціонування об'єднаних територіальних громад / І. Ковальчук, А. Ковальчук // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Географія. – Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка. – 2019. – № 2 (47). – С. 4–12.
17. Ковальчук, І. П. Картографічне забезпечення функціонування територіальних громад / І. П. Ковальчук, А. І. Ковальчук // Землеустрій і топографічна діяльність в умовах війни та післявоєнного відновлення і зміни клімату (GEOPoint-2024): збірка наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, студентів та аспірантів (7-10 березня 2024 року). – Київ : НУБіП України, 2024. – С. 61–64.
18. Лященко А. А. Інфраструктура геопросторових даних та геоінформаційне забезпечення сталого розвитку територіальних громад / А. А. Лященко, О. В. Карпенко, А. Г. Черін // Містобудування та територіальне планування. – 2021. – Вип. 78. – С. 343–355.
19. Методичні рекомендації щодо оприлюднення геопросторових даних та метаданих на національному геопорталі органами місцевого самоврядування / автори-укладачі: Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Н. Ю. Лазоренко-Гевель, Д. О. Кінь, Т. В. Медвецька, О. В. Слобожан; Асоціація міст України. – Київ : АМУ – 2021. – 49 с.
20. Основи створення інтероперабельних геопросторових даних. / Ю. О. Карпінський та ін. – Київ : КНУБА, 2023. – 302 с.
21. Офіційний сайт Geoserver [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://geoserver.org>
22. Офіційний сайт Leaflet [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://leafletjs.com/>
23. Офіційний сайт Mapserver [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.mapserver.org>
24. Офіційний сайт OpenLayers [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://openlayers.org>
25. Офіційний сайт PostgreSQL [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.postgresql.org>
26. Офіційний сайт QGIS [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://qgis.org/uk/site/index.html>
27. Розпорядження «Про схвалення Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні» // Кабінет Міністрів України. – 2014. – № 333-р.
28. Розробка комплексних планів : практичний посібник для громад / С. Кубах та ін. – Київ, 2022. – 87 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://decentralization.ua/uploads/library/file/817/Посібник\\_для\\_громад.pdf](https://decentralization.ua/uploads/library/file/817/Посібник_для_громад.pdf)

29. Стратегічна екологічна оцінка комплексного плану : практичний посібник / С. Кубах та ін. – Київ, 2022. – 106 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://decentralization.ua/uploads/library/file/819/SEO\\_ready.pdf](https://decentralization.ua/uploads/library/file/819/SEO_ready.pdf)
30. Сутність картосхем ландшафтних і територіальних планів громад (методичні рекомендації) / Л. Г. Руденко, Є. О. Маруняк, О. Г. Голубцов та ін. – Київ : Інститут географії НАН України, 2019. – 32 с.
31. ТОВ «МагнетікВан Муніципальні Технології» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://magneticonemt.com>
32. Третяк А. М. Земельний кадастр як самостійна галузь наукового знання / А. М. Третяк, В. М. Третяк, О. Я. Панчук, О. Ф. Ковалишин, А. В. Тарнопольський // Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. – 2018. – № 1. – С. 25–32. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriv2018.01.003>
33. Третяк А. М. Концептуальні підходи землевпорядкування щодо відновлення та розвитку землекористування територіальних громад в Україні у післявоєнний період / А. М. Третяк, В. М. Третяк // XII Міжнародна науково-практична конференція «Actual priorities of modern science, education and practice» (29 березня – 01 квітня 2022 року) – Париж, Франція. – С. 233–236.
34. Третяк А. М. Територіально-просторове планування: базові засади теорії, методології, практики : монографія / А. М. Третяк, В. М. Третяк, Т. М. Прядка; Н. А. Третяк; [за заг. ред. А. М. Третяка]. – Біла Церква : «ТОВ «Білоцерківдорук». – 2021. – 142 с.
35. Цілі сталого розвитку // United Nations Development Programme [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku>
36. Як розробити комплексний план громади : практичний посібник для професіоналів / С. Кубах та ін. – Київ, 2022. – 140 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://decentralization.ua/uploads/library/file/818/Посібник\\_для\\_професіоналів.pdf](https://decentralization.ua/uploads/library/file/818/Посібник_для_професіоналів.pdf)
37. IT-Компанія Softpro [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://softpro.ua>
38. Lytvynchuk I. Local Governance and Territorial Development on the Basis of GIS / I. Lytvynchuk, O. Skydan, O. Ivaniuk // Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development. – 2021. – Bun. 42. – С. 422–433. DOI: <https://doi.org/10.15544/mts.2020.43>
39. Pavlov O. I. The Phenomenon of Inclusiveness of United Territorial Communities and Districts of Ukraine as Rural Urban Agglomerations / O. I. Pavlov, I. O. Pavlova, O. I. Pavlov, Jr. // Journal of Rural and Community Development. – 2024. – Bun. 19 (1). – С. 133–155.
40. Pronko L. Activities of United Territorial Communities as a Body of Local Government in the Conditions of Power Decentralization in Ukraine / L. Pronko, T. Kolesnik, O. Samborska // Baltic Journal of Economic Studies. – 2018. – Bun. 4 (2). – С. 184–190. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-2-184-190>
41. Risks and Problems of Forming United Territorial Communities in Ukraine / [L. Novakovsky, I. Novakovska, O. Bredikhin та ін.] // Agricultural Science and Practice. – 2019. – Bun. 6 (2). – С. 66–75. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp6.02.066>
42. Social-Economic Development of the United Territorial Communities and Development of a Strategy for Sustainable Development (case of Ukraine) / [D. Tarasenko, O. Tsyklauri, S. Belei та ін.]. // WSEAS Transactions on Business and Economics. – 2021. – Bun. 18. – С. 581–594. DOI: <https://doi.org/10.37394/23207.2021.18.58>
43. Sustainable Development of United Territorial Communities During the Conflict: Turning Challenges into Opportunities / [V. Shcherbak, M. Lyshenko, S. Tereshchenko та ін.] // International Journal of Human Capital in Urban Management. – 2024. – Bun. 9. DOI: <https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2024.04.06>
44. Szafranska B. Building a Spatial Information System to Support the Development of Agriculture in Poland and Ukraine / B. Szafranska, M. Busko, O. Kovalyshyn, P. Kolodiy // Agronomy. – 2020. – Bun. 10(12):1884. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10121884>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Geoinformation support of geoportals of territorial communities: pre-war realities and post-war prospects

*Anton Achkasov*<sup>1</sup>

PhD student, Department of Physical Geography and Cartography,  
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine;

*Nataliia Popovych*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Physical Geography and Cartography;

*Vilina Peresadko*<sup>1</sup>

DSc (Geography), Professor, Department of Physical Geography and Cartography;

*Tengiz Gordeziani*<sup>2</sup>

DSc (Geography), Associate Professor, Department of Geography,

<sup>2</sup> Ivan Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

### ABSTRACT

**Problem statement.** Ukraine has a wide and diverse experience in the creation of cartographic support, implementation of geoinformation systems, databases and web mapping as client-service technologies and geoportals. However,

the requirements and quality criteria for local geoportals have not yet been formed, and there is no single methodology that would allow optimizing the procedure for creating geoportals at the local level and meet the competence of state managers and specialists. There is also no single unified list of mandatory cartographic works that should visualize information about the state of the country's regions. Therefore, there is a need to describe certain ready-made solutions, possible options for the structure and content of a local geoportals, advantages and disadvantages of using different software in the process of creating geoportals. High-quality geoinformation support of communities is necessary for the sustainable development of cities and communities, which is one of the Sustainable Development Goals adopted by the United Nations in 2015.

**The purpose of the research** is to determine further prospects and directions for the development of local geoportals in Ukraine and their geoinformational and cartographic support on the basis of the analysis of regulatory documents and the experience of creating geoportals.

**Results.** The article highlights the state, experience and prospects of implementing geoportals in Ukraine; their structure, possible functionality and cartographic content; the process of geoportals development and filling with geodata. Different software solutions for geoportals architecture based on Open Source have been compared. Using the case study of the development of a prototype of the geoportals of the Nova Vodolaha territorial community, it has been proved that with the help of open software it is possible to implement a service for interactive maps in a few steps. The advantages of the chosen architectural solution are interoperability, simplicity, visibility, the possibility of integrating data layers from national and regional sources.

**Practical significance.** Based on the study, the following recommendations have been formulated for the development of geoportals of territorial communities: usage of open software; compliance with the principles of traditional cartography in the development of cartographic works; implementation of functions for convenient work with spatial information on the geoportals; compliance with the requirements and methodological recommendations regarding the quality, compatibility and subsequent publication of spatial data in the system of National Spatial Data Infrastructure. The proposed recommendations and architectural solutions can be applied to any local geoportals.

**Keywords:** *geoinformation support, cartographic support, spatial planning, geospatial data, territorial community, geoportals of a territorial community, UN Sustainable Development Goals.*

#### References

1. *On the national geospatial data infrastructure.* (2020). *Law of Ukraine. Verkhovna Rada information*, 37, 277 [in Ukrainian].
2. *Geoportals of water resources of Ukraine.* URL: <http://map.davr.gov.ua:4448/> [in Ukrainian].
3. *Geoportals of forests of Ukraine.* URL: <https://forestry.org.ua> [in Ukrainian].
4. *Geoportals of urban planning cadastre of the Lviv Region.* URL : <https://gis.loda.gov.ua/> [in Ukrainian].
5. *Geoportals of urban planning cadastre of the Ternopil Region.* URL : <https://mbk.te.gov.ua> [in Ukrainian].
6. *Geoportals of urban planning cadastre of the Khmelnytskyi Region.* URL : <https://mbk.adm-km.gov.ua/portal/apps/sites/#/khmelnytskyi-region> [in Ukrainian].
7. *GIS of urban planning cadastre of Mykolayiv city council.* URL : <https://mbk.mkrada.gov.ua/> [in Ukrainian].
8. *GIS of urban planning cadastre of Rivne city council.* URL: <https://geo.rv.ua/> [in Ukrainian].
9. *GIS of urban planning cadastre of Chernivtsi city council.* URL : <http://map.city.cv.ua/> [in Ukrainian].
10. *State geodetic network of Ukraine.* URL : <https://dgm.gki.com.ua> [in Ukrainian].
11. Karpinsky, Iu., Lazorenko-Hevel, N. (2018). *The methods of geospatial data collection for topographic mapping. Modern Achievements of Geodesic Science and Industry*, I (35), 204–211 [in Ukrainian].
12. Karpinsky, Iu., Lyashchenko, A., Makarenko, D., Cherin, A. (2021). *National geospatial data infrastructure of Ukraine in the world dimension: state and urgent tasks of development and sustainable functioning. Modern Achievements of Geodesic Science and Industry*, I (41), 104–112 [in Ukrainian].
13. Kirichek, Yu., Hryanyk, V. (2016). *Information support of lands monitoring and the creation of territorial geoinformation systems of real estate cadastre. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 3 (91), 180–193 [in Ukrainian].
14. Kirichek, Yu., Hryanyk, V. (2020). *Cadastral identification of real estate. Modern Achievements of Geodesic Science and Industry*, II (40), 117–124 [in Ukrainian].
15. Kirichek, Yu., Hryanyk, V. (2017). *Spacial geoinformation systems. Bulletin of Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 3, 41–46 [in Ukrainian].
16. Kovalchuk, I., Kovalchuk, A. (2019) *Geoinformational-cartographic supply of the amalgamated community. Scientific Notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Series: Geography*, 2 (47), 4–12 [in Ukrainian].
17. Kovalchuk, I., Kovalchuk, A. (2024). *Cartographic supply of the territorial communities. Land Management and Topographical Activity in the Conditions of War and Post-War Reconstruction and Climate Change (GEOPOINT-2024)*, Kyiv, NUBIP, 61–64 [in Ukrainian].
18. Lyashchenko, A., Karpenko, O., Cherin, A. (2021). *Spatial data infrastructure and geoinformational support of sustainable development of territorial communities. Urban Development and Spatial Planning*, 78, 343–355 [in Ukrainian].
19. Karpinskyi, Yu. O., Liashchenko, A. A., Lazorenko-Hevel, N. Yu., Kin, D. O., Medvetska, T. V. (2021). *Methodological recommendations regarding the publication of geospatial data and metadata on the national geoportals by local selfgovernment bodies. Kyiv, AMU*, 49 [In Ukrainian].

20. Karpinskyi, Yu. O., Liashchenko, A. A., Lazorenko-Hevel, N. Yu., Kin, D. O. (2023). *Basics of creating interoperable geospatial data*. Kyiv, KNUBA, 302 [in Ukrainian].
21. Geoserver official website. URL : <http://geoserver.org>
22. Leaflet official website. URL : <http://leafletjs.com/>
23. Mapserver official website. URL : <https://www.mapserver.org>
24. Node.js official website. URL : <https://nodejs.org/en/>
25. OpenLayers official website. URL : <https://openlayers.org>
26. PostgreSQL official website. URL : <https://www.postgresql.org>
27. *On the approval of the Concept of reforming local self-government and territorial organization of power in Ukraine*. (2014). Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 01.04.2014 [in Ukrainian].
28. Kubakh, S. & others. (2022). *Development of comprehensive plans: a practical guide for communities*. Kyiv, 87. URL : [https://decentralization.ua/uploads/library/file/817/Посібник\\_для\\_громад.pdf](https://decentralization.ua/uploads/library/file/817/Посібник_для_громад.pdf) [in Ukrainian].
29. Kubakh, S. & others. (2022). *Strategic environmental assessment of a comprehensive plan: a practical guide*. Kyiv, 106. URL : [https://decentralization.ua/uploads/library/file/819/SEO\\_ready.pdf](https://decentralization.ua/uploads/library/file/819/SEO_ready.pdf) [in Ukrainian].
30. Rudenko, L. G., Maruniak, Eu. O., Golubtsov, O. G., Lisovskyi, S. A., Palekha, Yu. M., Chekhniy, V. M., Farion, Yu. M., Krishtop, T. V., Ailikova, G. V. (2019). *The essence of maps of landscape and territorial plans of the united territorial communities (methodical recommendations)*. Kyiv, Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, 32 [in Ukrainian].
31. Magnetic One Municipal Technologies. URL : <https://magneticone.com>
32. Tretiak, A., Tretiak, V., Panchuk, O., Kovalyshyn, O., Tarnopolskyi, A. (2018). *Land cadaster as an independent branch of scientific knowledge*. *Land Management, Cadastre and Land Monitoring*, 1, 25–32 [in Ukrainian]. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2018.01.003>
33. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M. (2022). *Conceptual approaches to land management regarding the restoration and development of land use of territorial communities in Ukraine in the post-war period*. *Actual Priorities of Modern Science, Education and Practice*, 233–236 [in Ukrainian].
34. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Tretiak, N. A. (2022). *Territorial and spatial planning: basic principles of theory, methodology, practice: monograph*. Bila Tserkva, 142 [in Ukrainian].
35. *Sustainable Development Goals*. United Nations Development Programme. URL : <https://www.undp.org/ukraine/sustainable-development-goals>
36. Kubakh, S. & others (2022). *How to develop a comprehensive community plan: a practical guide for professionals*. Kyiv, 140. URL : [https://decentralization.ua/uploads/library/file/818/Посібник\\_для\\_професіоналів.pdf](https://decentralization.ua/uploads/library/file/818/Посібник_для_професіоналів.pdf) [in Ukrainian].
37. IT-Company SOFTPRO. URL : <https://softpro.ua>
38. Lytvynchuk, I., Skydan, O., Ivaniuk, O. (2021). *Local Governance and Territorial Development on the basis of GIS*. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 42 (4), 422–433. DOI: <https://doi.org/10.15544/mts.2020.43>
39. Pavlov, O. I., Pavlova, I. O., Pavlov, O. I., Jr. (2024). *The Phenomenon of Inclusiveness of United Territorial Communities and Districts of Ukraine*. *The Journal of Rural and Community Development*, 19(1), 133–155.
40. Pronko, L., Kolesnik, T., Samborska, O. (2018). *Activities of United Territorial Communities as a Body of Local Government in the Conditions of Power Decentralization in Ukraine*. *Baltic Journal of Economic Studies*, 4(2), 184–190. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-2-184-190>
41. Novakovskiy, L., Novakovska, I., Bredikhin, O., Stetsiuk, M., Skrypnyk, L. (2019). *Risks and Problems of Forming United Territorial Communities in Ukraine*. *Agricultural Science and Practice*, 6 (2), 66–75. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp6.02.066>
42. Tarasenko, D., Tsyklauri, O., Belei, S., Riabenka, M., Mazurkevych, I., Bashlai, S. (2021). *Social-Economic Development of the United Territorial Communities and Development of a Strategy for Sustainable Development (case of Ukraine)*. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 18, 581–594. DOI: <https://doi.org/10.37394/23207.2021.18.58>
43. Shcherbak, V., Lyshenko, M., Tereshchenko, S., Yefanov, V., Vzhytynska, K., Yatsenko, V., Pietukhov, A. (2024). *Sustainable Development of United Territorial Communities During the Conflict: Turning Challenges into Opportunities*. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 9. DOI: <https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2024.04.06>
44. Szafranska, B., Busko, M., Kovalyshyn, O., Kolodiy, P. (2020). *Building a Spatial Information System to Support the Development of Agriculture in Poland and Ukraine*. *Agronomy*, 10(12):1884. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10121884>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 27 March 2024

Accepted 20 May 2024



## Топологічний аналіз автомобільної транспортної мережі Запорізької області

Олег Байтеряков<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент кафедри географії та туризму,

<sup>1</sup> Мелітопольський державний педагогічний університет

імені Богдана Хмельницького, Запоріжжя, Україна,

e-mail: [o.baiteriakov@gmail.com](mailto:o.baiteriakov@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0002-7449-693X>;

Валерія Воронова<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Київський національний лінгвістичний університет, Київ, Україна,

e-mail: [vikvoronix@gmail.com](mailto:vikvoronix@gmail.com),  <https://orcid.org/0009-0005-3551-9659>

Статтю присвячено виявленню особливостей і просторових відмінностей рівня автомобільної транспортної доступності території Запорізької області станом на 2021 р. Побудовано і проаналізовано графи автотранспортних мереж області та її адміністративних районів, до кожного графу складено відповідні матриці із зазначенням найкоротших відстаней. На підставі розрахунків проведено оцінку і порівняльний аналіз рівня автомобільної транспортної доступності адміністративних одиниць Запорізької області за топологічними методами з визначенням таких показників як абсолютний індекс доступності і число Кеніга, а також відносних показників – індекс Бавелаша і індекс Бошама та показників зв'язності мережі –  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -індекси. Аналіз графу транспортно-географічного положення районних центрів Запорізької області за абсолютними і відносними показниками свідчить про достатньо раціональну конфігурацію і зв'язаність автомобільної транспортної мережі. Найкраще положення за доступністю займає не обласний центр, а райцентр м. Василівка. Обласний центр за цими показниками посідає проміжне положення. При аналізі районних автотранспортних мереж виявлено, що мережі Запорізького, Мелітопольського і Пологівського районів відносяться до моноцентричного радіального типу, а Василівського і Бердянського районів мають замкнутий циклічний вигляд; при цьому відносні показники транспортної доступності демонструють деякі протиріччя у розподілі районів за співвідношенням індексів абсолютної транспортної доступності і кількості центрів територіальних громад. Зв'язаність центрів громад районних автотранспортних мереж області коливається від низького до середнього рівня. Найкращі показники зв'язаності характерні для Бердянського району з циклічною конфігурацією мережі. Запропоновано шляхи вдосконалення автомобільної транспортної доступності території адміністративних районів Запорізької області, що передбачають вдосконалення конфігурації районних транспортних мереж і реконструкцію автомобільних доріг.

**Ключові слова:** транспортна доступність, транспортна мережа, адміністративний район, топологічні методи, абсолютний індекс доступності, число Кеніга, індекс Бавелаша, індекс Бошама.

**Як цитувати:** Байтеряков Олег. Топологічний аналіз автомобільної транспортної мережі Запорізької області / Олег Байтеряков, Валерія Воронова // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 137-158. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-10>

**In cites:** Baiteriakov Oleg, Voronova Valeria (2024). Topological analysis of the automobile transport network of Zaporizhzhia region. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 137-158. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-10> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Стан транспортного забезпечення та раціональність конфігурації транспортної мережі будь-якого регіону впливають на ступінь доступності населених пунктів території, на доцільність пасажирських і вантажних перевезень і, відповідно, на якість життя населення, на привабливість населених пунктів і на можливості соціально-економічного розвитку території. Після встановлення у 2020 році нового адміністративно-територіального поділу території Запорізької області і розподілу її на 5 нових адміністративних районів виникає потреба у дослідженні і оцінці їх автотранспортної забезпеченості для виявлення ступеню раціональності утворення цих, збільшених районів. Актуальність дослідження підвищується фактом повномасштабної російської агресії і необхідністю чіткого усвідомлення соціально-економічних реалій і проблем окупованих територій, що виникли напередодні війни. Це сприятиме відбудові і по-

дальшому розвитку території у повоєнний час з урахуванням попередніх проблем. Тому постає питання про дослідження автотранспортної мережі Запорізької області та її адміністративних районів як складової загального географічного комплексу регіону.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Транспортна мережа є одним з найважливіших чинників соціально-економічного розвитку будь-якої території. В економічному сенсі транспорт продовжує виробничий процес і забезпечує доставку продукції інших галузей від місця виробництва до місця споживання. В соціальному плані транспорт визначає можливість населення дістатись до місця праці, навчання, об'єктів соціальної інфраструктури, медичних, культурних і розважальних закладів та ін. Тобто транспорт визначає ступінь доступності і безпосередньо впливає на рівень комфортності території для населення.

Дослідженням і визначенням понять транспортної мережі, системи і доступності займалися такі фахівці як Н.М. Бондар [4], П.М. Гашук, і С.Ю. Тимошенко [5], О.М. Загурський [9], Н.В. Кудрицька [10], К.В. Мезенцев [12], М.М. Мельничук [13], І.О. Пилипенко [15], Г.П. Підгрушний [16], С.О. Пугач [20], Т.В. Пушкар [21], Г.Ю. Родашук [23], Ю.Ю. Сільченко, Л.Л. Семенюк, А.В. Зарубіна [24], О.М. Ходаківський [26], Плекан У.М., Ляшук О.Л., Рожко Н.Я. і Цьонь О.П. [17] та ін.

Існує багато підходів та методів для дослідження регіональних автомобільних транспортних мереж. Одними з достатньо об'єктивних та інформативних є група топологічних методів до яких звертаються багато закордонних та вітчизняних дослідників. Наприклад, застосування топологічних методів для оцінки і характеристики міських дорожніх мереж висвітлено у працях M.G. Sreelekha, K. Krishnamurthy, M.V.L.R. Anjaneyulu (на прикладі міста Калікут або Кожикод, Індія) [37]; Z. Yang, H. Zhou, P. Gao, H. Chen, N. Zhang [41]; R. Thottolil, U. Kumar (на прикладі м. Бангалор, Індія) [39]; G. Dumedah, E.K. Garsonu (на прикладі міських дорожніх систем Гани) [29]; J. Hong, R. Tamakloe, S. Lee, D. Park (на прикладі Сеулу, Південна Корея) [31]; N.H. Tini, M.Z. Shah (на прикладі м. Абуджі, Нігерія) [40]; B. Jiang, C. Claramunt (на прикладі шведського міста Гавле) [32]. Інші дослідники застосовують топологічні методи як складову комплексного або більш багатогранного дослідження. Так N. Huynh, J. Barthelemy пропонують порівняльне дослідження топологічного аналізу та часового аналізу мережі системи громадського транспорту м. Хошимін у В'єтнамі [34]. Топологічні методи можуть застосовуватись для оцінки транспортних мереж територій різного масштабу, від невеликого району міста до території країни або цілого регіону. Наприклад, T. Tasoroulou, D. Tsiotas, S. Polyzos пропонують дослідження взаємодії між топологією мереж автобусного транспорту та регіональним розвитком у Греції [38].

Чимало досліджень присвячено застосуванню топологічних методів для моделювання, оптимізації та порівняння транспортних мереж. Наприклад, L. Kisgyörgy, G. Vasvari розглядають питання моделювання дорожніх мереж і порівняння їх з існуючими [33]; J. Pung, R.M. D'Souza, D. Ghosal, M. Zhang пропонують алгоритм застосування теорії графів для оптимізації дорожньої мережі [35]; R. Żochowska, P. Soczówka на основі теорії графів оцінюють і порівнюють різні структури транспортної мережі [42]; M. Chen, F. Wu, M. Yin, J. Xu на основі топологічних методів аналізують структуру планування дорожньої мережі на прикладі Китаю [28]; S. Freiria, B. Ribeiro,

A.O. Tavares на підставі застосування топологічних методів пропонують модель оцінки найважливіших доріг у мережі для оптимізації продуктивності транспортної системи у випадку стихійних лих [30]; W. Shang, Y. Chen, C. Song, W.Y. Ochieng аналізують стійкість міських дорожніх мереж з топологічної та експлуатаційної точок зору [36].

У вітчизняних дослідження транспортних мереж використання топологічних методів можна побачити у працях багатьох фахівців, наприклад таких як А.В. Кудряшов і О.О. Мазуренко [11]; Р. Рогальський, Н. Букартик, Г. Русановська [22]; В.С. Грицевич і М.І. Сеньків [5]; М.М. Мельничук і С.І. Ковальчук [13]; Ю.Ю. Сільченко, Л.Л. Семенюк, А.В. Зарубіна [24] та ін. Таким чином виявляється, що дослідженню транспортних мереж різного рангу із застосуванням топологічних методів в Україні і в світі останнім часом приділяється багато уваги.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Дослідженню автомобільної транспортної мережі Запорізької області приділено небагато уваги. Так, працях Н.Г. Фатюхи [25] наведено статистичну оцінку розвитку автомобільного транспорту області. Однак основний акцент у цьому дослідженні зроблено на функціональних питаннях роботи автотранспорту. К.Г. Неліпа в рамках дослідження суспільно-географічної трансформації системи розселення стисло розглядала топологічну схему міст обласного значення і районних центрів Запорізької області [14]. Однак ця схема була побудована до реформи адміністративно-територіального устрою тому нараховує 20 районних центрів. В 2020 р., внаслідок відповідної реформи, на території Запорізької області було створено 5 нових адміністративних районів замість попередніх 20, що суттєво вплинуло на структуру нових районних автотранспортних мереж і змінило доступність їх адміністративних центрів. Тому постає питання про дослідження особливостей автомобільної транспортної мережі і, відповідної, доступності території Запорізької області та її адміністративних районів до початку російської військової агресії.

**Мета і завдання дослідження.** Мета – виявити стан і просторові відмінності рівня автомобільної транспортної доступності території Запорізької області після реформи адміністративно-територіального устрою та напередодні російської військової агресії. Для досягнення мети дослідження було поставлено такі завдання:

- провести розрахунки і порівняльний аналіз результатів оцінки рівня автомобільної транспортної доступності адміністративних

одиниць Запорізької області за топологічними методами;

- виявити шляхи вдосконалення автомобільної транспортної доступності території адміністративних районів Запорізької області.

**Матеріали і методи досліджень.** Для дослідження стану і просторових відмінностей рівня автомобільної транспортної доступності території Запорізької області було обрано групу топологічних методів. Топологічні методи оцінки транспортної доступності враховують просторову організацію транспортної мережі території, її конфігурацію, кількість зв'язків між окремими пунктами та дозволяють порівняти отримані результати з показниками інших пунктів та територій. Вони базуються на оцінці доступності не території взагалі, а певних її пунктів, у нашому випадку – районних адміністративних центрів і центрів територіальних громад, що безпосередньо підкреслює практичну спрямованість оцінки. Тобто їх можна вважати у певному ступені антропоцентричними.

Застосування топологічних методів передбачає побудову графу, що відображає сукупність вершин (у нашому випадку райцентрів і центрів громад) і ребр (у нашому випадку автомобільних доріг), які сполучають ці вершини між собою. Граф надає загальне уявлення про розташування основних пунктів, напрямки і кількість зв'язків між ними. Додавання метричних показників щодо довжини зв'язків і якісних характеристик щодо категорії автодоріг підвищує інформативність графу.

На підставі графу будуються матриці, де зазначаються найкоротші відстані (у кількості ребр або в умовних кілометрах за автошляхами) між відповідними вершинами (окремими пунктами транспортної мережі). За даними матриць розраховуються показники ступеню доступності вершин і зв'язності мережі. Основними з них є такі абсолютні показники як абсолютний індекс доступності і число Кеніга та відносні – індекс Бавелаша і індекс Бошама, а також індекси зв'язності мережі (табл. 1).

Абсолютні показники надають уявлення про особливості транспортної мережі та доступність окремих пунктів за допомогою кількості зв'язків (ребр графу) або метричних характеристик (км). При цьому абсолютний індекс доступності характеризує сумарну довжину зв'язків певних пунктів транспортної мережі, а число Кеніга відображає зв'язки пунктів з іншими, найвіддаленішими від них. Крім того, у межах абсолютних показників доцільно виявляти ієрархічний характер зв'язків, тобто найкоротшу відстань від певних пунктів до адміністративних центрів району, області, країни.

Відносні показники дозволяють оцінити певні пункти і їх сукупність за співвідношенням їх основних характеристик, що допомагає їх порівняти.

Відносний індекс Бавелаша дозволяє зіставити і відобразити сумарну протяжність всієї сукупності зв'язків всіх пунктів транспортної мережі з протяжністю зв'язків певного її пункту.

Відносний індекс Бошама відображає відношення кількості пунктів мережі до протяжності зв'язків певного її пункту. Назва цього індексу в різних джерелах подається або «Бошама», або «Бічема», що пов'язано з особливостями перекладу цього французького прізвища. У перекладі безпосередньо з французької воно звучить як Бошам, у перекладі з англійських джерел – як Бічем. Ми вважаємо доречним варіант перекладу з першоджерела, тобто – Бошам.

До показників зв'язності мережі відносяться такі топологічні параметри:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -індекси. Індекси приймають максимальні значення у випадках насичення мережі контактами.

Таким чином можна побачити, що підходи, показники, одиниці оцінки і методики оцінювання транспортної доступності території дещо відрізняються між собою. Тому для більш повного відображення стану транспортної доступності території Запорізької області і її районів варто скористатись кількома методиками та порівняти отримані результати.

**Виклад основного матеріалу.** Запорізька область розташована на південному сході України, вона займає переважно лівобережну частину басейну нижньої течії Дніпра. Центр – місто Запоріжжя. Територія області складає 27,18 тис. км<sup>2</sup>, що становить 4,5 % території України. Протяжність із півночі на південь дорівнює 208 км, зі сходу на захід – 235 км. На півночі і північному заході межує з Дніпропетровською, на заході з Херсонською, на сході з Донецькою областями, а на півдні її узбережжя омиває Азовське море [8].

Природні і соціально-економічні умови області: рівнинний рельєф, м'який клімат, природно-рекреаційні ресурси, потужний промисловий потенціал, розвинене сільське господарство, щільна система розселення сприяли формуванню тут розгалуженої автотранспортної мережі.

На території області розташовано 950 населених пунктів з яких 14 міст і 936 населених пунктів сільського типу (згідно з Законом № 3285-IX «Про порядок вирішення окремих питань адміністративно-територіального устрою України» 2023 р.). Населення Запорізької області станом на 01.01.2022 р. складало 1 638,5 тис. осіб. Територія області Запорізької області поділяється на 5 адміністративних районів – Запорізький, Василівський, Пологівський, Мелітопольський і Бер-

Показники транспортної доступності за теорією графів /  
Indicators of transport availability according to graph theory

Показник	Формула розрахунку	Примітка
<b>Абсолютні показники транспортної доступності</b>		
<b>Абсолютний індекс доступності вершини</b>	$S_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ <p><math>S_i</math> – абсолютний індекс доступності вершини <math>a_{ij}</math> – відстань до певної вершини</p>	Це сума найкоротших відстаней від однієї вершини до всіх інших вершин. Центральною є вершина з найменшим значенням індексу (тобто з найменшою сумою відстаней до всіх інших вершин графу)
<b>Число Кеніга вершини <math>i</math></b>	$K_i = \max\{a_{ij}\}$ <p><math>K_i</math> – число Кеніга <math>a_{ij}</math> – відстань до певної вершини</p>	Показує відстань від одного об'єкта до іншого, найбільш віддаленого від нього. Центральною є вершина з найменшим значенням індексу
<b>Відносні показники транспортної доступності</b>		
<b>Індекс Бавелаша вершини <math>i</math></b>	$B_i = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{S_i}$ <p><math>B_i</math> – індекс Бавелаша <math>S_i</math> – абсолютний індекс доступності вершини <math>n</math> – кількість вершин</p>	Характеризує відношення сумарного абсолютного індексу доступності до його значення для певного пункту транспортної мережі. Центральною є вершина з найбільшим значенням індексу
<b>Індекс Бошама вершини <math>i</math></b>	$R_i = \frac{n-1}{S_i}$ <p><math>R_i</math> – індекс Бошама <math>S_i</math> – абсолютний індекс доступності вершини <math>n</math> – кількість вершин</p>	Характеризує співвідношення між протяжністю показника абсолютної транспортної доступності та кількістю центрів транспортної системи. Центральною є вершина з найбільшим значенням індексу
<b>Показники зв'язності графу</b>		
<b><math>\alpha</math>-індекс</b>	$\alpha = \frac{(m-n+1)}{(2n-5)}$ <p><math>n</math> – кількість вершин <math>m</math> – кількість ребр</p>	Відоображає надмірність зв'язків у мережі. Являє відношення цикломатичного числа до максимально можливої кількості циклів графу. Значення коливається від 0 до 1.
<b><math>\beta</math>-індекс</b>	$\beta = \frac{m}{n}$ <p><math>n</math> – кількість вершин <math>m</math> – кількість ребр</p>	Являє відношення кількості ребр мережі до кількості її вершин. Чим більше ребр пов'язує одне і те ж число вершин, тим більше циклів в мережі, тим складніше її структура і вище зв'язність. Значення індексу коливаються в межах від 0 до 3.
<b><math>\gamma</math>-індекс</b>	$\gamma = \frac{m}{3 \cdot (n-2)}$ <p><math>n</math> – кількість вершин <math>m</math> – кількість ребр</p>	Являє відношення числа ребр до їх максимально можливої кількості в мережі. Значення коливається від 0 до 1.

(Складено за даними [6; 7; 13])

дяньський, які об'єднали 67 територіальних громад [1; 3; 27].

Для забезпечення надійного пасажирського і вантажного сполучення численних населених пунктів на території області побудовано розгалужену автомобільну транспортну мережу.

**Топологічний аналіз автотранспортної доступності території Запорізької області.** Мережа автомобільних доріг з твердим покриттям

загального користування в Запорізькій області на 01.01.2021 р. складала 6834,3 км, з них доріг державного значення – 1643,3 км (міжнародних – 400 км, національних – 418,7 км, регіональних – 77,2 км, територіальних – 747,4 км), місцевого значення – 5191 км (обласних – 2424,1 км, районних – 2766,9 км) [18; 19].

Автомобільні шляхи області відрізняються досить строкатою структурою за категоріями.

Попри доволі значну загальну протяжність автомобільної транспортної мережі області автодороги I категорії склали лише 56,2 км або 0,8 %. Значно більша протяжність припадає на дороги II (929,2 км або 13,6 %) та III (1054,2 км або 15,4 %) категорій і найбільшою протяжністю характеризуються дороги IV (4658,7 км або 68,2 %) категорії. В той же час дороги V категорії мають протяжність лише 135,3 км або 2 %. Тобто майже 2/3 автодоріг області належать до мало комфортних за умовами пересування [18; 19].

Для загальної оцінки автомобільної транспо-

ртної доступності території Запорізької області було побудовано граф транспортно-географічного положення її районних центрів, що відображає взаємне розташування адміністративних одиниць та їх сусідство (рис. 1). З липня 2020 р. на території Запорізької області створено 5 адміністративних районів, замість 20, що існували раніше. Адміністративні центри цих районів утворили вершини відповідного графу [2].

Під час оцінки автомобільної транспортної доступності враховувалось не лише кількість і співвідношення ребр графу, але і відстань між

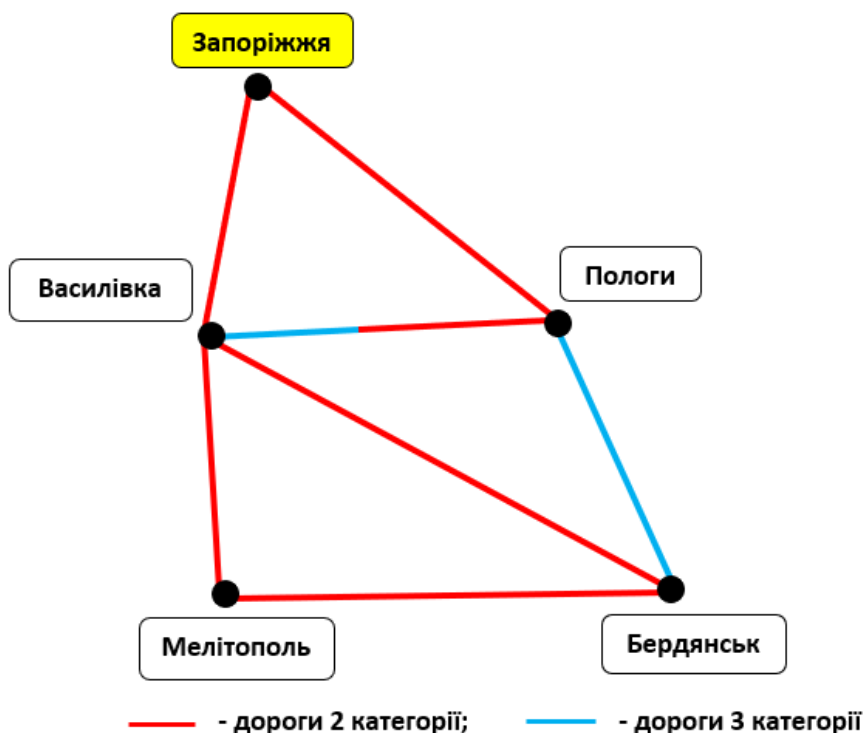


Рис. 1. Граф транспортної доступності Запорізької області /  
Fig. 1. Graph of transport accessibility of Zaporizhzhia region

його вершинами. Це, як свідчать результати аналізу, дає більш точний результат. При цьому, відстань між населеними пунктами (вершинами графу) вимірювалась в умовних кілометрах (ум. км), що враховують умови пересування, такі як швидкість, час і комфортність руху. Ці умови залежать від категорії автомобільного шляху – кількості полос для руху, їх ширини та обладнання. Для визначення відстані в ум. км застосовувались відповідні коефіцієнти на які помножувалась реальна відстань. Так, для шляхів першої категорії застосовано коефіцієнт 1, для другої категорії – 1,2, для третьої – 1,3, для четвертої – 1,4, для п'ятої – 1,5. Для визначення даних коефіцієнтів було застосовано експертну оцінку за участю професійних автомобільних пасажирських та вантажних перевізників і інструкторів водіння автошкіл.

На підставі графу автомобільного транспор-

тно-географічного положення районних центрів Запорізької області було здійснено розрахунки таких абсолютних і відносних показників, як абсолютний індекс доступності, число Кеніга, індекси центральності Бавелаша і Бошама, що характеризують ступінь доступності вершин графу, та індекси зв'язності вершин (табл. 2) і проаналізовано їх результати.

Абсолютний індекс доступності вершини графу, у даному випадку адміністративного центру району, характеризує суму відстаней до всіх інших районних центрів області. За цим індексом найкраще положення мають центри з найменшим показником. Як свідчать розрахунки, за кількістю ребр найменший абсолютний індекс – 4 – має районний центр Василівка, індекс – 5 встановлено у Бердянська і Пологів, показник інших центрів області дорівнює 6. Однак результати розрахунку цього показника за відстанню

Показники транспортної доступності території Запорізької області /  
Indicators of transport accessibility of Zaporizhzhia region territory

Районні центри	Індекс абсолютної транспортної доступності (ум. км)	Число Кеніга (ум. км)	Індекс Бавелаша	Індекс Бошама
Бердянськ	688	239	4,3	0,005
Василівка	451	173	6,5	0,008
Запоріжжя	603	239	4,9	0,006
Мелітополь	623	212	4,7	0,006
Пологи	587	212	5,02	0,006

відрізняються. Найкраще, тобто центральне, положення зберігається за Василівкою з сумою відстаней 451 ум. км, далі з показниками від 587 до 623 ум. км розташовані Пологи, Запоріжжя і Мелітополь, а найгірше положення має Бердянськ (688 ум. км). Тобто можемо побачити чітку різницю у результатах між розрахунками за кількістю ребр і за відстанню.

Число Кеніга відноситься також до абсолютних показників, у нашому випадку воно характеризує найбільшу відстань від певного районного центру до іншого райцентру, найвіддаленішого від нього. Центральними вважаються центри з найменшими показниками. За кількістю ребр число Кеніга для Василівки складає 1 і для всіх інших райцентрів області однаково і дорівнює 2. У розрахунку цього показника за відстанню можна побачити певну диференціацію, кращий показник має Василівка (173 ум. км), середнє значення мають Мелітополь і Пологи (по 212 ум. км) і найбільше значення у Запоріжжя і Бердянська (по 239 ум. км).

Показником транспортної доступності, що враховує ієрархічний ступінь населених пунктів, є їхня доступність до адміністративного центру території, у нашому випадку — до обласного центру. Така доступність забезпечує населення можливістю отримання додаткових медичних, освітніх, соціальних, побутових та інших послуг. Для райцентрів Запорізької області доступність обласного центру коливається від 66 до 239 ум. км. Розбіг цього показника у 3,6 рази пояснюється значною площею області і розташуванням окремих райцентрів на її периферії. Найкраща доступність обласного центру спостерігається у Василівці (66 ум. км), проміжні значення даного показника мають м. Пологи (132 ум. км) та м. Мелітополь (166 ум. км), найвіддаленішим виявляється м. Бердянськ (239 ум. км). Такий розподіл доступності пов'язаний з розташуванням обласного центру на периферії транспортної мережі області.

За абсолютними показниками автомобільної транспортної доступності Запорізької області лі-

дирує Василівка. Значно гірше положення має Запоріжжя і найгірше – Бердянськ.

Відносний індекс Бавелаша показує відношення сумарного показника абсолютного індексу доступності всіх пунктів території до індексу певного пункту. Тобто він дозволяє зіставити протяжність транспортних шляхів від даного пункту з загальною протяжністю шляхів транспортної доступності всіх пунктів. Найбільше значення цього показника свідчить про краще транспортно-географічне положення пункту. Найбільш вигідне транспортно-географічне положення за індексом Бавелаша (у розрахунку за відстанню) з райцентрів Запорізької області має Василівка з показником 6,5, значно відстають від неї з незначним інтервалом між собою Пологи (5), Запоріжжя (4,9) і Мелітополь (4,7), найгірше положення має Бердянськ з показником лише 4,3.

Відносний індекс Бошама демонструє відношення загальної кількості пунктів транспортної мережі до абсолютного індексу доступності певного пункту. Він, на відміну від індексу Бавелаша, дозволяє зіставити протяжність транспортних шляхів від даного пункту не з протяжністю, а з насиченістю транспортної мережі опорними пунктами. Краще транспортне положення пункту визначається за більшим показником цього індексу. Серед райцентрів Запорізької області за індексом Бошама краще розташування належить Василівці (0,008), значно менший показник – 0,006 – мають Запоріжжя, Мелітополь, Пологи та дещо відстає від них Бердянськ (0,005).

Для визначення ефективності транспортної мережі застосовувались показники зв'язності графа –  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -індекси. Вони характеризують конфігурацію і особливості зв'язків в мережі. Для Запорізької області  $\alpha$ -індекс, що відображає надмірність зв'язків у мережі шляхом визначення відношення до максимально можливої кількості циклів у графі, складає 0,6. Оскільки його максимальне можливе значення – 1, показник області свідчить про середній рівень ефективності мережі та зв'язаності райцентрів, що пояснюється циклічною конфігурацією автотранспорт-

ної мережі.

Ступінь розвиненості транспортної мережі оцінювалась за допомогою  $\beta$ -індексу, який відображає співвідношення кількості центрів та кількості зв'язків між ними і коливається від 0 до 3. В Запорізькій області даний індекс дорівнює 1,4, що також свідчить про середню зв'язаність її центрів.

Співвідношення реальної кількості зв'язків транспортної мережі з їх максимально можливо характеризує  $\gamma$ -індекс, значення якого для Запорізької області складає 0,77. Цей показник свідчить про достатній ступінь зв'язаності мережі (його максимально можливе значення – 1).

Таким чином, топологічний аналіз графу транспортно-географічного положення районних центрів Запорізької області за абсолютними і відносними показниками свідчить про достатньо раціональну конфігурацію і зв'язаність автомобільної транспортної мережі. Найкраще, тобто центральне, положення за доступністю займає не обласний центр, а райцентр м. Василівка, найгірше належить Бердянську. Обласний центр – м. Запоріжжя – за цими показниками займає проміжне положення, що пояснюється його розташуванням на крайньому північному заході області і, відповідно, значною віддаленістю від інших населених пунктів [2].

**Топологічний аналіз автомобільної транспортної доступності адміністративних районів Запорізької області.** Оцінка автомобільної транспортної доступності адміністративних районів Запорізької області проводилась на рівні центрів територіальних громад. Для цього було

побудовано відповідні графи (рис. 2-6), визначено конфігурацію транспортних мереж, здійснено розрахунки абсолютного індексу доступності, числа Кеніга, доступності райцентру, індексів центральності Бавелаша і Бошама для всіх центрів територіальних громад, та індексів зв'язності вершин (табл. 3) кожного району.

Аналіз графів показав, що автомобільні транспортні мережі районів області за конфігурацією відрізняються між собою. Так мережі Запорізького, Мелітопольського і Пологи́вського районів відносяться до моноцентричного радіального типу з розташуванням адміністративних центрів районів саме у центрі мережі (рис. 4-6). Таке розташування центрів має забезпечити їх зручну топологічну досяжність від інших населених пунктів. Кількість радіальних промінів, тобто зв'язків адміністративних центрів, в них коливається від п'яти у Пологи́вського до восьми у Запорізького районів. Але більшість пунктів мають лише по два-три зв'язки, а в пунктів, що знаходяться на периферії мережі, взагалі спостерігається по одному зв'язку внаслідок чого в них найменша топологічна доступність. При цьому транспортну мережу Пологи́вського району можна віднести і до радіально-кільцевого типу.

Транспортні мережі Васи́лівського і Бердянського районів мають замкнутий циклічний вигляд, що нагадують прямокутники. У мережі Васи́лівського району є два невеликих відхилення на півночі та заході (рис. 2, рис. 3). Адміністративний центр району знаходиться у північно-східній частині мережі, це дещо віддаляє його від інших пунктів району, але його розташування

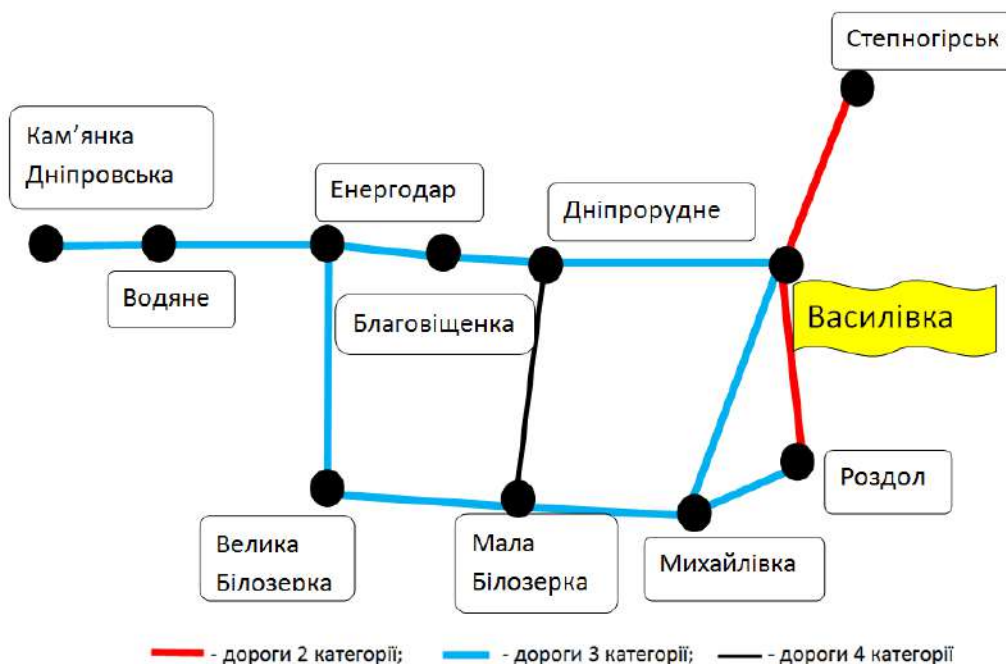


Рис. 2. Граф транспортної доступності Васи́лівського району /  
Fig. 2. Graph of transport accessibility of Vasylivsky district

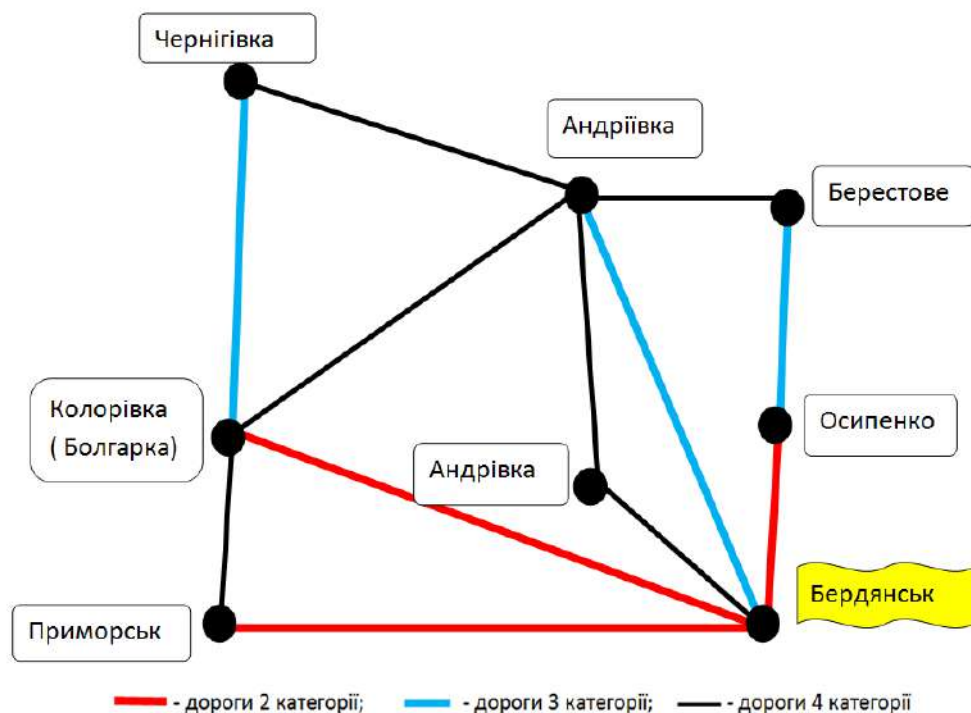


Рис. 3. Граф транспортної доступності Бердянського району /  
Fig. 3. Graph of transport accessibility of Berdiansk district

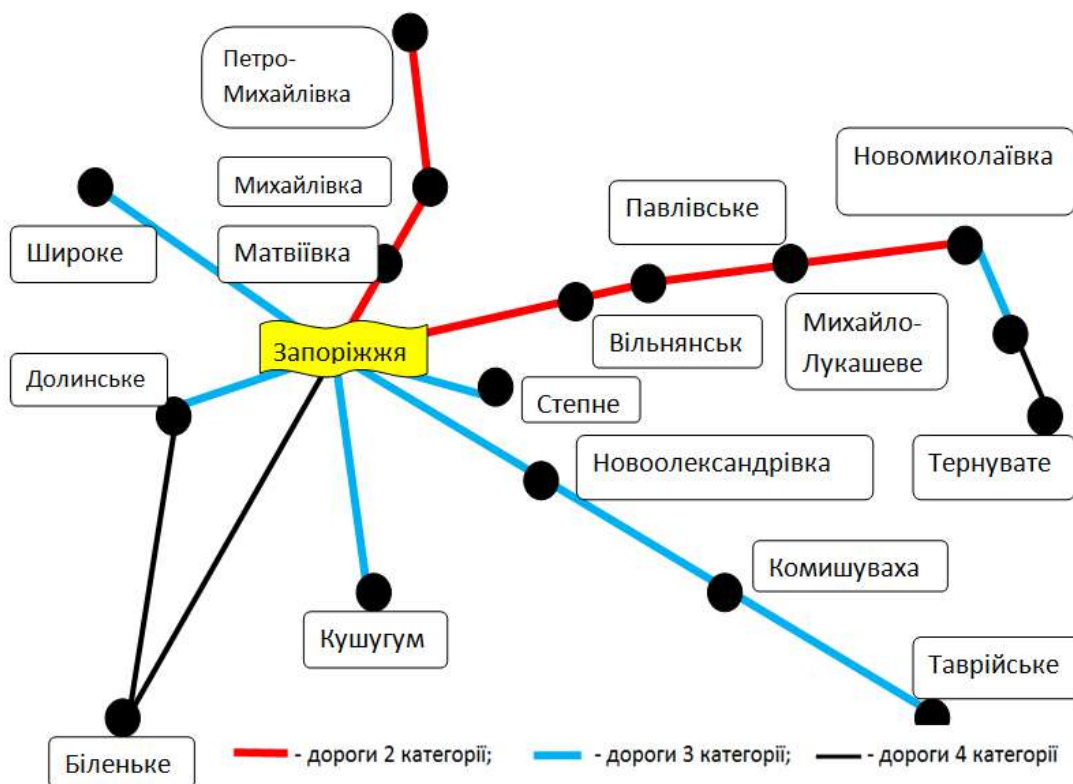


Рис. 4. Граф транспортної доступності Запорізького району /  
Fig. 4. Graph of transport accessibility of Zaporizhzhia district



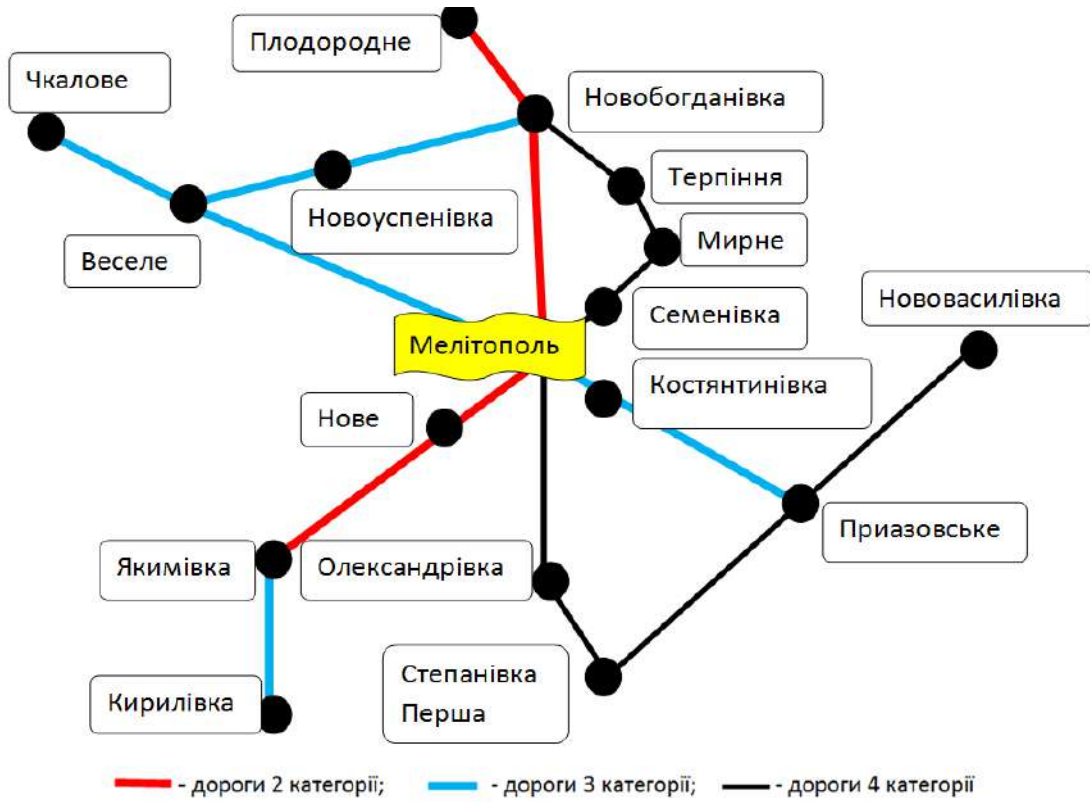


Рис. 5. Граф транспортної доступності Мелітопольського району /  
Fig. 5. Graph of transport accessibility of Melitopol district

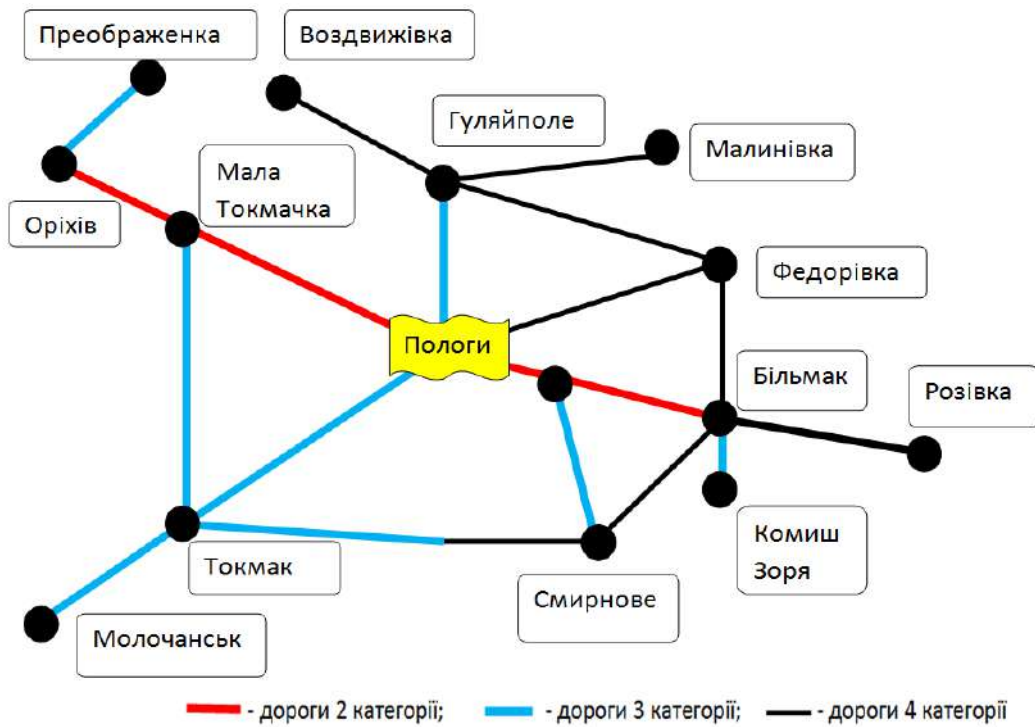


Рис. 6. Граф транспортної доступності Пологівського району /  
Fig. 6. Graph of transport accessibility of Polohy district

на автомобільній трасі державного значення забезпечує оптимальну сполученість з обласним центром.

Транспортна мережа Бердянського району має більш складну конфігурацію, крім циклічного прямокутника в ній визначаються зв'язки, що сполучають її пункти за коротшими напрямками (рис. 3). Адміністративний центр району розташований у південно-східній частині мережі, що віддаляє його як від інших пунктів району, так і від адміністративного центру області.

Циклічний характер з проміжними зв'язками транспортних мереж Василівського і Бердянського районів має забезпечити більш оптималь-

ну доступність всередині мережі між її пунктами за рахунок прокладання більш раціональних маршрутів.

Абсолютні індекси транспортної доступності центрів територіальних громад мають значні відмінності за районами області. Так їх середні показники коливаються в широких межах від 443 до 1237 ум. км, тобто відрізняються у 2,9 рази (табл. 3). Цей індекс залежить від площі району, кількості центрів громад, відстані між ним та конфігурації транспортної мережі.

Найкращий середній індекс абсолютної транспортної доступності центрів громад – 443 ум. км спостерігається у Бердянського району, що по-

Таблиця 3 / Table 3

Середні значення абсолютних показників топологічної автомобільної транспортної доступності адміністративних районів Запорізької області /  
Average values of absolute indicators of topological road transport accessibility of administrative districts of Zaporizhzhia region

Райони	Абсолютний індекс транспортної доступності (ум. км)	Число Кеніга (ум. км)	Доступність адміністративного центру району (ум. км)
Бердянський	443	98	54
Василівський	737	126	69
Запорізький	1237	149	46
Мелітопольський	1183	153	49
Пологівський	1157	158	61

яснюється відносно невеликою в межах області площею району (16,36 %), найменшою кількістю територіальних громад – 8 – та доволі раціональною циклічною конфігурацією транспортної мережі. Навіть найбільший показник індексу дорівнює лише 541 ум. км, що менше за значення в інших районах.

Найгірший середній абсолютний індекс транспортної доступності – 1237 ум. км – характерний для Запорізького району. На це впливає радіальна конфігурація транспортної мережі і значна кількість територіальних громад (17 громад). Тут спостерігається дуже великий розбіг у значеннях індексу окремих пунктів – від 736 до 2135 ум. км. Найкраще транспортне положення має Запоріжжя у зв'язку з розташуванням у центрі перетину автомобільних шляхів. Найгірші показники індексу в с. Тернуватого (2135 ум. км), с. Таврійського (1604 ум. км) і с. Новомиколаївка (1595 ум. км) внаслідок їхнього розташування на крайній периферії транспортної мережі. Індекс абсолютної доступності більшості центрів громад внаслідок їх розташування ближче до центру системи складає 974-1201 ум. км (табл. 4).

Мелітопольський район займає передостаннє місце за середнім показником абсолютного індексу транспортної доступності, що складає 1183 ум. км. Даний район має найбільшу площу

в області (25,97 %), значну кількість територіальних громад – 16 і радіальну конфігурацію транспортної мережі, що віддаляє окремі центри громад між собою. При цьому найкращий показник – 732 ум. км – належить Мелітополю, розташованому на перетині транспортних шляхів мережі, а найгірший – 2158 ум. км – має с. Кирилівка, яка знаходиться на крайній периферії і має лише один зв'язок. У більшості центрів району індекс абсолютної транспортної доступності складає 1021-1495 ум. км (табл. 5).

Значний показник середнього абсолютного індексу транспортної доступності Пологівського району (1157 ум. км) можна пояснити його значною площею, доволі великою кількістю територіальних громад (15 громад) і радіальною конфігурацією транспортної мережі. Розбіг індексу окремих центрів громад досить значний – від 797 до 1665 ум. км. Найкращий показник має районний центр м. Пологи за рахунок розташування у центрі транспортної мережі. Індекс більшості центрів громад коливається у відносно незначних межах 1037-1240 ум. км (табл. 6).

Абсолютний індекс автомобільної транспортної доступності інших районів має проміжні значення. У Василівського району його середній показник складає 737 ум. км, чому сприяє відносно невелика площа району і циклічна конфігура-



Таблиця 6 / Table 6

Матриця відстаней (ум. км) і індексів доступності автомобільної транспортної мережі Пологівського району /  
Matrix of distances (in km) and availability indices of the road transport network of the Polohy district

	Більмак	Воздвижівка	Гуляйполе	Комиш Зоря	Мала Токмачка	Малинівка	Молочанськ	Оріхів	Пологи	Преображенка	Розівка	Смирнове	Токмак	Федорівка	Абсолютний індекс доступності	Число Кьонига	Індекс Бавелаша	Індекс Бошама
Більмак	0	99	66	7	101	95	153	113	63	118	53	31	135	48	1082	153	14,91	0,012
Воздвижівка	99	0	33	106	74	62	129	86	36	91	152	130	111	70	1149	152	14,04	0,011
Гуляйполе	66	33	0	73	41	29	96	53	30	58	119	97	78	37	810	119	20,61	0,016
Комиш Зоря	7	106	73	0	108	102	160	120	70	125	60	38	142	55	1166	160	13,84	0,011
Мала Токмачка	101	74	41	108	0	70	80	12	38	17	154	132	62	83	970	154	16,64	0,013
Малинівка	95	62	29	102	70	0	125	82	32	87	148	126	107	66	1131	148	14,27	0,011
Молочанськ	153	129	93	160	80	125	0	92	93	97	206	122	18	138	1506	206	10,71	0,008
Оріхів	113	86	53	120	12	82	92	0	50	5	166	178	74	95	1126	178	14,33	0,011
Пологи	63	36	30	70	38	32	93	50	0	55	116	94	75	45	797	116	20,96	0,016
Преображенка	118	91	58	125	17	87	97	5	55	0	171	149	79	100	1152	171	14,01	0,011
Розівка	53	152	119	60	154	148	206	166	116	171	0	84	135	101	1665	206	9,69	0,007
Смирнове	31	130	97	38	132	126	122	178	94	149	84	0	104	79	1364	178	11,83	0,009
Токмак	135	111	78	142	62	107	18	74	75	79	135	104	0	120	1240	135	13,01	0,010
Федорівка	48	70	37	55	83	66	138	95	45	100	101	79	120	0	1037	138	15,56	0,012
								61							1157	158	14,60	0,011

■ - найкращі показники ■ - найгірші показники ■ - середні показники

Таблиця 7 / Table 7

Матриця відстаней (ум. км) і індексів доступності автомобільної транспортної мережі Василівського району /  
Matrix of distances (in km) and availability indices of the road transport network of the Vasylivsky district

	Благовіщенка	Василівка	Велика Білозерка	Водяне	Дніпрорудне	Енергодар	Кам'янка Дніпровська	Мала Білозерка	Михайлівка	Роздол	Степногірськ	Абсолютний індекс доступності	Число Кеніга	Індекс Бавелаша	Індекс Бошама
Благовіщенка	0	65	72	52	28	30	63	57	92	92	89	640	92	12,66	0,015
Василівка	65	0	93	117	37	95	128	69	34	27	24	689	128	11,76	0,014
Велика Білозерка	72	93	0	64	53	42	75	24	59	82	114	678	114	11,95	0,014
Водяне	52	117	64	0	80	22	11	88	123	146	141	844	146	9,6	0,011
Дніпрорудне	28	37	53	80	0	58	91	29	64	64	61	565	91	14,35	0,017
Енергодар	30	95	42	22	58	0	33	66	101	122	119	688	122	11,78	0,014
Кам'янка Дніпровська	63	128	75	11	91	33	0	99	134	155	152	941	155	8,61	0,010
Мала Білозерка	57	69	24	88	29	66	99	0	35	58	93	618	99	13,11	0,016
Михайлівка	92	34	59	123	64	101	134	35	0	23	58	723	134	11,21	0,013
Роздол	92	27	82	146	64	122	155	58	23	0	51	820	155	9,88	0,012
Степногірськ	89	24	114	141	61	119	152	93	58	51	0	902	152	9,98	0,011
Середні значення		69										737	126	11,35	0,013

■ - найкращі показники ■ - найгірші показники ■ - середні показники

## Матриця відстаней (ум. км) і індексів доступності автомобільної транспортної мережі Бердянського району /

Matrix of distances (in km) and availability indices of the road transport network of the Berdiansk district

	Андрівка	Андріївка	Бердянськ	Берестове	Колорівка (Болгарка)	Осипенко	Приморськ	Чернігівка	Абсолютний індекс доступності	Число Кеніга	Індекс Бавелапа	Індекс Бопама
Андрівка	0	37	38	64	83	64	84	87	457	87	7,75	0,015
Андріївка	37	0	51	27	46	63	83	50	357	83	9,92	0,019
Бердянськ	38	51	0	62	52	26	46	101	376	101	9,42	0,018
Берестове	64	27	62	0	73	36	108	77	447	108	7,92	0,015
Колорівка (Болгарка)	83	46	52	73	0	78	37	38	407	83	8,7	0,017
Осипенко	64	63	26	36	78	0	72	113	452	113	7,83	0,015
Приморськ	84	83	46	108	37	72	0	75	505	108	7,01	0,013
Чернігівка	87	50	101	77	38	113	75	0	541	113	6,54	0,012
Середні значення			54						443	98	8,13	0,0155

 - найкращі показники  - найгірші показники  - середні показники

Вони коливаються від 357 в с. Андріївка Бердянського району до 2158 ум. км в с. Кирилівка Мелітопольського району, тобто відрізняються у 6 разів (табл. 8; 9).

Число Кеніга, що у нашому випадку характеризує найбільшу відстань між центрами територіальних громад районів, з урахуванням більш комфортних автомобільних доріг в адміністративних районах Запорізької області коливається в середньому від 98 до 158 ум. км, тобто відрізняється між собою в 1,6 рази (табл. 3). За цим показником лідируюче положення зберігає Бердянський район, де найбільші відстані коливаються в межах лише 83-113 ум. км. Проміжне положення за числом Кеніга належить Василівському району з середнім показником 126 ум. км. Однак коливання між окремими пунктами тут більше – 91-155 ум. км. На кращі показники Бердянського і Василівського районів впливає їх відносно невелика площа і циклічний тип транспортної мережі (табл. 7; 8; 9. Рис. 7).

Найбільшими середніми значеннями числа Кеніга відрізняються з невеликою різницею між собою Пологівський (158 ум. км), Мелітопольський (153 ум. км) і Запорізький (149 ум. км) райони. Можна помітити, що і за коливанням абсолютних значень даного показника ці райони досить близькі – 116-206 ум. км в Пологівського, 113-206 ум. км в Мелітопольського, 102-189 ум. км в Запорізького районів. Значні показники числа Кеніга даних районів можна пояснити їх зна-

чною площею і радіальною конфігурацією транспортної мережі (табл. 9).

Аналіз числа Кеніга окремих центрів територіальних громад області свідчить про значно менший розбіг значень порівняно з абсолютним індексом транспортної доступності. Так найкращий показник числа Кеніга – 83 ум. км (с. Андріївка Бердянського району) і найгірший – 206 ум. км (с. Кирилівка Мелітопольського та с. Розівка Пологівського районів) відрізняються лише у 2,5 рази. Ця різниця полягає в тому, що число Кеніга характеризує лише один напрямок зв'язків пунктів тоді як індекс абсолютної транспортної доступності відображає всю їх сукупність (табл. 9).

Порівнюючи показники абсолютного індексу транспортної доступності і числа Кеніга, можна побачити, що для окремих центрів ці показники не завжди співпадають. Наприклад, в Запорізькому районі група пунктів з найгіршими цими показниками залишається без змін, але лідируючі позиції за числом Кеніга відійшли від Запоріжжя, яке лідирувало за абсолютним індексом доступності до Вільнянська і Павлівського, що пояснюється їх розташуванням ближче до середини найбільш довгого променя транспортної мережі району (табл. 4).

Важливим показником транспортної доступності району можна вважати доступність його адміністративного центру. Вона демонструє можливість отримання населенням додаткових медичних, освітніх, соціальних, побутових та інших

Поляризація центрів територіальних громад Запорізької області  
за показниками транспортної доступності /  
Polarization of the centers of territorial communities of Zaporizhzhia region  
according to indicators of transport accessibility

Центри з найкращими показниками		Центри з найгіршими показниками		MAX / MIN
Показники	Центри (райони)	Показники	Центри (райони)	
<b>Індекс абсолютної транспортної доступності (ум. км)</b>				
357	Андріївка (Бердянський)	541	Чернігівка (Бердянський)	6
565	Дніпрорудне (Василівський)	941	Кам'янка-Дніпровська (Василівський)	
736	Запоріжжя (Запорізький)	2135	Тернувате (Запорізький)	
732	Мелітополь (Мелітопольський)	2158	Кирилівка (Мелітопольський)	
797	Пологи (Пологівський)	1665	Розівка (Пологівський)	
<b>Число Кеніга (ум. км)</b>				
83	Андріївка (Бердянський)	113	Чернігівка (Бердянський)	2,5
91	Дніпрорудне (Василівський)	155	Кам'янка-Дніпровська (Василівський)	
102	Вільнянськ (Запорізький)	189	Тернувате (Запорізький)	
109	Мелітополь (Мелітопольський)	206	Кирилівка (Мелітопольський)	
116	Пологи (Пологівський)	206	Розівка (Пологівський)	
<b>Доступність адміністративного центру району (ум. км)</b>				
26	Осипенко	101	Чернігівка	10,6
24	Степногірськ	128	Кам'янка-Дніпровська	
20	Степне	121	Тернувате	
12	Костянтинівка	109	Кирилівка	
30	Гуляйполе	116	Розівка	
<b>Індекс Бавелаша</b>				
9,92	Андріївка (Бердянський)	6,54	Чернігівка (Бердянський)	4,3
14,35	Дніпрорудне (Василівський)	8,61	Кам'янка-Дніпровська (Василівський)	
28,51	Запоріжжя (Запорізький)	9,82	Тернувате (Запорізький)	
27,56	Мелітополь (Мелітопольський)	9,52	Кирилівка (Мелітопольський)	
20,96	Пологи (Пологівський)	9,69	Розівка (Пологівський)	
<b>Індекс Бошама</b>				
0,0190	Андріївка (Бердянський)	0,0120	Чернігівка (Бердянський)	3,2
0,0170	Дніпрорудне (Василівський)	0,0100	Кам'янка-Дніпровська (Василівський)	
0,0217	Запоріжжя (Запорізький)	0,0074	Тернувате (Запорізький)	
0,0197	Мелітополь (Мелітопольський)	0,0068	Кирилівка (Мелітопольський)	
0,0160	Пологи (Пологівський)	0,0070	Розівка (Пологівський)	

**РАЙОНИ**  
Запорізької області

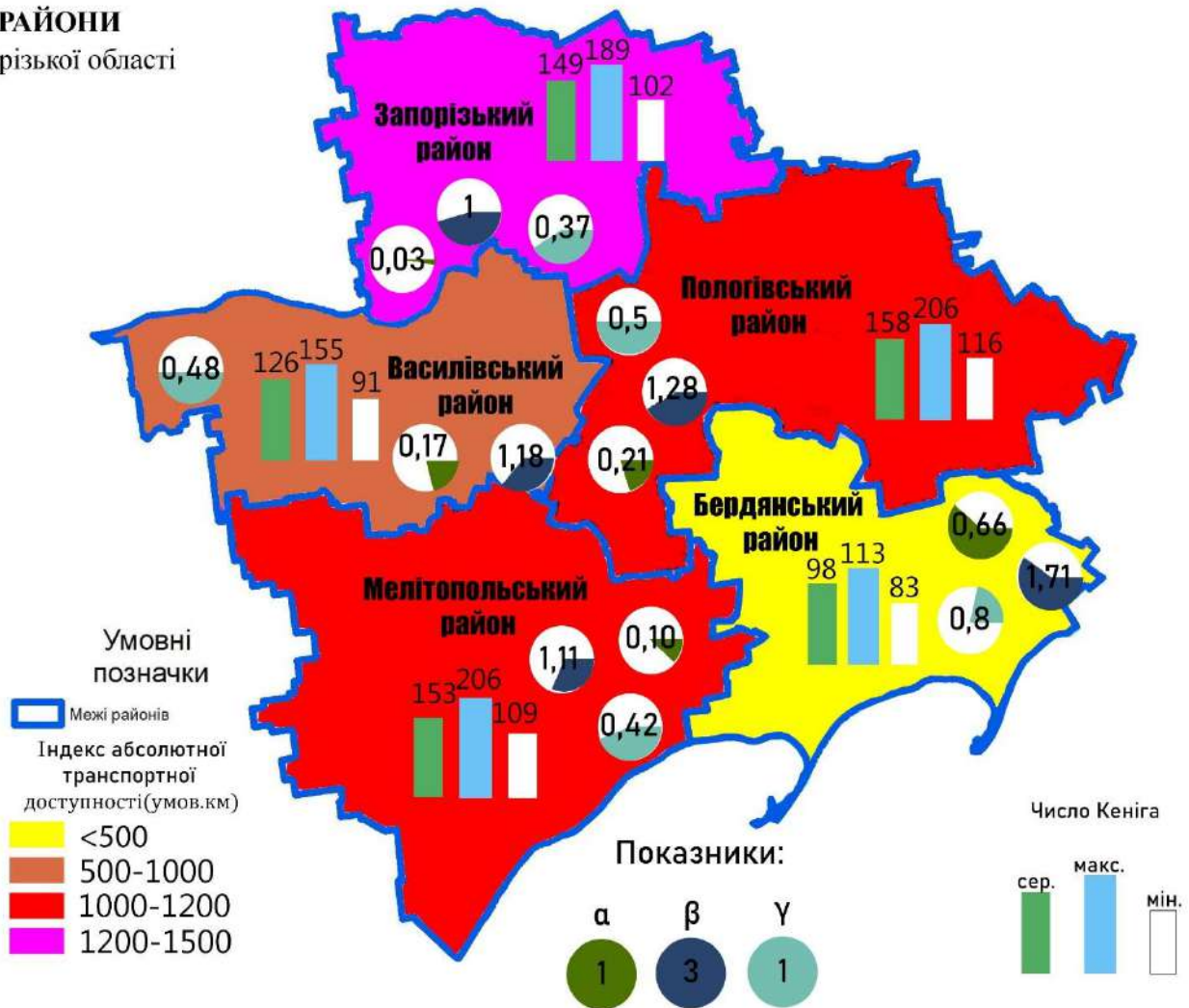


Рис. 7. Характеристика транспортної доступності адміністративних районів Запорізької області / Fig. 7. Characteristics of transport accessibility of administrative districts of Zaporizhzhia region

послуг. Дану доступність можна визначити за відповідною відстанню. Для центрів територіальних громад Запорізької області доступність районного адміністративного центру коливається в межах 12-128 ум. км (табл. 9). Тобто найкращі та найгірші показники відрізняються у десять разів. Такий розбіг показника пояснюється значною площею районів і розташуванням певних центрів на їх периферії.

Порівняння крайніх значень показника доступності райцентру демонструє, що райони області мало відрізняються між собою. Так, найкраща доступність райцентрів для центрів територіальних громад в усіх районах не перевищує 30 ум. км, що забезпечує їм часову доступність до центру району до 30-40 хвилин. Найвіддаленіші пункти мають показники 101-128 ум. км, тобто їхня часова доступність перевищує одну годину. Віддаленість багатьох центрів територіальних громад області не перевищує 50 ум. км, що відповідає часовій доступності до однієї години.

За середнім показником доступності адміністративного центру група районів-лідерів змінюється (табл. 3), до них відносяться Запорізький (46 ум. км) і Мелітопольський (49 ум. км). Цьому сприяє розташування райцентрів у середині радіальної транспортної мережі. Проміжне положення займає Бердянський район (54 ум. км) і найбільші показники в Пологівського (61 ум. км) і Василівського (69 ум. км) районів з їх значними відстанями центрів громад від райцентру.

Аналізуючи дані доступності райцентрів Запорізької області можна констатувати, що радіальна конфігурація транспортної мережі з розташуванням райцентру всередині збільшує відстані між окремими центрами громад району, але сприяє їх кращій доступності до адміністративного центру району. Відносно незначні розбіжності середніх показників доступності райцентру, що відрізняються лише у 1,5 рази, свідчать про раціональний характер формування нових районів області.

Для визначення ступеню транспортної дос-

тупності території окрім абсолютних застосовують також відносні показники, які дозволяють представити транспортне положення певного пункту або території відносно інших у даній транспортній мережі. До таких показників відносять індекс Бавелаша, індекс Бошама та показники зв'язності графа –  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ - індекси.

Відносний індекс Бавелаша, що дозволяє порівняти доступність певних центрів за відношенням до сумарного показника абсолютної доступності всіх пунктів території, для Запорізької області коливається від 6,54 до 28,51, тобто відрізняється у 4,3 рази (табл. 9). Найвищий, тобто найкращий, показник даного індексу – 28,51 — має Запоріжжя, що підтверджує його центральне місце у районній транспортній мережі. До групи лідерів за цим показником з невеликим відривом відноситься м. Мелітополь з індексом 27,56 і дещо більшою різницею м. Пологи з індексом 20,96. Дані пункти мають найкраще транспортне положення у своїх районах, що свідчить про доцільність обрання саме їх райцентрами для формування нових районів.

Найменший індекс Бавелаша в області зафіксовано у таких пунктах як Чернігівка (Бердянський) – 6,54, Кам'янка-Дніпровська (Василівський) – 8,61, Кирилівка (Мелітопольський) – 9,52, Розівка (Пологівський) – 9,69, Тернувате (Запорізький) – 9,82 (табл. 9). Тобто група пунк-

тів з найгіршими показниками залишається незмінною, на що впливає їх периферійне розташування у районних транспортних мережах. Фактично можна спостерігати відповідність ранжирування за даним показником і за індексом абсолютної доступності.

За середніми значеннями індексу Бавелаша в області лідирують Мелітопольський (18,66), Запорізький (18,03) і з певним відривом від них Пологівський (14,60) райони (табл. 10. Рис. 8). Тобто результат виявляється протилежний за показники індексу абсолютної доступності. Це пояснюється значно більшою кількістю центрів територіальних громад у цих районах і відповідно різким зростанням індексу абсолютної доступності. В той же час відносний показник демонструє раціональність транспортного розташування центрів громад цих районів.

Індекс Бошама демонструє співвідношення між протяжністю показника абсолютної транспортної доступності та кількістю центрів транспортної системи. У Запорізькій області його показники для центрів громад відрізняються у 3,2 рази і складають 0,0068-0,0217 (табл. 9). За цим показником зі значним відривом лідирує Запоріжжя (0,0217). Також достатньо високий індекс мають м. Мелітополь (0,0197), с. Андріївка Бердянського району (0,0190), м. Бердянськ (0,0180), м. Дніпрорудне Василівського району (0,0170).

Таблиця 10 / Table 10

Середні значення відносних показників топологічної автомобільної транспортної доступності адміністративних районів Запорізької області /

Average values of relative indicators of topological road transport accessibility of administrative districts of Zaporizhzhia region

Райони	Індекс Бавелаша	Індекс Бошама	$\alpha$ -індекс зв'язності	$\beta$ -індексу зв'язності	$\gamma$ -індекс зв'язності
Бердянський	8,13	0,0155	0,45	1,71	0,8
Василівський	11,35	0,0130	0,17	1,18	0,48
Запорізький	18,03	0,0137	0,03	1	0,37
Мелітопольський	18,66	0,0133	0,11	1,11	0,42
Пологівський	14,60	0,0110	0,21	1,28	0,5

Найменші показники індексу Бошама, що менші за 0,01, мають с. Кирилівка Мелітопольського району (0,0068), с. Розівка Пологівського району (0,0070), Тернувате Запорізького району (0,0074). Індекс інших центрів коливається від 0,0122 до 0,0154. Низькі показники цих центрів свідчать про їх відносно складну доступність у межах відповідних транспортних мереж, пов'язану з їх периферійним розташуванням.

За середніми значеннями індексу Бошама в Запорізькій області лідирує Бердянський район з показником 0,0155 (табл. 10). Проміжні показники мають Запорізький (0,0137), Мелітопольський (0,0133) і Василівський (0,0130) райони. Це свід-

чить про відносну подібність у загальному ступені доступності центрів громад цих районів. Низький показник індексу Бошама в Пологівському районі (0,0110) демонструє меншу раціональність у розташуванні центрів громад (рис. 8).

Таким чином, відносні показники транспортної доступності демонструють деякі протиріччя у розподілі районів Запорізької області за співвідношенням індексів абсолютної транспортної доступності і кількості центрів територіальних громад.

Для визначення ефективності транспортної мережі застосовувались показники зв'язності графа –  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ - індекси. Вони характеризують



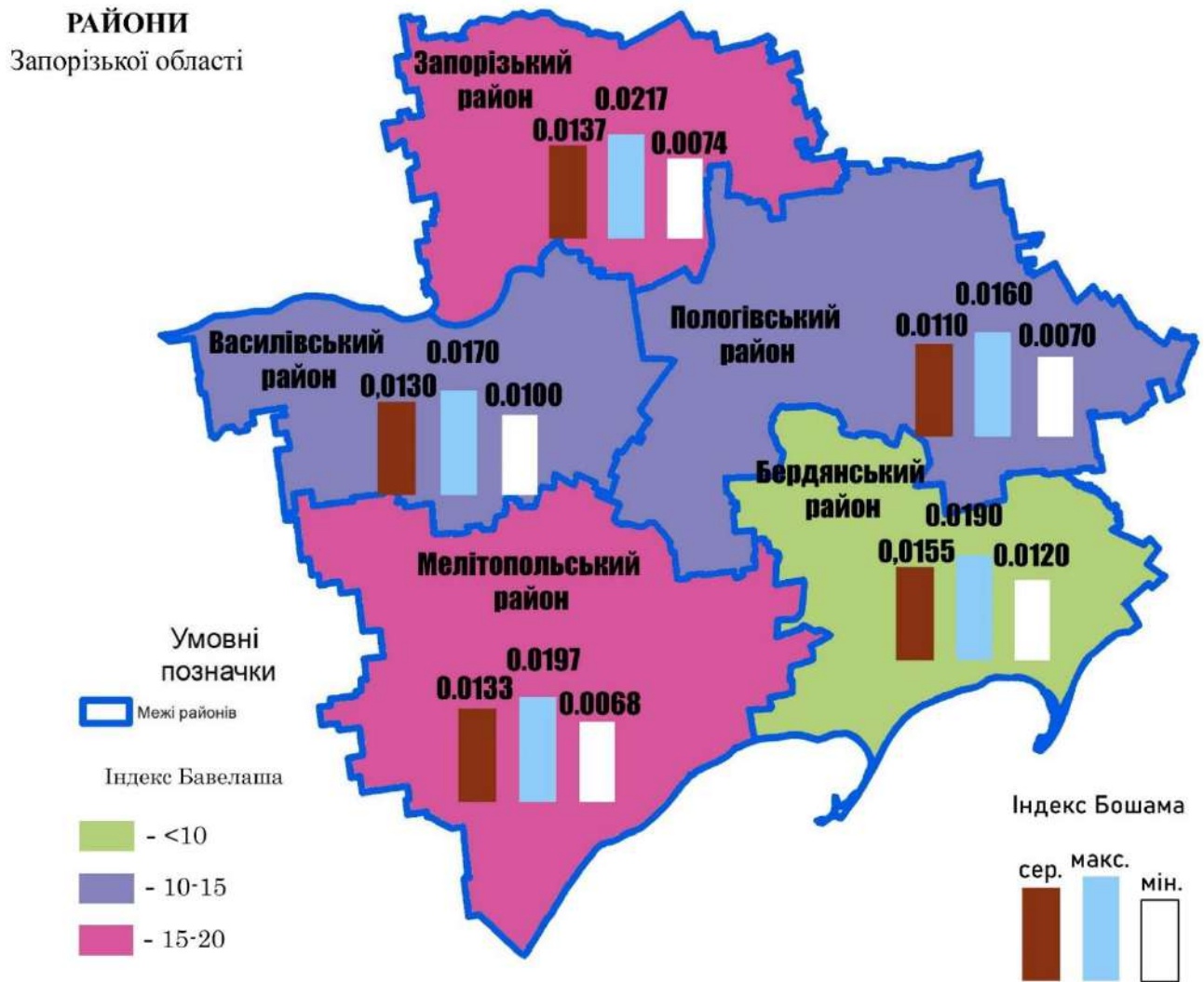


Рис. 8. Характеристика транспортної доступності адміністративних районів Запорізької області за відносними показниками /

Fig. 8. Characteristics of transport accessibility of administrative districts of Zaporizhzhia region by relative indicators

конфігурацію і особливості зв'язків в мережі. Для районів Запорізької області  $\alpha$ -індекс, що відображає надмірність зв'язків у мережі, коливається від 0,03 до 0,45 (табл. 10). Оскільки його максимальне можливе значення – 1, показник районів демонструє їх значну відмінність між собою. Мінімальне значення  $\alpha$ -індексу має Запорізький район, тобто тут майже немає альтернативних шляхів до більшості центрів громад, що свідчить про низьку ефективність транспортної мережі та зв'язаність центрів громад району, це пояснюється радіальною конфігурацією автотранспортної мережі і відсутністю в неї циклів.

Найбільший показник  $\alpha$ -індексу – 0,45, характерний для Бердянського району, де автотранспортна мережа має не лише циклічну конфігурацію, але і багато проміжних зв'язків між центрами громад, що забезпечує наявність альтернативних варіантів маршрутів. Показники  $\alpha$ -індексу інших районів мають не дуже великі значення – 0,11-0,21 (табл. 10), це пояснюється ра-

діальною конфігурацією транспортних мереж Мелітопольського і Пологівського районів та наявністю відхилень від циклічної мережі Василівського району (рис. 7).

Ступінь розвиненості транспортної мережі оцінювалася за допомогою  $\beta$ -індексу, який відображає співвідношення кількості центрів та кількості зв'язків між ними, його значення можуть дорівнювати 0-3. В районах Запорізької області даний індекс коливається від 1 до 1,71, що також свідчить про середню та невисоку зв'язаність їх центрів (табл. 10).

Найменший показник  $\beta$ -індексу – 1, притаманний Запорізькому району, де наявна велика кількість центрів громад, але досить невелика кількість варіантів маршрутів між ними. Найбільше значення індексу – 1,71 має Бердянський район через невелику кількість центрів громад та наявність в майже половини з них чотирьох зв'язків. Інші райони мають  $\beta$ -індекс в межах 1,11-1,28, що свідчить про невисокий рівень

зв'язності центрів їх громад, які у більшості випадків мають лише по 2-3 зв'язки.

Співвідношення реальної кількості зв'язків транспортної мережі з їх максимально можливим характеризує  $\gamma$ -індекс, значення якого для Запорізької області складає 0,37-0,50 і лише Бердянський район має значення 0,80 (табл. 10). Цей показник свідчить про середній ступінь зв'язності більшості районних автотранспортних мереж (його максимально можливе значення дорівнює 1).

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Проведені розрахунки демонструють, що автотранспортні мережі адміністративних районів Запорізької області мають певну просторову диференціацію за основними показниками. Вони відрізняються за конфігурацією мереж, кількістю зв'язків між окремими пунктами, абсолютним індексом доступності, числом Кеніга, індексом Бавелаша, індексом Бошама, а також показниками зв'язності мережі –  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -індексами.

При цьому зв'язаність центрів територіальних громад районних автотранспортних мереж Запорізької області коливається від низького до середнього рівня. На це впливає конфігурація транспортної мережі, яка визначає кількість зв'язків в окремих центрах громад. Найкращі показники зв'язаності характерні для Бердянського району з циклічною конфігурацією мережі,

найнижчими показниками відрізняється Запорізький район з радіальною мережею.

Для підвищення ефективності автотранспортної мережі Запорізької області на підставі проведеного аналізу можна запропонувати такі кроки:

- Доцільна реконструкція автомобільних доріг, що сполучають райцентри між собою і з обласним центром до рівня першої категорії, а доріг між центрами громад до другої категорії.

- Для транспортних мереж Запорізького, Мелітопольського і Пологівського районів доцільно обладнання на належному рівні автомобільних шляхів, що сполучають їх радіальні промені між собою. Тобто формування радіально-кільцевої конфігурації автотранспортної мережі. Це значно підвищить рівень їх зв'язності і ефективність використання.

- Значна частина автомобільних доріг області потребує капітального ремонту дорожнього покриття для забезпечення безпеки пересування, підвищення комфорту і ефективності їх використання. Для цього доцільно залучати інфраструктурні субвенції як на обласному рівні так і на рівні територіальних громад.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з більш глибоким суспільно-географічним аналізом і прогнозом процесів розвитку автотранспортної мережі Запорізької області та її адміністративних районів після російської агресії і деокупації цієї території.

#### Список використаної літератури

1. Атлас адміністративно-територіального устрою України / [за заг. ред. Остапенка П.] / видання друге, доповнене. Київ, 2021. 441 с.
2. Байтеряков О.З., Воронова В.В. Топологічний аналіз автомобільної транспортної доступності території Запорізької області. Актуальні наукові дослідження в сучасному світі. Журнал. Випуск 12(68). Частина 4. Грудень 2020 р. Переяслав, 2020. С. 6-11.
3. Байтеряков О.З., Арсененко І.А., Донченко Л.М. Просторовий аналіз системи розселення Запорізької області. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія». 2022. Випуск 57. С. 48-67. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-05>
4. Бондар Н.М. Розвиток транспортної інфраструктури України на засадах державо-приватного партнерства: монографія. К.: НТУ, 2014. 336 с.
5. Гацук П.М., Тимошенко С.Ю. Означуваність і зміст поняття транспортної системи. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. № 22, 2020. С. 66-77. DOI: <https://doi.org/10.32447/20784643.22.2020.09>
6. Грицевич В.С., Сеньків М.І. Топологія і метрика автотранспортного простору як чинник транспортно-логістичної діяльності в Західному регіоні України. Геополітика і екогеодинаміка регіонів. Том 10. Випуск 2., 2014. С. 483-488.
7. Гродзинський М.Д. Пізнання ландшафту: місце і простір. К.: ВПЦ Київський університет, 2005. Т. 2. С. 341-393.
8. Запорізька область: Фізична географія Запорізької області: Хрестоматія / Відп. ред. Л.М. Даценко. Мелітополь: Вид-во МДПУ імені Богдана Хмельницького, 2014. 200 с.
9. Загурський О.М. Транспортна доступність сільських територій: методологічні підходи. Автомобільний транспорт. Вип. 43. 2018. С. 65-70. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2018.43.0.65>
10. Кудрицька Н.В. Моделювання оцінки рівня транспортної забезпеченості регіонів України з використанням функції Харінгтона. Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. Зб. Наук. Праць. К., 2015, випуск 20. С. 203-217.
11. Кудряшов А.В., Мазуренко О.О. Аналіз існуючої маршрутної мережі міста Марганець. Транспортні системи та технології перевезень. Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. Вип. 21. 2021р. С. 16-22. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstf2021/237634>

12. Мезенцев К.В. Суспільно-географічне прогнозування регіонального розвитку: Монографія. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. 253 с.
13. Мельничук М.М., Ковальчук С.І. Автомобільна транспортна доступність основних рекреаційних населених пунктів північно-західного регіону України. Природа Західного Полісся та прилеглих територій: зб. наук. пр. Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. № 9. С. 106-119.
14. Неліпа К. Г. Трансформація системи розселення запорізької області (суспільно-географічне дослідження): автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.02. Київ, 2019. 20 с.
15. Пилипенко І. О. Оцінка зміни периферійності адміністративних одиниць на прикладі Херсонської області. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Географія. Вип. 57. 2010. С.31-33. URL: [https://scholar.google.com.ua/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=uk&user=sVNLAD0AAAAJ&citation\\_for\\_view=sVNLAD0AAAAJ:edDO80i4QzsC](https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=sVNLAD0AAAAJ&citation_for_view=sVNLAD0AAAAJ:edDO80i4QzsC)
16. Підгрушній Г.П., Нагірна В.П., Фацевський М.І. Інтегральний потенціал території – теоретичні та практичні аспекти дослідження: монографія. Київ: Інститут географії НАН України, 2012. 464 с. URL: <https://igu.org.ua/sites/default/files/igu-files/mono/ipt.pdf>
17. Плекан У.М., Ляшук О.Л., Рожко Н.Я., Цьонь О.П. Удосконалення соціальної функції транспортної галузі України. Центральнотрапінський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37), ч.І. С. 157-166. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6\(37\).1.157-166](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6(37).1.157-166)
18. Про надання інформації щодо довжини автомобільних шляхів по нових районах Запорізької області від 25.10.2021, №79-Б-277-е. Запорізька обласна державна адміністрація, 2021. 5 с.
19. Про надання інформації від 22.10.2021, №10/2862. Служба автомобільних доріг у Запорізькій області, 2021. 3 с.
20. Пугач С.О., Новосад С.В. Трактуння понять «транспортна доступність» та «стиснення простору» у сучасній науковій літературі. Актуальні проблеми країнознавчої науки: матеріали III Міжнар. наук. практ. інтернет-конференції (м. Луцьк, 15–16 грудня 2015 р.). Луцьк: Вежа-Друк, 2015.
21. Пушкар Т.А., Жовтяк Г.А. Актуальні тенденції та перспективи розвитку автомобільного транспорту східних регіонів України. Економіка та держава № 8/2013. С. 56-59.
22. Розальський Р., Букартик Н., Русановська Г. Аналіз методів побудови міських пасажирських транспортних систем. Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні: тези доповідей III-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції, Львів, 22-23 лютого 2018 року. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. С. 153–156. URL: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/f854caf2-2572-4f9a-829e-f0f803c7855e/content>
23. Родащук Г.Ю. Визначення рівня розвитку транспортної інфраструктури сільських територій. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2014. Вип. 86(2). С. 81-90.
24. Сільченко Ю.Ю., Семенюк Л.Л., Зарубіна А.В. Аналіз впливу транспортної доступності на соціально-економічний розвиток Кіровоградської області. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки. 2017. Вип. 7. С. 81-87.
25. Фатюха Н.Г. Статистична оцінка розвитку автомобільного транспорту Запорізької області. Ефективна економіка. № 4, 2016. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4885>
26. Ходаківський О.М. Огляд основних наукових робіт по підвищенню ефективності транспортних систем. Зб. наук. праць ДонІЗТ. Донецьк: ДонІЗТ УкрДАІТ. 2013. Вип. 33. С. 34-52.
27. Численність наявного населення України на 1 січня 2022 року. Статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2022. 82 с.
28. Chen M., Wu F., Yin M., Xu J. Impact of Road Network Topology on Public Transportation Development. *Wireless Communications and Mobile Computing*. Volume 2021. Article ID 6209592. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6209592>
29. Dumedah G., Garsonu E.K. Characterising the structural pattern of urban road networks in Ghana using geometric and topological measures. *Geo: Geography and Environment*. Volume 8, Issue 1. 2021. e00095. DOI: <https://doi.org/10.1002/geo2.95>
30. Freiria S., Ribeiro B., Tavares A.O. Understanding road network dynamics: Link-based topological patterns. *Journal of Transport Geography*. Volume 46. June 2015. P. 55-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.05.002>
31. Hong J., Tamakloe R., Lee S., Park D. Exploring the Topological Characteristics of Complex Public Transportation Networks: Focus on Variations in Both Single and Integrated Systems in the Seoul Metropolitan Area. *Sustainability*, 2019. Volume: 11. Number: 5404. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11195404>
32. Jiang B., Claramunt C. Topological Analysis of Urban Street Networks. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 2004. volume 31. P. 151-162. DOI: <https://doi.org/10.1068/b306>
33. Kisgyörgy L., Vasvari G. Analysis and observation of road network topology. 19th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies. At: Hong Kong, China, 2014. URL: [https://www.researchgate.net/publication/281448739\\_ANALYSIS\\_AND\\_OBSERVATION\\_OF\\_ROAD\\_NETWORK\\_TOPOLOGY](https://www.researchgate.net/publication/281448739_ANALYSIS_AND_OBSERVATION_OF_ROAD_NETWORK_TOPOLOGY)
34. Huynh, N., Barthelemy J. A comparative study of topological analysis and temporal network analysis of a public transport system. *International Journal of Transportation Science and Technology*. 11. 2021. P. 392–405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2021.05.003>
35. Pung J., D'Souza R.M., Ghosal D., Zhang M. A road network simplification algorithm that preserves topological properties. *Applied Network Science*. volume 7, Article number: 79. 2022. URL: <https://appliednetsci.springeropen.com/articles/10.1007/s41109-022-00521-8>

36. Shang W., Chen Y., Song C., Ochieng W.Y. Robustness Analysis of Urban Road Networks from Topological and Operational Perspectives. *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*. Volume 2020, Article ID 5875803. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/5875803>
37. Sreelekha M.G., Krishnamurthy K, Anjaneyulu M.V.L.R. Assessment of Topological Pattern of Urban Road Transport System of Calicut City. *Transportation Research Procedia*. Volume 17, 2016, P. 253-262. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.089>
38. Tasopoulou T., Tsiotas D., Polyzos S. Investigating the Interaction Between the Topology of Bus Transport Networks and Regional Development in Greece. *Regional Science Inquiry, Hellenic Association of Regional Scientists*, vol. 0(2). 2023. P. 25-46. URL: <https://ideas.repec.org/a/hrs/journal/vxvy2023i2p25-46.html>
39. Thottolil R., Kumar U. Assessment of Topological Pattern of Road Network: A Case Study of Bangalore City. 2021 *IEEE International India Geoscience and Remote Sensing Symposium (InGARSS)*. Ahmedabad, India, 2021. P. 246-249. DOI: <https://doi.org/10.1109/InGARSS51564.2021.9792069>
40. Tini N.H., Shah M.Z. Evaluation of Road Network Topological Pattern in Abuja Municipality, Nigeria. *European International Journal of Science and Technology*. Vol. 7 No. 1, January 2018. P. 53-69. URL: [https://www.eijst.org.uk/images/frontImages/articles/Vol.7No.1/5.Evaluation\\_of\\_Road\\_Network\\_Topological\\_Pattern.pdf](https://www.eijst.org.uk/images/frontImages/articles/Vol.7No.1/5.Evaluation_of_Road_Network_Topological_Pattern.pdf)
41. Yang Z., Zhou H., Gao P., Chen H., Zhang N. The Topological Analysis of Urban Transit System as a Small-World Network. *International Journal of Computational Intelligence Systems* Vol. 4, No. 6 (December, 2011). P. 1216-1223.
42. Żochowska R., Soczówka P. Analysis of selected transportation network structures based on graph measures. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2018. 98. P. 223-233. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2018.98.21>.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Topological analysis of the automobile transport network of Zaporizhzhia region

*Oleg Baiteriakov*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Geography and Tourism

<sup>1</sup> Bohdan Khmelnytsky Melitopol state pedagogical university, Zaporizhzhia, Ukraine;

*Valeria Voronova*<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Kyiv National Linguistic University, Kyiv, Ukraine

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** The feasibility of the study is explained by the need for a clear understanding of socio-economic realities and problems of the occupied territories that arose on the eve of full-scale Russian aggression. This will contribute to the reconstruction and further development of the territory in the post-war period, taking into account the previous problems.

**The purpose of the article** is to identify the state and spatial differences in the level of automobile transport accessibility of the territory of Zaporizhzhia region after the reform of the administrative-territorial system and on the eve of the Russian military aggression.

**Methods.** The study used the topological methods of calculating the level of road transport accessibility of the region and its administrative districts, the comparative analysis of assessment results, and the methods of district typification according to the configuration of road networks.

**Results.** The analysis of graphs and matrix of the shortest distances of the transport networks of Zaporizhzhia Region and its administrative districts as of 2021 was presented. It was revealed that the transport networks of Zaporizhzhia, Melitopol, and Pologiv districts belong to the monocentric radial type, while those of Berdiansk and Vasylivka districts have a cyclical appearance. Based on the calculations, an assessment and comparative analysis of the level of road transport accessibility of administrative units of the Zaporizhzhia region was carried out using topological methods with the determination of the following indicators: absolute accessibility index, Koenig number, Bavelash index, Beauchamp index and indicators of network connectivity ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$  -indexes). The analysis of the graph of the transport and geographical position of district centers of the Zaporizhzhia region in terms of absolute and relative indicators testifies to a sufficiently rational configuration and connectivity of the road transport network. The best position in terms of accessibility on the territory of the region is occupied by the regional center of the city of Vasylivka. According to these indicators, the regional center occupies an intermediate position. The connectivity of community centers in the district transport networks of the region varies from low to medium level. The best indicators of connectivity are typical for Berdiansk district with a cyclic network configuration. The ways of improving the road transport accessibility of the territory of the administrative districts of the Zaporizhzhia region were proposed; they involve the improvement of the configuration of district transport networks and reconstruction of roads.

**Scientific novelty and practical significance.** The assessments of the level of transport accessibility of new administrative districts of Zaporizhzhia region, by the topological methods, were determined; the ways of improving transport accessibility of administrative districts of the region in the post-war period were proposed. The obtained data can be used to optimize the territorial management of the region, to forecast its further development, to develop strategies for socio-economic development.

**Keywords:** *transport accessibility, transport network, administrative district, topological methods, absolute accessibility index, Koenig number, Bavelash index, Beauchamp index.*

### References

1. Ostapenko, P. (Ed.). (2021). *Atlas of administrative-territorial organization of Ukraine. Second edition, supplement-ed.* Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
2. Baiteriakov, O. Z., & Voronova, V. V. (2020). *Topological analysis of road transport accessibility of the territory of Zaporizhzhia region. Current scientific research in the modern world. International science journal* 12(68). Part 4. 6-11. [in Ukrainian].
3. Baiteriakov, O., Arsenenko, I., & Donchenko, L. (2022). *Spatial analysis of the settlement system of Zaporizhzhia region. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology",* (57), 48-67. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-05> [in Ukrainian]
4. Bondar, N.M. (2014). *Development of transport infrastructure of Ukraine on the basis of public-private partnership: monograph.* K.: NTU. [in Ukrainian]
5. Hashchuk, P., & Tymoshenko, Y. (2020). *Definition and Content of the Concept «Transport System».* *Bulletin of Lviv State University of Life Safety,* 22, 66–77. <https://doi.org/10.32447/20784643.22.2020.09> [in Ukrainian]
6. Grytsevych, V., & Senkiv, M. (2014). *Topology and metrics of motor space as a factor of transport and logistics activity in Western region of Ukraine. Geopolitics and eco-geodynamics of regions. 10. Issue 2.* 483-488. [in Ukrainian]
7. Grodzynski, M.D. (2005). *Knowledge of the landscape: place and space.* K.: PPC Kyiv University. V. 2. 341–393. [in Ukrainian]
8. Datsenko, L. M. (Ed.). (2014). *Physical geography of Zaporizhzhia region. Melitopol, Ukraine: Bohdan Khmelnytsky Melitopol state pedagogical university.* [in Ukrainian]
9. Zagurskiy, O. M. (2018). *Vehicle Access of Village Areas: Methodological Approaches. Automobile Transport,* (43), 65. <https://doi.org/10.30977/at.2219-8342.2018.43.0.65> [in Ukrainian]
10. Kudrytska, N.V. (2015). *Modeling the assessment of the level of transport security of the regions of Ukraine using the Harington function. Economic and mathematical modeling of socio-economic systems. Coll. Science Working K.,* 20. 203-217. [in Ukrainian]
11. Kudriashov, A., & Mazurenko, A. (2021). *Analysis of the Existing Route Network of the City of Marhanets. Transport systems and transportation technologies,* (21), 16. <https://doi.org/10.15802/tstt2021/237634> [in Ukrainian]
12. Mezentshev, K.V. (2005). *Socio-geographic forecasting of regional development: Monograph.* K.: Kyiv University Publishing and Printing Center. [in Ukrainian]
13. Melnijchuk, M. M., & Kovalchuk, S. I. (2012). *Defined Car Transportation Access to Major Populated Area of the North-Western Region of Ukraine. Nature of the Western Polissia and adjacent territories: collection of scientific papers. Lutsk: Lesya Ukrainka Volyn National University,* 9. 106-119. [in Ukrainian]
14. Nelipa, K. H. (2019). *Transformation of the settlement system of Zaporizhzhia region (socio-geographical study) [Extended abstract of PhD dissertation].* Taras Shevchenko National University of Kyiv. [in Ukrainian].
15. Pylypenko, I.O. (2010). *Assessment of changes in the peripherality of administrative units on the example of the Kherson region. Bulletin of Taras Shevchenko Kyiv National University. Series: Geography,* 57. 31-33. [in Ukrainian]
16. Pidgrushnyi, G.P., Nagirna, V.P., & Fashchevskiy, M.I. (2012). *Integral potential of the territory - theoretical and practical aspects of the research. Monograph.* Kyiv. Available at: <https://igu.org.ua/sites/default/files/igu-files/mono/ipt.pdf> [in Ukrainian]
17. Plekan, U., Lyashuk, O., Rozhko, N., & Tson, O. (2022). *Improvement of the Social Function of the Transport Industry of Ukraine. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences,* 1(6(37)), 157–166. [https://doi.org/10.32515/2664-262x.2022.6\(37\).1.157-166](https://doi.org/10.32515/2664-262x.2022.6(37).1.157-166) [in Ukrainian]
18. *On providing information on the length of highways in new districts of the Zaporizhzhia region dated 10.25.2021, No. 79-B-277-e.* (2021). Zaporizhzhia Regional State Administration. [in Ukrainian]
19. *On providing information dated 10/22/2021, No. 10/2862.* (2021). Service of highways in the Zaporizhzhia region. [in Ukrainian]
20. Puhach, S., & Novosad, S. (2015). *The Interpretation of Concepts "Transport Accessibility" and "Space Compression" in Modern Scientific Literature. Actual problems of country studies: materials of the 3rd International scientific and practical Internet conference.* Lutsk: Vezha-Druk. [in Ukrainian]
21. Pushkar, T., & Zhovtyak, G. (2013). *Actual Tendencies and Prospects of Development of Motor Transport of East Regions of Ukraine. Economy and state,* 8. 56-59. [in Ukrainian]
22. Rogalskiy, R., Bukartyk, N., & Rusanovska, G. (2018). *Analysis of Construction Methods of Urban Passenger Transport Systems. Bus construction and passenger transportation in Ukraine: abstracts of reports of the III All-Ukrainian Scientific and Practical Conference.* Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. 153–156. Available at: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/f854caf2-2572-4f9a-829e-f0f803c7855e/content> [in Ukrainian]

23. Rodashchuk, G. Yu. (2014). Determination of the transport infrastructure level of development in rural areas. *Collection of scientific works of the Uman National University of Horticulture. Issue 86 (2)*, 81-90. [in Ukrainian]
24. Silchenko, Yu. Yu., Semeniuk, L. L., & Zarubina, A. V. (2017). Analysis of the impact of transport accessibility on the socio-economic development of Kirovograd region. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Geographical sciences*, 7, 81-87. [in Ukrainian]
25. Fatiukha, N.G. (2016). *Statistical Estimation of Development Automobile Transport in Zaporizhzhya Area. Efficient economy*, 4. Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4885> [in Ukrainian]
26. Khodakivskiy, O.M. (2013). Review of the main scientific works on the transport systems efficiency increasing. *Coll. of science works of Donetsk Railway Transport Institute*, 33. Donetsk: DonRTI UkrSURT. 34-52. [in Ukrainian].
27. Number of Present Population of Ukraine, as of January 1. (2022). Kyiv, Ukraine. State Statistics Service of Ukraine Available at: [https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2022/zb/05/zb\\_Nas.pdf](https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2022/zb/05/zb_Nas.pdf) [in Ukrainian]
28. Chen, M., Wu, F., Yin, M., & Xu, J. (2021). Impact of Road Network Topology on Public Transportation Development. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2021/6209592>.
29. Dumedah, G., & Garsonu, E. K. (2021). Characterising the structural pattern of urban road networks in Ghana using geometric and topological measures. *Geo: Geography and Environment*, 8(1). <https://doi.org/10.1002/geo2.95>.
30. Freiria, S., Ribeiro, B., & Tavares, A. O. (2015). Understanding road network dynamics: Link-based topological patterns. *Journal of Transport Geography*, 46, 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.05.002>.
31. Hong, J., Tamakloe, R., Lee, S., & Park, D. (2019). Exploring the Topological Characteristics of Complex Public Transportation Networks: Focus on Variations in Both Single and Integrated Systems in the Seoul Metropolitan Area. *Sustainability*, 11(19), 5404. <https://doi.org/10.3390/su11195404>.
32. Jiang, B., & Claramunt, C. (2004). Topological Analysis of Urban Street Networks. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), 151–162. <https://doi.org/10.1068/b306>.
33. Kisgyörgy, L., & Vasvari, G. (2014). Analysis and observation of road network topology. 19th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies. At: Hong Kong, China. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/281448739\\_ANALYSIS\\_AND\\_OBSERVATION\\_OF\\_ROAD\\_NETWORK\\_TOPOLOGY](https://www.researchgate.net/publication/281448739_ANALYSIS_AND_OBSERVATION_OF_ROAD_NETWORK_TOPOLOGY).
34. Huynh, N., & Barthelemy, J. (2021). A comparative study of topological analysis and temporal network analysis of a public transport system. *International Journal of Transportation Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2021.05.003>.
35. Pung, J., D'Souza, R.M., Ghosal, D., & Zhang, M. A. (2022). road network simplification algorithm that preserves topological properties. *Applied Network Science*. volume 7, Article number: 79. Retrieved from <https://appliednetsci.springeropen.com/articles/10.1007/s41109-022-00521-8>.
36. Shang, W.-L., Chen, Y., Song, C., & Ochieng, W. Y. (2020). Robustness Analysis of Urban Road Networks from Topological and Operational Perspectives. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2020/5875803>.
37. Sreelekha, M. G., Krishnamurthy, K., & Anjaneyulu, M. V. L. R. (2016). Assessment of Topological Pattern of Urban Road Transport System of Calicut City. *Transportation Research Procedia*, 17, 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.089>.
38. Tasopoulou, T., Tsiotas, D., & Polyzos, S. (2023). Investigating the Interaction Between the Topology of Bus Transport Networks and Regional Development in Greece. *Regional Science Inquiry, Hellenic Association of Regional Scientists*, vol. 0(2), 25-46. Available at: <https://ideas.repec.org/a/hrs/journal/vxyv2023i2p25-46.html>.
39. Thottolil, R., & Kumar, U. (2021). Assessment of Topological Pattern of Road Network: A Case Study of Bangalore City. 2021 IEEE International India Geoscience and Remote Sensing Symposium (InGARSS). Ahmedabad, India, 246-249. <https://doi.org/10.1109/InGARSS51564.2021.9792069>.
40. Tini, N.H., & Shah, M.Z. (2018). Evaluation of Road Network Topological Pattern in Abuja Municipality, Nigeria. *European International Journal of Science and Technology*. 7 (1), January 2018. 53-69. Available at: [https://www.eijst.org.uk/images/frontImages/articles/Vol.7No.1/5.Evaluation\\_of\\_Road\\_Network\\_Topological\\_Pattern.pdf](https://www.eijst.org.uk/images/frontImages/articles/Vol.7No.1/5.Evaluation_of_Road_Network_Topological_Pattern.pdf).
41. Yang, Z., Zhou, H., Gao, P., Chen, H., & Zhang N. (2011). The Topological Analysis of Urban Transit System as a Small-World Network. *International Journal of Computational Intelligence Systems* Vol. 4, No. 6 (December, 2011). 1216-1223.
42. Żochowska, R., & Soczówka, P. (2018). Analysis of selected transportation network structures based on graph measures. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 98, 223–233. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2018.98.21>.

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 29 February 2024

Accepted 2 April 2024

# Prospects of a tourist cluster based on the intangible cultural heritage of Opishne, Reshetylivka, Petrykivka

*Olena Beznosiuk*

PhD student of the Faculty of Geography,

Kyiv National University named after Taras Shevchenko, Kyiv, Ukraine,

e-mail: [beznosiukoi.kvb@gmail.com](mailto:beznosiukoi.kvb@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0003-0563-4507>

## ABSTRACT

The work was carried out during the war with great faith in Ukraine's victory over the invaders.

**Problem Statement and Purpose.** The article examines examples of the work of centers of intangible cultural heritage (ICH), in which elements of the ICH have become tourist magnets for individual tourist locations. The potential of combining these locations into a modern tourist cluster is analyzed, which can serve as an example for other regions of Ukraine. Therefore, it seems logical to analyze the development of a tourism product, using the example of intangible cultural heritage, study the potential of existing tourist locations and design a model for their unification into a modern, attractive tourist cluster, which could become an example for other regions of Ukraine. The analysis should show ways to popularize intangible cultural heritage through tourism, which contributes to the socio-economic development of communities.

**The purpose of the article.** The work examines in detail the achievements of the National Museum-Reserve of Ukrainian Pottery in the village of Opishnoy (Poltava region), as an example of the success of a mature enterprise in the tourism industry with more than 35 years of work experience since its creation, known not only in Ukraine, but also in the world. The tourism prospects of the center of folk culture in the town of Reshetylivka (Poltava region) as a result of the creation and activity of the All-Ukrainian Center of Embroidery and Carpet Making as the leader of this center are considered. A separate part of the Center's work is presented, aimed at the formation of tourist activities in the form of offers for leisure activities, master classes, and informal education, which meets the growing demand for the study of national culture and contributes to the formation of public communications.

**Results.** Taking into account the experience of successful centers of intangible culture in the field of tourism in Opishnoy and the town of Reshetylivka, analyzing the reasons for less success in the field of the center of the village. Petrykivky (Dnipropetrovsk region), the author is looking for ways to form a tourist cluster Opishne-Reshetylivka-Petrykivka, built on the basis of the use of elements of the ICH of these locations. This should have a positive effect on the socio-economic development of local communities, for which tourism can play the role of a «catalyst» of regional development, taking into account the sustainable existence of elements of the ICH. The processes considered in the article contribute to the unity of Ukrainian society around the preservation of its own national cultural heritage. The war greatly reduced the volume of tourist activity in Ukraine, but the industry shows flexibility and readiness to quickly restore its functions and, to some extent, adapted to the changes and demands of wartime. Diagrams, a map, and the author's photos are offered to visualize the presented material.

**Keywords:** *heritage tourism, intangible cultural heritage, tourist cluster, National Museum-Reserve of Ukrainian Pottery, All-Ukrainian Center of Embroidery and Carpet Making, Petrykiv painting, socio-economic development of communities.*

**In cites:** Beznosiuk Olena (2024). Prospects of a tourist cluster based on the intangible cultural heritage of Opishne, Reshetylivka, Petrykivka. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 159-172. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-11>

**Introduction.** Intangible cultural heritage (ICH) is an important component of Ukrainian culture and world culture as a whole. Before the start of a full-scale war, intangible culture resisted the processes of globalization, urbanization, and modernization, which nullified its manifestations.

On the side of the intangible cultural heritage of Ukraine, as a component of ethnoculture, the players were individual associates, public organizations, but during the years 2018–2022, the leading role was assumed by state management bodies: the Department of Cultural Heritage of the Ministry of Culture and Information Policy, its subordinate unit the Ukrainian Center of Cultural of research, authorized departments of regional administrations, and departments of territorial communities [3]. Intangible cultural heritage cannot be lost, and this is exactly what is happening now as a result of Russian aggression. In the occupied territories and in front-line

areas, the places of residence of ICH elements are physically destroyed. As a result of this tragedy, the bearers are forced to leave; human lives, age-old traditions, and their future are destroyed.

It is known about the response of Winston Churchill, who during the Second World War, to the proposal of government officials to reduce budget expenditures on culture, said: «Then what are we actually fighting for then?» After passing the test of war with an aggressor, we must preserve the country's cultural future by working as best as possible, powerfully, and effectively.

When planning the post-war future, we should use the example of the world experience of the tourism industry, which confirms the great potential of the ethnic features of the cultural heritage of different peoples. During the last decade, a new type of heritage tourism (creative tourism) has been formed in the field of cultural tourism. Centers of culture,

which are places of life and activity for custodians of folk traditions, become tourist brands that motivate travelers to visit and view them.

In our research, we are looking for a solution to the question of how to bring tourism to the intangible cultural heritage of Ukraine without harming it and with a positive impact on the growth of the socio-economic standard of living of the carriers and the communities where they live.

It is necessary to find an algorithm to make the stay of tourists in the centers of culture longer and to add more effective and long-lasting tourist services to the excursion service. The work analyzes the possibilities of individual locations, the main attraction of which is the residence of ICH elements, to unite into a cluster.

**Analysis of previous studies and publications.** In 1989, UNESCO formed an important act by adopting the Recommendations for the Preservation of Traditional Culture and Folklore. This emphasized the importance of the ICH as the main source of cultural diversity and a guarantee of the sustainable development of tourism. In 2001, the World Declaration on Cultural was approved. The next important document was the Convention on the Protection of Intangible Cultural Heritage, adopted in 2003 [5].

The Convention contains a caveat regarding the impossibility of commercializing cultural heritage and emphasizes that the use of intangible culture in tourism must be balanced with the condition of not harming the traditional, established way of life of its bearers. In Ukraine, «living heritage» as it is also called, is not widely used in the field of tourism. Most of the bearers of intangible culture do not have an understanding of their position regarding cooperation with tourism entities.

Demyan V. V. (2018, 2019, 2020, 2022) writes about the balanced approach of using ICH in tourism. In the works of the scientist, what is specified in the Basic Texts of the UNESCO Convention is especially emphasized: not the possibility of commercialization of elements of the Intangible Cultural Heritage, which can affect the distortion of the authentic tradition [6, p.152].

The experience of using intangible culture in European countries and Ukraine is studied by Gavrilyuk, A.M. (2016), Beznosyuk, O.I., Lyubitseva, O.O. (2021) [4, p. 155]. Alla Havryliuk emphasizes the need for effective branding of the areas where the elements of the ICH live [9, c. 21-26]. Analyzing the legal regulation of the support of the ICH element by local governing bodies, the researcher draws attention to the low level of propaganda work, the absence of programs for the development of ICH elements in the vast majority of regions of Ukraine [10, p.49,51].

The need to develop a national program that takes into account not only the research and preservation of intangible culture, but also the algorithm for attracting its elements to the tourism sector is noted in their works by Antonenko, V.S. (2012), Dutchak, A.I. (2017), Pletsan, H.V. (2022), Polyvach, K.A. (2012), Shutkevich, O.L. (2018, 2019). Scientists note that such a program should contribute to socio-economic growth in the centers of life of elements of the ICH. For planning, a systematized, visual presentation of information related to the overall picture of the country's cultural heritage is necessary, the component structure of which is the intangible cultural heritage [22, p. 26]

Kateryna Polyvach notes that the planning of the development of administrative-territorial units of all categories from the village to the region, should be based on the study, analysis, and evaluation of cultural heritage. Using a system-structural approach to research, the researcher developed a proposal for cultural-landscape zoning of the country at the macro level [22, p. 65]. The scientist carried out a large amount of informational work on the study of a wide range of objects of cultural heritage, a component of which is also intangible heritage. The result of the work was the publication of the printed and electronic atlas «Population of Ukraine and its natural and cultural heritage» [23, p.136]. This resource can be defined as basic information support in the planning of «balanced regional and state development in the direction of humanizing society» [15].

New perspectives of heritage tourism of the 21st century, which are based on intangible culture as a tourist resource of cultural and cognitive tourism, are studied by a large number of foreign researchers: Zeppel, H. & Hall, S.M. (1992), Timothy, D.J. (2011), Timothy, D.J. and Boyd, S.W. (2003, 2013), Luo, Q. (2008). The new means of cultural tourism development are not cultural objects, but creativity itself, as written by Poria, Y., Butler, R., & Airey, A. (2001, 2003), Rohrscheidt, A.M. von (2019), Mikulić, K (2021).

The author agrees with the opinion of scientists, who see traditions and events of an intangible dimension as the intellectual heritage of every nation. This legacy of ancestors gives each individual settlement its identity and uniqueness, a unique social face. Attractive intangible cultural heritage resources are explored by Mukhles M. Al-Ababneh & Mousa Masadeh (2019), Pedro Luis González Cruz (2021).

Researcher Ilincic, M. (2013, 2014, 2017) in her works defines cultural tourism, based on observation and gaining experience from interactive learning in the place of residence of intangible heritage, as creative or creative tourism [12, p. 99, 100].

Nowacki, M. (2012, 2013) explores the role of



creative tourism in heritage interpretation and heritage management strategy [16, p. 14, 38, 41].

Văduva, L. (2021) writes about changes in cultural tourism in scientific research. The author practically confirms that more and more tourists prefer to study the experience of intangible culture instead of passively observing objects of cultural tourism [33, p. 261; 34, p. 262, 263].

Mareque, M., de Prada Creo, E., Álvarez-Díaz, M. (2021) in a joint work conducted an empirical study of creative tourism as an economic and social driver of local development, recognizing it as a new segment of the tourism market [14].

Greg Richards has been an important organizer and researcher of creative tourism since the 1990s. The field of scientific activity of the scientist is cultural tourism, the formation and development of its varieties, in particular, creative tourism and heritage tourism. Every year, Richards publishes a summary bibliographic collection of articles from the Association for Education and Research in Tourism and Leisure (ATLAS), which reflects the research of a large number of scientists interested in the development of cultural tourism from around the world, in particular, those who study tourism related to the ICH [26]. The last book by the scientist «Rethinking cultural tourism» was published in early 2021 [25]. This work reflects the author's key thoughts about new concepts of cultural tourism in the future. At a time of great political uncertainty, which was provoked by the war in Ukraine, it is progressive to present important social practices of immaterial culture, as a potential contributing factor to socio-cultural integration, a factor in the growth of well-being, encouragement to hope, and prolonging life [27, p.40].

**Highlighting previously unresolved parts of the overall problem.** Tourism is a branch of the national economy that makes it possible to use the entire arsenal of natural resource potential, historical and cultural heritage, architectural features and historical archeology of the country to create unique tourist centers (destinations). Thanks to the diverse tourism resources of Ukraine and taking into account the experience of post-war reconstruction of countries around the world, it is quite possible, as soon as possible after the end of the war in our country, to resume tourism and use it as one of the main levers for the economic recovery of Ukraine.

Currently, in a difficult war situation, the tourism industry, like all sectors of the national economy, is suffering heavy losses. Specialists in the tourism industry gain experience working in the conditions of a warring country. Intangible cultural heritage tourism has the potential to unite society around the idea of national unity. The resource of this type of cultural tourism is a large number of elements of

the ICH.

As of the beginning of 2024, 92 elements are included in the National List of Intangible Cultural Heritage of Ukraine, and 332 elements are registered in the regional lists. This is a great potential for replenishing the base of tourism objects with a special category of interesting innovative proposals for the formation of tourism destinations of intangible heritage. How to use ICH elements in tourism without harming their carriers and places of residence?

In Ukraine, there is not much, but positive experience in the development of this direction of tourism. How to make this direction more effective, preventing excessive commercialization of intangible culture itself? What resources should be used to combine individual locations into promising tourist clusters for an innovative tourist product?

Today, examples of the replacement of authentic elements, as in the example of the Petrykiv painting, are kept silent. Despite a significant amount of research on intangible cultural heritage, the practical use of elements of cultural heritage in tourism remains unresolved, and many issues are debatable.

We hope that the characteristics of individual objects of the intangible cultural heritage of Ukraine described in this article will help to form a general idea of Ukrainian potential and will serve to popularize a new and promising tourist destination in our country.

#### **Formulation of the purpose of the article.**

Ukrainian society must be ready to rebuild the country and make it much better after the war. One of the issues of post-war development is the search for ways to develop tourism. In particular, this relates to a new type of cultural tourism for our country, intangible heritage (creative tourism), built on the attractiveness of manifestations of intangible culture.

**The purpose of the study** is to develop and substantiate a model of promotion of intangible cultural heritage through the possibility of building tourist clusters, for which it is possible to combine separate tourist locations of the habitats of the elements. The author, through his own research, is looking for ways to strengthen the importance of the places of residence of elements of the ICH and their popularization through tourism, which should bring profit to the bearers and contribute to the socio-economic development of the communities where they live.

Therefore, it is logical to define the following objectives of the article:

- determination of the level of significance of the studied objects for national and world heritage;
- study and analysis of existing objects of intangible cultural heritage of Opishny, Reshetylivka and Petrykivka and events popularizing them;

- Identification of problematic aspects of the further preservation and development of intangible cultural heritage using the example of objects that are described in the article and the search for their promising solutions in the post-war period;

- assessment of the possibilities of using objects of intangible cultural heritage in the tourism sector, taking into account existing hospitality services in locations and additional offers;

- formation of prospects for a tourism cluster based on industry similarity, spatial and territorial accessibility of locations, development of regional and national programs in the field of tourism to obtain an economic effect.

### Presentation of the main research material.

The fact that the city of Reshetylivka, the villages of Opishne and Petrykivka are geographically located at a relatively short distance from each other is useful in our research. The villages and the city are approximately the same in terms of area, population, and have an interesting history. They are connected to each other by modern highways and convenient communication junctions. Many beautiful landscapes on the roads, interesting history of the region contribute to the creation of a tourist core based on four elements of intangible cultural heritage known in the country and abroad (Fig. 1).

The distance between Reshetylivka and Opishne

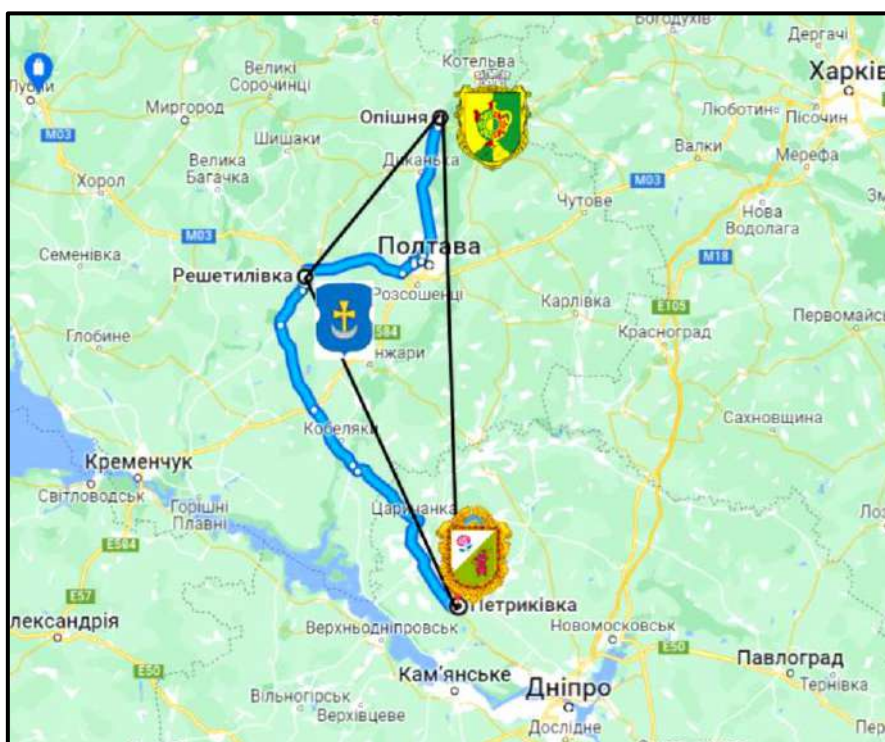


Fig. 1. Map-scheme of the tourism cluster project based on elements of the ICH

is about 70 km (Fig. 1), and Reshetylivka-Petrykivka is about 120 km. Petrykivka and Reshetylivka are located on highway H31 (Dnipro-Reshetylivka), which is the first modern highway in Ukraine. In Reshetylivka, a convenient bridge intersection with the M03 overpass of international importance has been built, from which you can go to Opishne H12.

**1. Reshetylivka.** Reshetyliv immaterial culture is represented by two elements: the «white on white» embroidery technology (Fig. 2 a) and the Reshetyliv carpet with a special floral ornament (Fig. 2 b). «White on white» embroidery is one of the most complex and exquisite not only in Ukraine, but also in the general list of famous embroideries in the world.

Recognition of the high level of Reshetyliv embroidery took place almost 100 years ago - at the World Exhibition in Paris in 1925, it was awarded a

gold medal [11, p. 21, 26]. The products of Reshetyliv masters represent Ukraine abroad: the Blue Hall of the UN headquarters is decorated with the carpet «The Tree of Life» (New York, N. Babenko, 1969), and the work «Born on Native Earth» (fig. 2b) is in the Council of Europe (Strasbourg, L. Tovstuha, 2005) [28, p.86, 87]. In October 2023, craftsmen from Reshetylivka demonstrated a collection of products at the Council of Europe, which was watched live by the whole world [17]. Today, masters remain the bearers of tradition, but their works respond to the events that we all live through. Such products are doomed to enter the history of modern Ukraine (Fig. 3).

Reshetylivka is a classic example of living intangible cultural heritage. This center of folk culture has been known for more than a century the skill is passed down from generation to generation, from



Fig. 2. a - a traditional Reshetyliv shirt embroidered with the «white on white» technique; b - a Reshetyliv carpet with a traditional floral ornament (a copy of L.S. Tovstuha's work «Born in Native Land»).

*Photos are taken by the author*



Fig. 3. A shirt embroidered for the Commander-in-Chief of the Armed Forces of Ukraine V.F. Zaluzhnyi in 2023 has every chance to get her own name «Zaluzhanka». The element of the pattern became a symbol of the indomitability of the Ukrainian spirit - the Borodyan rooster. *Photos taken by the author*

master to student, from mother to children. In 2018, the recognized elements were included in the National List of Intangible Cultural Heritage of Ukraine [8, p.64-85]. In 2022, the dossier of the element «Embroidery «white on white» of the Reshetyliv region» was submitted for consideration by the UNESCO World Heritage Expert Council [32].

The process of researching both elements of intangible culture contributed to the opening in 2018 of the All-Ukrainian Center of Embroidery and Carpet Making (AUCECM) [13]. This allowed the Reshetyliv community to stand in line with such centers of culture recognized in Ukraine and the world, such as the ceramics center in Opishnoy, known as the pottery capital of Ukraine, and the painting in Petrykivka, which has been recognized as a UNESCO

world heritage site since 2014.

In our opinion, a promising tourist location is being formed in Reshetylivka. The project of creating a modern Art HUB, which is part of the large project of the development of the All-Ukrainian center of embroidery and carpet making, has been approved. The project provides conditions for ensuring the reception of people with disabilities in accordance with the requirements of universal design [30]. Conceptually, these are discussed as parts of special rehabilitation. The project envisages major repairs to the premises and territory of the former industrial facility (the K. Zetkin art products factory) with the aim of renovating them into large exhibition halls, classrooms, and a hotel. (Fig. 4).

The list of planned works reveals the strategic

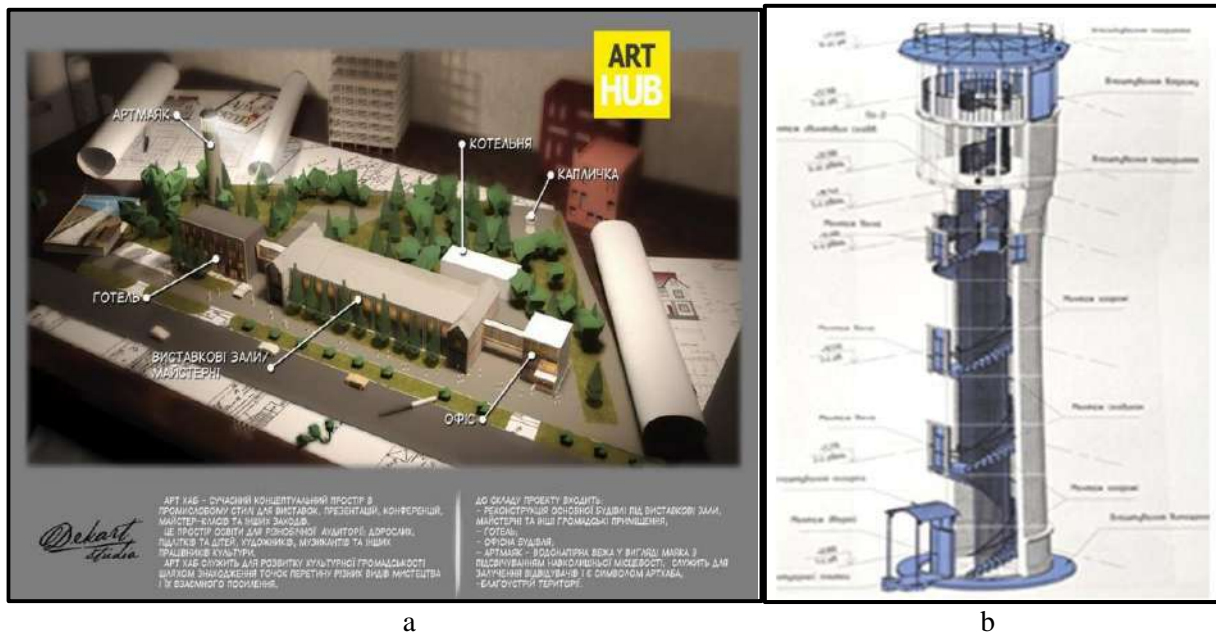


Fig. 4. a-general view of the Art HUB project of the All-Ukrainian Center of Embroidery and Carpet Making; b-detailing of the reconstruction project of the water tower into the Mayak art object.  
*The photos were taken by the author with the permission of the Central Central Committee from the original design documents in August 2023*

plans of the AUCECM to provide non-formal education services, conduct master classes, and organize large-scale exhibitions. Today, you can learn about the elements of the ICH through the publication of the catalog «Reshetyliv Miracles» which contains information about individual masters and entire dynasties of carriers of the ICH, photos of their works [29].

The implementation of the project will allow scientific forums and conferences of an international scale to be held within the walls, based on the examples of the work of the Azerbaijan State Carpet Museum or the National Turkmen Carpet Museum [31].

A contributing factor for the development of tourism in Reshetylivka was the reconstruction of the physical culture and sports, rehabilitation, and recovery complex «Kolos», carried out in 2021-2023. In today's conditions, this complex has become the first stage of the military rehabilitation center project (before the war, the sports complex was planned as rehabilitation and sports training for people with disabilities). A 36 m high gym is already ready, as is a hotel in which rooms are furnished in compliance with accessibility standards for 30 places. Next, the second and third stages of the complex are planned: reconstruction of the stadium and the territory of the children's camp in the village of Sukhorabivka (12 km from Reshetylivka) with the aim of creating a large rehabilitation complex. The project was started as part of the presidential program «Big Construction», and was completed with state support within the framework of the Emergency Credit Program for the Reconstruction

of Ukraine [18].

Reshetylivka is being developed comprehensively, which will contribute to its tourist attraction in the future: in the city before the war, modern roller riICH, a velodrome, beautiful sports grounds for game sports, a station for renting kayaks, and canoes, the construction of a summer concert-cinema for showing films was almost completed, as were festivals, equipped recreation areas on the banks of the Govtva River.

There are several accommodation options in the city: the Medina hostel (up to 18 beds), the Ni Puha, Ni Pera hotel and restaurant complex (with an outdoor swimming pool and large recreational areas), and the 777 Hotel, which is located in the area of modern landscape design. The hotels offer standard, standard+, and deluxe rooms. Their disadvantage is the limited number of places for 18-28 people and the distance from the city center, where the locations of intangible cultural heritage are concentrated, the Center for Cultural Heritage with an exhibition hall, the private workshop «Solomia», the studio of the Pilyugin family, the workshop of Nina Ipatiy, the artistic and vocational lyceum with its own exhibition hall, the «Oberig» Culture and Leisure Center, food establishments and all the sports and leisure venues listed above.

**2. Opishne.** The most successful of the three locations is the village of Opishne, where the largest pottery museum in Europe is located - the National Museum-Reserve of Ukrainian Pottery (NMRUP). The village, known since the 12th century, is located on the right bank of the Vorskla River. It has been

optional since the 17th century; it is known as a center of weaving and pottery; and since the end of the 19th century, it has gained popularity as a center of Ukrainian ceramics for the production of tableware, toys, and facing tiles with a stylized plant pattern [20].

The study showed that the flow of tourists for

the period 2015-2023 decreased by five times, but remained not small, even in such an extremely difficult time of war (Fig. 5). The pottery center receives profit from the price of sold tickets (70-300 hryvnias per ticket) [19]. The price corresponds to a large volume of services, which include excursion services, visiting exhibitions, and pottery master classes.

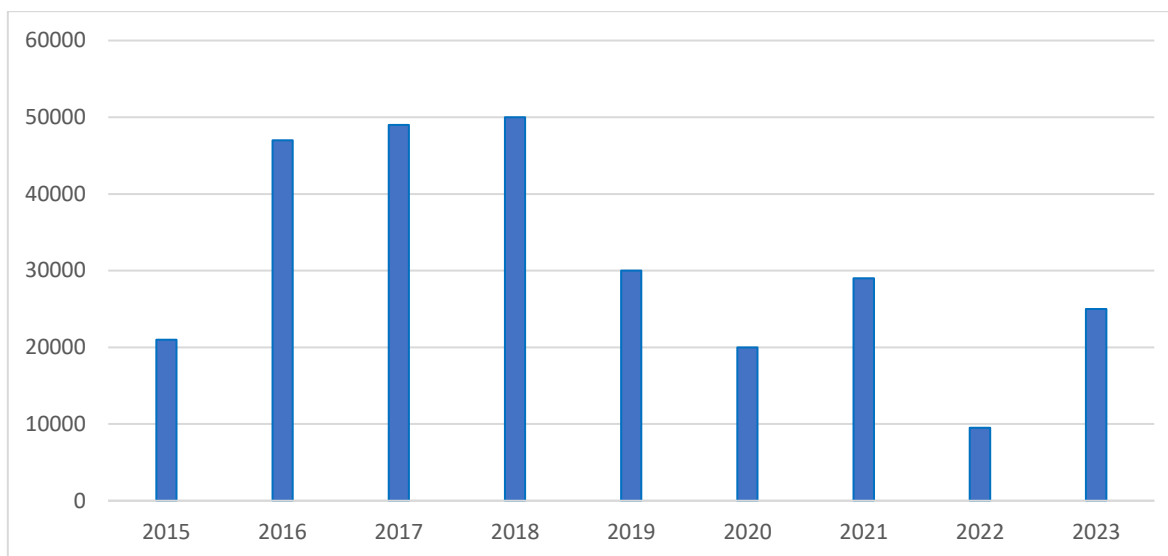


Fig. 5. Dynamics of visits in Opishny, Poltava region. Developed by the author based on data provided by the administration of NMRUP

The reserve actively works to attract tourists who are interested in pottery, ceramics, blacksmithing, folk art, and a sustainable lifestyle, organizing a large number of festivals, holding non-formal education events at different times. Some of these events are designed for a long stay of the participants and attract the attention of additional visitors throughout the duration of the event. For example, E-litnya HONCHARNA AKADEMIYA (E-summer ACADEMY OF POTTERY) lasts about three weeks, International the symposium of monumental ceramics «GigantoMANIA» is designed for the work of the participants for a month, and the blacksmith's residence «Vakula Fest – XXI» Vakula fest - XXI lasts a week [19].

The reserve-museum has been assigned the status of national. It employs 105 specialists, among whom more than 10% are employees with scientific degrees in the fields of history, art history, and tourism. At the same time, most of the employees, including the general director, Oles Poshivaylo, are carriers of the element of the Opishnian Pottery of the NCS.

The tourist potential of the reserve consists of large exhibition areas: the National Gallery of Monumental Clay Sculpture, the Museum of the Krychevsky Art Family, the Memorial Museum-Estate of the potter Oleksandra Selyuchenko, the Memorial Museum-Estate of the Poshivayl Potter Family, the Memorial Museum-Estate of the philos-

opher and collector of Opishnya ceramics Leonid Smorzh (p. City Mills), the museum of Malobudyscha pottery (Ethno-village «Honchariya» in the village of Mali Budyscha), the center for popularizing the pottery heritage of Ukraine (Fig. 6).

In the reserve-museum, on the territory of more than 20 hectares in the open air, a kind of gallery of monumental garden and park ceramic sculpture has been created, which includes more than 300 works of Ukrainian artists and sculptors from different countries of the world.

Opishnya ceramics can be purchased at «Keramokramnytsia», and delicious coffee can be drunk at «Gornyatko» cafe. Hospitality services are provided through the possibility of accommodation in the Ceramic Residence and the Presidential Apartments «Opishnyy dvir» (Opishny Dvir).

**3. Petrykivka.** Petrykiv painting should be studied separately as an example of the process of replacing of an element of the ICH outside the place of origin. Almost in every city of Ukraine, in many parts of the world, there are artists who work in the style of Petrykiv painting, but, in the opinion of the author, they are not the real bearers of this element of the ICH. Presentations, exhibitions, informal education, and the use of painting in decorating products outside the main place of residence became a feature of the «Petrykiv painting» element [1].

Today, the cell itself, which gave the name to the element and gave birth to this element, suffers

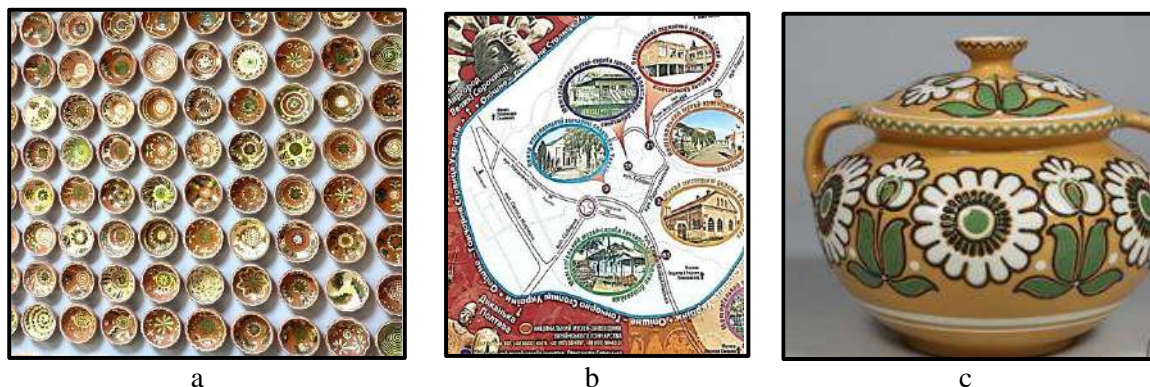


Fig. 6. a - part of the museum collection, pottery heritage; b - map-scheme of NMRUP in the Opishne. Photos are taken by the author. c - an example of Opishnya ceramics [19]

almost in oblivion, declines, and does not develop, which is a great injustice and must be changed.

The favorite element of intangible culture for many Ukrainians is the result of a centuries-old artistic tradition of painting personal homes with floral patterns in the village of Petrykivka in the Dnipropetrovsk region and in neighboring villages.

In the ideal world of Petrykivka painting, masters transfer scenes from the world around them to decorative objects: family life, holidays, flowers from their own gardens, and scenes of the lives of their fellow villagers (Fig. 7). It is interesting that the real bearers of the element use the wool of ordinary local Petrykivka cats to make brushes.



Fig. 7. Petrykiv painting. Ulyana Sklyar's work. The photo of the work was taken by the author

The history of Petrykiv painting and the work of masters can be explored in the Center of Folk Art, the museum named after F. Panka, the restored complex of the Cossack farm «Halushkivka» the museum of ethnography and applied art, the private manor-museum of the oldest of the masters - V. Sokolenko, in the ethnomuseum-manor «Mykolyn khutir» (Mykolyn khutir) of the Deka family.

You can stay for accommodation only in the «Mykolyn Khutir» state (8-10 people). Master classes are offered in all the listed locations. With the help of the Google Maps resource, a tourist map of Petrykivka (Fig. 8) was developed [24]. The map is interactive: by marking tourist objects, you can get information about their work schedule, contacts, and

websites (not all objects have their own websites and contacts). Over the five years of its existence, the map has been viewed about 30,000 times.

In practice, despite all the tourist attractiveness of the ICH elements in the studied locations, the implementation of plans to develop their potential is partial.

Tourists visit each location separately. The peculiarity is that most of these are only one-day excursion tours, which do not bring much profit to the communities where the elements live.

The presented locations of Reshetylivka, Opishnya and Petrykivka can successfully build a tourist cluster that will represent the well-known elements of the ICH. This process is hindered today



Fig. 8. Interactive tourist map. The author of the development is the blogger Ihor Lisniy [24]

by a lack of quality tourist service: small volumes of hotel offers, a lack of modern logistics, non-modern catering establishments, and a lack of marketing policy.

If we consider the prospects of this cluster, a large number of festivals, which before the war had a permanent calendar of events, should play a positive role in its formation (Fig. 9).

Among these events, the oldest are the «Reshetylivska Vesna» festival, which has been held since 1998, the «Petrykiv Miracle» festival - since 2008, and the International Art Fair «Pottery Universe in Ukraine» - since 2009. The result of holding festivals before the start of the pandemic, and now the war, was the flow of thousands of tourists, which brought income to local communities and the region

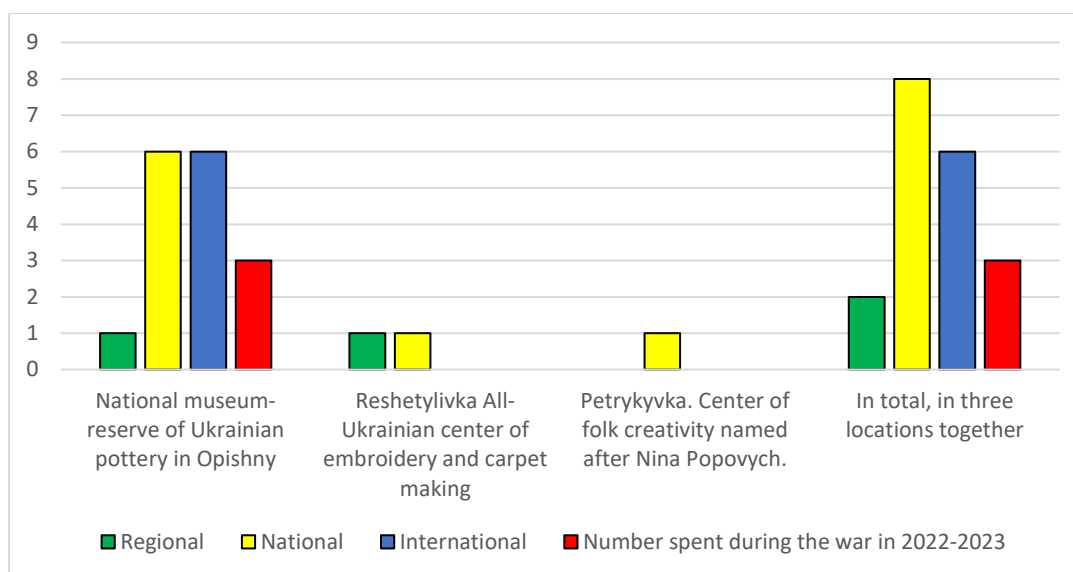


Fig. 9. The number of creative activities related to the peculiarities of the daily life of elements of the ICH, their history, development, popularization, and modernization.

*The diagram was compiled by the author based on the research of open sources*

as a whole. For example, in 2018 the festival «Reshetylivska Vesna» during the first day (held for two days), more than 30,000 people visited, which was 3.5 times the official number of the population [21].

It is difficult to predict how artistic events, which were regular and planned, will take place as a result of war events. The peculiarity of the studied locations, a kind of positive factor during the war, is that due to their geographical location, they remain in relatively safe areas in relation to the line of combat and enemy attacks. During the war years, a new

form of activity appeared in communities - assistance in the adaptation of immigrants from regions that suffered as a result of rashytskaya aggression.

As a result, elements of the NCS of these communities received an unexpected development they are part of the psychological assistance provided to people who suffered from the war, including children. The All-Ukrainian Center of Embroidery and Carpet Making organizes artistic events within the framework of the charity project «Children of War in the Arms of Reshetylivka» for the community of immigrants (Fig. 10) [7].



Fig. 10. Development of ICH elements in wartime conditions: psychological rehabilitation of people injured as a result of war. *Photographer Alina Tytarenko*

**Conclusions.** The tourism industry continues to work, even under war conditions, but only the success of our Armed Forces can guarantee the development of tourism.

In the cultural centers of Opishne, Reshetylivka and Petrykivka, the stage of selective creation of local tourist facilities and development of tourist infrastructure has already taken place: museums, exhibition halls are operating, local and international festivals are held, and related services are provided to tourists.

All locations are territorially related to the central part of Ukraine. Before the war, they could not be named among the popular tourist destinations. Today, even under the conditions of military aggression, the conditions are in place for increasing domestic tourist flows. Among the reasons are the remoteness from military operations, convenient and high-quality communication routes, and the presence of well-known and interesting centers of intangible cultural heritage.

The development of a tourist cluster can contribute to the growth of the economic profits of individual locations. This process requires changes in locations:

**Reshetylivka.** For this location, it is important to create a territorial tourist and recreation complex with a hotel and Art Hub, which are provided for by the development project of the All-Ukrainian Center of Embroidery and Carpet Making (2020).

This perspective is very important for the further socio-economic development of the local community, because it can provide an additional number of main and related jobs, increasing financial income to the local budget, as a result of the growth of the tourist flow. The construction process stopped during the war in 2022-2023, but must be completed. Today, we need a program to restore this project, the initial customer of which was the Ministry of Culture and Information Policy and the Cabinet of Ministers of Ukraine.

The convenient geospatial location of the Reshetyliv cell makes it possible to stay within the cluster for a long time. Modern recreational areas, the opening of a rehabilitation center, existing accommodation facilities - today make Reshetylivka a key location for visiting the entire Opishne-Reshetylivka-Petrykivka cluster. Therefore, the presence of the hotel on the territory of the All-Ukrainian Center of Embroidery and Carpet Making, equipped exhibition halls with large areas, and opportunities for organizing informal education make this location key.

There are restaurants in Reshetylivka that can be recommended for tourists. They offer tasty, high-quality, and inexpensive food made from local ecological products. But the interior and exterior of institutions are in dire need of a change in concept and modernization.

In our opinion, if the cluster will work actively, then market processes will bring new conceptual food establishments or franchises of well-known restaurant brands to Reshetylivka.

**Opishne.** The work of the National Museum-Reserve of Ukrainian Pottery is an excellent example of imitation for Reshetylivka and Petrykivka. A significant number of festivals and mass events, attended by a large number of visitors, automatically makes tourists the bearers of advertising for Opishny itself, which in the future can become advertising for the entire cluster.

As a result of a personal analysis, we note that the small offer in terms of the number of places of residence, the remoteness of additional services, which include important food services, need improvement. The author believes that this is the main reason why the majority of visitors use only the excursion service.

The site of the reserve provides answers to all possible questions of tourists, but it lacks a calendar of events for the year.

**Petrykivka.** This cell has a well-known name, which is already a brand in tourism, but in reality,



tourism in this location is declining.

All the tourism facilities mentioned in the study need to be modernized. Staying in them today has a large number of questions regarding the aesthetics of the design, the quality of service.

Only together with two locations in Opishnoy and Reshetylivka, Petrykivka has a chance to reveal itself as a successful tourist location, to strengthen the role of a magnet, which is the unsurpassed element of the ICH «Petrykivsky painting».

Homesteads that offer services today need development and marketing. Personal communication with their owners left the author with the impression of being in a time machine that transported them to the era of the Soviet Union. The owners of estates do not have tourism education, they conduct their activities without long-term planning, they do not know how to cooperate with tourism companies and organizations of the country. Tourists' visits to this center became random and unplanned.

Petrykivka estates have enormous potential: ecological housing and food, preserved authenticity. There are significant advantages compared to the usual examples of green rural tourism: the opportunity to participate in natural management becomes many times more interesting when the hosts with whom you live reveal the secrets of not only sustainable living, but also the mastery of Petrykiv painting.

Today, the unusual, new tourist attraction of all three locations is the security of stay. All cells are far from hostilities. They are not bypassed by the inclusion of «air alarm» signals, which sound in ar-

reas when enemy aircraft are rising [2]. But, in fact, there are no real «anxieties» so staying in these locations has a positive factor of a sense of security, which has become especially valuable today.

We strive for victory and plan our future, in which the service sector, which provides people with recreation, will be important. Therefore, by studying the topic of developing a tourist cluster based on the elements of the ICH, we are preparing for the successful future of our country. The prospect will contribute to the preservation, popularization, and protection of intangible cultural heritage, the development of national identity, and the formation of interest in Ukraine on the part of the international community interested in creative tourism and heritage tourism.

In order to implement the idea of creating a cluster, it is necessary to develop a joint tourism development plan for all three locations, which will take into account their individual needs for the sake of joint success.

To implement the idea of creating a cluster, it is necessary to develop a joint tourism development plan for all three locations, which will take into account their individual needs. Today, all objects in the presented locations are competitors, although they have all the prerequisites for combining into a cluster. Therefore, the efforts of public organizations and local authorities need to be directed towards organized unification and cooperation, with the aim of creating a complex of competitive tourism products within the cluster, which is rich in the diversity of the NCS and will contribute to economic stability.

### Bibliography

1. Author's blog. Lisovoy I. Poster. URL: <https://petrykivka.dp.ua/c/afisha/> [in Ukrainian].
2. Application "Air alarm". URL: <https://www.ukrainealarm.com/> [in Ukrainian].
3. Beznosiuk O.I. Intangible cultural heritage and its potential in the development of an innovative tourist product. *Tourism and hospitality industry in Central and Eastern Europe*. 2023. Vol. 9. P. 20-29. [in Ukrainian].
4. Beznosiuk O., Lyubitseva O., & Popovich S. Intangible cultural heritage as a resource of cultural tourism: on the example of embroidery and carpet making in Ukraine. *Studia Periegetica*. 2021. Vol. 35 (3). P. 153–170. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6952>
5. Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage. URL: <https://ich.unesco.org/en/convention>
6. Demyan V. Cultural policy for intangible cultural heritage: planning and inventorying. *Dutch experience. Suchasne Mystetstvo*. 2020. Vol. 16. P. 149-157. DOI: <https://doi.org/10.31500/2309-8813.16.2020.219996> [in Ukrainian].
7. Dyadchenko L.E. Art in the conditions of war: how the All-Ukrainian center of embroidery and carpet-making works. *News of Reshetylivshchyna*. URL: <https://resh.news/news/110/> [in Ukrainian].
8. Frenkel I., Fetysov I. *Elements of intangible cultural heritage of Ukraine*. Kyiv: Tvory, 2018. 152 p. [in Ukrainian].
9. Havrylyuk A.M. Tourism portfolio of the intangible cultural heritage component as a measure for realization of the state regional policy in Ukraine. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernads'koho*. 2019. Vol. 30(69). P.21-26. URL: [https://www.pubadm.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/2\\_2019/2\\_2019.pdf#page=27](https://www.pubadm.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/2_2019/2_2019.pdf#page=27) [in Ukrainian].
10. Havryliuk A. M. Scientific and educational tourism cluster of education and popularization of the intangible cultural heritage in Ukraine. *The Scientific Heritage*. 2019. Vol. 41. P. 49-51. [in Ukrainian].
11. *History of Ukrainian decorative art: in 5 volumes / editor: H. Skrypnyk (chief editor) [etc.]*. Kyiv: NANU IMFE named after M. T. Rylskoho, 2011. Vol. 4. P. 21. [in Ukrainian].
12. Ilincic Milica. *Benefits of Creative Tourism the Tourist Perspective. Paper presented at Expert Meeting on Alternative and Creative tourism in cities on in Barcelona. ATLAS Cultural Tourism Special Interest Group and Creative Tourism Network*. 2013. June 13-14. P. 99-113. URL: <https://cutt.ly/FFnVcOc> [in Polish].

13. Intangible Cultural Heritage of Ukraine. URL: [http://mincult.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art\\_id=245154362&cat\\_id=245154164](http://mincult.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=245154362&cat_id=245154164) [in Ukrainian].
14. Mareque M., de Prada Creo E., Álvarez-Díaz M. Exploring Creative Tourism Based on the Cultural and Creative Cities (C3) Index and Using Bootstrap Confidence Intervals. Sustainability. 2021. Vol. 13(9):5145. P. 2-17. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13095145> [in Spanish].
15. National Academy of Sciences of Ukraine. The first interactive atlas in Ukraine "Population of Ukraine and its natural and cultural heritage" was created. URL: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=7483> [in Ukrainian].
16. Nowacki M. Heritage interpretation. Poznań: Akademia Wychowania Fizycznego im. E. Piaseckiego, 2012. 84 p. [in Polish].
17. Official website of the Permanent Representation of Ukraine to the Council of Europe. Strasbourg, Council of Europe: Renewed, United, Cathedral, and Invincible Ukraine: The Role of Ukrainian Women in War. 2023. October 12. URL: <https://coe.mfa.gov.ua/news/strasburg-rada-yevropi-onovlena-yedina-soborna-i-neperemozhna-ukrayina-rol-ukrayinskih-zhinok-u-vijni> [in Ukrainian].
18. Official website of the Poltava Regional Council. News. URL: <http://surl.li/lfyfk> [in Ukrainian].
19. Official website of the National Museum-Reserve of Ukrainian Pottery. URL: <https://opishne-museum.gov.ua/excursions/> [in Ukrainian].
20. Opishne. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%8F>
21. Official site. Reshetyliv city territorial community. URL: <https://reshsmart.gov.ua/uk/page/zviti-na-vikonannya-zakonu-ukraini-pro-dostup-do-publichnoi-informacii> [in Ukrainian].
22. Polivach K.A. Cultural heritage and its influence on the development of the regions of Ukraine / Nauk. ed. Rudenko L.G. Kyiv: Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2012. 208 p. [in Ukrainian].
23. Polivach K.A. Natural and cultural heritage of Ukraine: experience of thematic study and atlas electronic mapping. Historical and geographical studies in Ukraine. Historical cartography. 2021. Vol. 15. P. 133-159. DOI: <https://doi.org/10.15407/hgru2021.15.133> [in Ukrainian].
24. Petrykivka is touristic. URL: <http://surl.li/lhfhu> [in Ukrainian].
25. Richards G. Rethinking cultural tourism. Chiltonhan, UK, Northampton, Massachusetts, USA: Edward Elgar, 2021. 208 p. DOI: <https://doi.org/10.4337/9781789905441>
26. Richards Greg. ATLAS Creative Tourism Bibliography 2021. Tilburg: ATLAS, 2021. 24 p. URL: [https://www.researchgate.net/publication/351880029\\_ATLAS\\_Creative\\_Tourism\\_Bibliography\\_2021](https://www.researchgate.net/publication/351880029_ATLAS_Creative_Tourism_Bibliography_2021)
27. Richards Greg. (2023), Place, culture and quality of life. Handbook of Tourism and Quality-of-Life Research II / Nauk. ed. Muzaffer Uysal, M. Joseph Sirgy. Springer Cham, 2023. P. 37-48. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-31513-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-31513-8_4)
28. Reida R.M., Kysil Y.M., Yaresko M. V. et al. Reshetylivshchyna - my native land: historical - local history essays. Poltava: ASMI, 2018. 198 p. [in Ukrainian].
29. Reshetyliv Miracles: catalog. Poltava: LLC "ASMI", 2018. 28 p. [in Ukrainian].
30. Skrypka N. S. Accessibility to residential and public facilities for people with disabilities: methodical guide / N. S. Skrypka, Ya. Hrybalskii. V. Azin. - 5th type. Additional. 2012. Kyiv: Kyivska Pravda. 248 p. [in Ukrainian].
31. Turkmen Carpet Museum. URL: <https://maps.app.goo.gl/gbjEL5CnUZJwLJ3A> [in Turkmen].
32. Azerbaijan Carpet Museum. URL: <http://azcarpetmuseum.az/az> [in Azerbaijani].
33. Ukrinform. MKIP proposes to add three more elements of intangible cultural heritage to UNESCO lists 04/03/2022. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-culture/3690894-mkip-proponue-vnesti-u-spiski-unesko-se-tri-elementi-nematerialnoi-kulturnoi-spadsini.html> [in Ukrainian].
34. Văduva L., Petroman C., Marin D., Petroman I. Accessible tourism. Lucrări Științifice Management Agricol. 2021. Vol. XXIII (1), P. 258-264. URL: <https://lsma.ro/index.php/lsma/article/view/1974/pdf> [in Polish].
35. Văduva L., Petroman C., Marin D. and Petroman I. Ethnic tourism a niche form of sustainable tourism. Journal Quaestus. 2021. Vol. 18, P. 258-270. URL: <http://www.quaestus.ro/en/wp-content/uploads/2012/02/Loredana-Vaduva2.pdf> [in Polish].

#### References

1. Lisovoy, I. (n.d.). Author's blog of Ihor Lisovoy. Poster. Available at: <https://petrykivka.dp.ua/c/afisha/>
2. Air alarm. (n.d.). Available at: <https://www.ukrainealarm.com/>
3. Beznosiuk, O. I. (2023). Intangible cultural heritage and its potential in the development of an innovative tourist product. Tourism and Hospitality Industry in Central and Eastern Europe, 9, 20-29.
4. Beznosiuk, O., Lyubitseva, O., & Popovich, S. (2021). Intangible cultural heritage as a resource of cultural tourism: On the example of embroidery and carpet making in Ukraine. Studia Periegetica, 35(3), 153-170. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6952>
5. Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage. (n.d.). Available at: <https://ich.unesco.org/en/convention>
6. Demyan, V. (2020). Cultural policy for intangible cultural heritage: Planning and inventorying. Dutch experience. Suchasne Mystetstvo, 16, 149-157. <https://doi.org/10.31500/2309-8813.16.2020.219996>

7. Dyadchenko, L. E. (n.d.). Art in the conditions of war: How the All-Ukrainian center of embroidery and carpet-making works. *News of Reshetylivshchyna*. Available at: <https://resh.news/news/110/>
8. Frenkel, I., & Fetysov, I. (2018). *Elements of intangible cultural heritage of Ukraine*. Kyiv: Tvory.
9. Havrylyuk, A. M. (2019). *Tourism portfolio of the intangible cultural heritage component as a measure for realization of the state regional policy in Ukraine*. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernads'koho*, 30(69), 21-26. Available at: [https://www.pubadm.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/2\\_2019/2\\_2019.pdf#page=27](https://www.pubadm.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/2_2019/2_2019.pdf#page=27)
10. Havryliuk, A. M. (2019). *Scientific and educational tourism cluster of education and popularization of the intangible cultural heritage in Ukraine*. *The Scientific Heritage*, 41, 49-51.
11. Skrypnyk, H. (Chief Editor). (2011). *History of Ukrainian decorative art: In 5 volumes (Vol. 4)*. Kyiv: NANU IMFE named after M. T. Rylskoho.
12. Ilincic, M. (2013, June 13-14). *Benefits of creative tourism: The tourist perspective*. Paper presented at Expert Meeting on Alternative and Creative Tourism in Cities, Barcelona. ATLAS Cultural Tourism Special Interest Group and Creative Tourism Network. Available at: <https://cutt.ly/FFnVcOc>
13. *Intangible Cultural Heritage of Ukraine*. (n.d.). Available at: [http://mincult.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art\\_id=245154362&cat\\_id=245154164](http://mincult.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=245154362&cat_id=245154164)
14. Mareque, M., de Prada Creo, E., & Álvarez-Díaz, M. (2021). *Exploring creative tourism based on the cultural and creative cities (C3) index and using bootstrap confidence intervals*. *Sustainability*, 13(9), 5145. <https://doi.org/10.3390/su1309514>
15. National Academy of Sciences of Ukraine. (n.d.). *The first interactive atlas in Ukraine "Population of Ukraine and its natural and cultural heritage" was created*. Available at: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=7483>
16. Nowacki, M. (2012). *Heritage interpretation*. Poznań: Akademia Wychowania Fizycznego im. E. Piaseckiego.
17. Official website of the Permanent Representation of Ukraine to the Council of Europe. (2023, October 12). *Strasbourg, Council of Europe: Renewed, United, Cathedral, and Invincible Ukraine: The Role of Ukrainian Women in War*. Available at: <https://coe.mfa.gov.ua/news/strasburg-rada-vevropi-onovlena-yedina-soborna-i-neperemozhna-ukrayina-rol-ukrayinskih-zhinok-u-vijni>
18. Official website of the Poltava Regional Council. (n.d.). *News*. Available at: <http://surl.li/lfyfk>
19. Official website of the National Museum-Reserve of Ukrainian Pottery. (n.d.). Available at: <https://opishne-museum.gov.ua/excursions/>
20. Opishne. (n.d.). In Wikipedia. Available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%8F>
21. Official site. *Reshetyliv city territorial community*. (n.d.). Available at: <https://reshsmart.gov.ua/uk/page/zviti-navikonannya-zakonu-ukraini-pro-dostup-do-publichnoi-informacii>
22. Polivach, K. A. (2012). *Cultural heritage and its influence on the development of the regions of Ukraine (Nauk. ed. Rudenko, L.G.)*. Kyiv: Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine.
23. Polivach, K. (2021). *Natural and cultural heritage of Ukraine: Experience of thematic study and atlas electronic mapping*. *Historical and Geographical Studies in Ukraine: Historical Cartography*, 15, 133-159. <https://doi.org/10.15407/hgru2021.15.133>
24. *Petrykivka is touristic*. (n.d.). Available at: <http://surl.li/lhfhu>
25. Richards, G. (2021). *Rethinking cultural tourism*. Cheltenham, UK, Northampton, Massachusetts, USA: Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9781789905441>
26. Richards, G. (2021). *ATLAS Creative Tourism Bibliography 2021*. Tilburg: ATLAS. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/351880029\\_ATLAS\\_Creative\\_Tourism\\_Bibliography\\_2021](https://www.researchgate.net/publication/351880029_ATLAS_Creative_Tourism_Bibliography_2021)
27. Richards, G. (2023). *Place, culture and quality of life*. In M. Uysal & M. J. Sirgy (Eds.), *Handbook of Tourism and Quality-of-Life Research II* (pp. 37-48). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-31513-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-31513-8_4)
28. Reida, R. M., Kysil, Y. M., & Yaresko, M. V. (2018). *Reshetylivshchyna - my native land: Historical - local history essays*. Poltava: ASMI.
29. *Reshetyliv Miracles: Catalog*. (2018). Poltava: LLC "ASMI".
30. Skrypka, N. S., Hrybalskii, Y., & Azin, V. (2012). *Accessibility to residential and public facilities for people with disabilities: Methodical guide (5th ed.)*. Kyiv: Kyivska Pravda.
31. *Turkmen Carpet Museum*. (n.d.). Available at: <https://maps.app.goo.gl/gbjEL5CnUZJwLNJ3A>
32. *Azerbaijan Carpet Museum*. (n.d.). Available at: <http://azcarpetmuseum.az/az>
33. *Ukrinform*. (2022, April 3). *MKIP proposes to add three more elements of intangible cultural heritage to UNESCO lists*. Available at: <https://www.ukrinform.ua/rubric-culture/3690894-mkip-proponue-vnesti-u-spiski-unesko-se-tri-elementi-nematerialnoi-kulturnoi-spadsini.html>
34. Văduva, L., Petroman, C., Marin, D., & Petroman, I. (2021). *Accessible tourism*. *Lucrări Științifice Management Agricol*, XXIII(1), 258-264. Available at: <https://lsma.ro/index.php/lsma/article/view/1974/pdf>
35. Văduva, L., Petroman, C., Marin, D., & Petroman, I. (2021). *Ethnic tourism: A niche form of sustainable tourism*. *Journal Quaestus*, 18, 258-270. Available at: <http://www.quaestus.ro/en/wp-content/uploads/2012/02/Loredana-Vaduva2.pdf>

## Перспективи туристичного кластеру заснованого на нематеріальній культурній спадщині Опішного, Решетилівки, Петриківки

**Олена Безносюк**

аспірантка географічного факультету  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

В статті досліджується туризм нематеріальної культурної спадщини, який є сучасним різновидом культурного туризму. В глобалізованому світі, він виступає альтернативою масовому культурному туризму. Туризм спадщини обирають мандрівники, які прагнуть творчої діяльності, націлені, за рахунок власної участі, отримувати знання та уміння. Автором наведено приклади використання нематеріальної культурної спадщини (НКС) в галузі туризму інших країн. Зацікавленість в цьому різновиді туризму в світі зростає, про що говорить кількість публікацій, присвячених його вивченню та аналізу. Для прикладу, розглянуто праці Грега Річардса, який є засновником Асоціації освіти та досліджень туризму та дозвілля (ATLAS). В роботах науковця та його колег окреслено зростання попиту на подорожі, в яких туристи шукають захоплюючого досвіду в результаті перебування в місцях, де можна спостерігати та приймати участь в творчих проявах національних культур. НКС України є прикладом багатства в соціокультурному плані: традицій, досвіду та знань. У статті розглянуто приклади вже існуючих локацій, в яких туристичним ресурсом стали чотири елементи НКС: «Опішнянська кераміка», «Технологія вишивки «білим по білому» і «Традиції рослинного килимарства» міста Решетилівка та «Петриківський розпис». Метою роботи є дослідження потенціалу окремих туристичних локацій с. Опішного, м. Решетилівки, с. Петриківка, побудованих на привабливості проявів НКС, та пошук шляхів зростання значення місць побутування елементів НКС, їх популяризації через туризм. В статті досліджуються перспективи формування туристичного кластеру за галузевою схожістю, просторово-територіальною доступністю локацій, зростанням значущості досліджуваних об'єктів для національної та світової спадщини. Ця ініціатива в результаті має на меті посилити значення самих центрів живої спадщини, створити дохід для носіїв спадщини та сприяти соціально-економічному розвитку регіону в цілому. В роботі проаналізовано масштаби досягнень та розглядається приклад успіху діяльності туристичної локації, сформованої навколо Національного музею-заповідника українського гончарства в с. Опішне Полтавської області. Представлено перспективи розвитку туристичної локації міста Решетилівка, головним туристичним магнітом якої став Всеукраїнський центр вишивки та килимарства, її можливості в разі комплексної співпраці з елементами «Опішнянська кераміка» та «Петриківський розпис» (с. Петриківка Дніпропетровської області). Автор бачить головну причину можливого успіху в створенні умов комплексного відвідування всіх трьох локацій, ніж окремо кожної, зважаючи на віддаленість локацій від більшості регіонів України. Стаття є передумовою подальшого пошуку практичних рішень реалізації створення туристичного кластеру, заснованого на привабливості елементів НКС.

**Ключові слова:** туризм культурної спадщини, нематеріальна культурна спадщина, туристичний кластер, Національний музей-заповідник українського гончарства, Всеукраїнський центр вишивки та килимарства, Петриківський розпис, соціально-економічний розвиток громад.

Надійшла 14 січня 2024 р.  
Прийнята 3 квітня 2024 р.

## Manifestations and consequences of water conflicts: case study of the Pechenihy reservoir, Kharkiv region, Ukraine

*Kateryna Borysenko*<sup>1</sup>

PhD (Pedagogy), Associate Professor of the Department of Physical Geography and Cartography,

<sup>1</sup> V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine,

e-mail: [k.borysenko@karazin.ua](mailto:k.borysenko@karazin.ua),  <http://orcid.org/0000-0002-7435-6857>;

*Simon M. Hutchinson*<sup>2</sup>

PhD (Palaeolimnology), Associate Professor, School of Sciences, Engineering and Environment,

<sup>2</sup> University of Salford, Salford, United Kingdom,

e-mail: [s.m.hutchinson@salford.ac.uk](mailto:s.m.hutchinson@salford.ac.uk),  <https://orcid.org/0000-0003-0072-1062>;

*Diana Sinchuk*<sup>1</sup>

BSc student, Department of Physical Geography and Cartography,

e-mail: [dsincuk3@gmail.com](mailto:dsincuk3@gmail.com),  <https://orcid.org/0009-0001-1215-7481>

### ABSTRACT

**Statement of the problem.** The article discusses the manifestations and consequences of such conflicts, in particular their impact on the Pechenihy Reservoir. The study of the problem of water clashes and its exhaustive justification is an important step in the development of effective strategies for managing water resources and preventing the negative consequences of conflicts. Despite the generally defined interpretation of water conflicts, the term should be considered more thoroughly as a phenomenon, based on its duality, because such conflicts can be provoked by different reasons, and therefore their course and consequences may differ. The study of the problem of water clashes and its exhaustive justification is an important step in the development of effective strategies for managing water resources and preventing the negative consequences of conflicts. The study of the problems of water conflicts with the example of the Pechenihy reservoir is due to the novelty of the problem faced by this reservoir. For the first time, the Pechenihy reservoir witnessed large-scale hostilities and, accordingly, for the first time in the history of its existence, faced the devastating consequences of the war. A comprehensive characterization of the reservoir as a center of local water skirmish is necessary, especially in the context of determining the manifestations and classifications of water conflicts.

**The aim of the work** is to set out the causes, classifications and consequences of water conflicts that arise in the context of the use of water resources based on the example of the Pechenihy reservoir. The article aims at a comprehensive analysis of the impact of these conflicts on the geo-ecological and social spheres.

**Methods.** In addition to general scientific methods of analysis, synthesis and generalization, geographical methods of research were used. A special place was occupied by the methods of space hydrology (deciphering aerospace images of the reservoir). The applied method of system analysis helped to identify and clearly classify the situation around the studied reservoir as a local water conflict with the identification of the problem and the way of its course.

**Results.** The study substantiates the phenomenon of water conflicts, highlighting their dual nature as both geo-ecological and social issues, exacerbated by military operations. The hydrological and technical characteristics of the Pechenihy reservoir were examined, revealing significant geo- and hydroecological problems due to nearby combat activities. The study provides a first-time analysis of local water conflict events from the onset of the Russian invasion to the Kharkiv counteroffensive, classifying the conflict around the Pechenihy reservoir as armed, with water serving as both a victim and weapon.

**The novelty** of this article is manifested in an in-depth study of the specifics of hydroecological conflicts in the conditions of long-term hostilities around the Pechenihy reservoir, followed by a comprehensive analysis of the geoecological and social aspects of this problem.

**Keywords:** *water conflicts, Pechenihy reservoir, hostilities, hydrological resources, geoecological state.*

**In cites:** Borysenko Kateryna, Hutchinson Simon M., Sinchuk Diana (2024). Manifestations and consequences of water conflicts: case study of the Pechenihy reservoir, Kharkiv region, Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 173-187. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-12>

**Statement of the problem.** Water conflicts are a rather dangerous, both environmental and social problem of our time, exacerbated by climate change and inevitable population growth. Despite the generally defined interpretation of water conflicts, the term should be considered more thoroughly as a phenomenon, based on its duality, because such conflicts can be provoked by different reasons, and therefore their course and consequences may differ. Pechenihy Reservoir is an important hydrological resource, which ensures sustainable water supply for

the population and the city of Kharkiv and other communities in the region. However, after the start of the full-scale invasion by Russia in 2022, it has faced armed violence, which has negatively affected the hydro-ecological balance of the reservoir. Water conflicts can have serious consequences, both for the ecosystem of a water body and for the socio-economic well-being of the population. The article discusses the manifestations and consequences of such conflicts, in particular their impact on the water body under study. The study of the problem of water

clashes and its exhaustive justification is an important step in the development of effective strategies for managing water resources and preventing the negative consequences of conflicts. The study of the problems of water conflicts with the example of the Pechenihy reservoir is due to the novelty of the problem faced by this reservoir. For the first time, the Pechenihy reservoir witnessed large-scale hostilities and, accordingly, for the first time in the history of its existence, faced the devastating consequences of the war. A comprehensive characterization of the reservoir as a center of local water skirmish is necessary, especially in the context of determining the manifestations and classifications of water conflicts.

#### **Analysis of major research and publications.**

Domestic scientists have long paid attention to water conflicts around the water bodies of Ukraine and its irrigated lands. It is worth mentioning the studies by V. Peleshenko and L. Gorev concerning the use of the waters of the Kakhovka reservoir via the South-Ukrainian Canal and a complex network of canals for the irrigation and watering of the Southern Steppe [12,16]. These researchers examined the ecological and hydrochemical problems of irrigation of these lands, thoroughly studying the negative processes of salinization accompanying irrigation and the loss of fertility of soils under irrigation [13,14]. Professor Georgiy Dubinsky of V. N. Karazin Kharkiv National University, in cooperation with the Ukrainian Hydrometeorological Institute (UHMI), developed the basics of irrigation service based on monitoring the dynamics of the hydrothermal index, which determines the ecological state of fields. According to his calculations, the use of such a monitoring service would save irrigation water several times from the existing irrigation norms at that time, which would also help reduce the risks of waterlogging of the soil and conflicts between irrigated agriculture and competitive areas of nature management. In addition, the Kharkiv Hydrological Center has many hydroecologists, whose works are devoted to integrated planning of the use and management of water resources, the understanding of which is a very important link in avoiding water clashes. They include O. Vasylenko [19], G. Vernychenko [20] and S. Anasimova [21].

These are also numerous studies derived from Taras Shevchenko National University of Kyiv. Among the most prominent figures in this field is Valentyn Khilchevskyi, the head of the scientific hydrochemical school of the Kyiv National University. In addition to a number of hydrological studies, he devoted his works to the generalization and study of water conflicts in different regions of Ukraine, especially in the Donbas, and also highlighted the classification features of such conflicts in the world and in Ukraine. Other domestic researchers include

I. Losovsky [12], S. Ivaniuta [11], V. Horbulin and S. Mosov [9].

The most well-known figure in the study of general problems of water conflicts is the American scientist Peter Gleick, who in the 1990s proposed the first classification of such conflicts and traced the cause-and-effect relationships of their occurrence [3]. Today his research is fundamental for many hydrologists who continue to study the phenomenon of water conflicts. The world's most famous institution that researches and documents water clashes is the Pacific Institute for Environmental Development and Security Research, whose founder and current president is the aforementioned Peter Gleick [7].

Water skirmishes are explored in different parts of the world including:

1. Masahiro Murakami, co-authored with Libor Jansky, investigated the consequences of the controversial Gabčíkovo-Nagymaros project on the Danube between Hungary and Slovakia [4];

2. Ashoka Swainu, who researched water disputes over the Ganges [5];

3. Kemal Başlar, who in his works explored the disputes around the Aegean Sea [1];

4. Taikana Oki, who studied the economic consequences of water conflicts for the population [6], and many others.

#### **An unresolved part of the overall problem.**

Research of water conflicts also includes the study of consequences and further prospects for recovery. Currently, there are new studies related to the consequences of the Russian-Ukrainian armed conflict on water resources and water infrastructure in general. O. Shumilova, H. Trokhymenko and S. Stepanenko, in co-authorship with V. Khilchevsky and P. Gleick [22], studied the impact of hostilities on water bodies of Ukraine and the features of these water conflicts. V. Stokal and A. Kovpak [15] investigated the environmental consequences of hostilities on water bodies, systematized certain manifestations of these disputes and classified them according to the nature of hostilities and the level of aggravation. In general, the experience of studying water conflicts includes many works on various clashes around the world. The phenomenon of water conflicts, unfortunately, is on-going, so their further study will always be relevant, and scientific papers will serve as an inexhaustible source and archival documentation of some water clashes.

Water conflicts are found in almost all corners of the world, as it is a significant threat to the sustainable use of water resources. The main problem of water conflicts is the lack of clear uniformity of classifications of its manifestations and, accordingly, solutions to the consequences. A water skirmish can be either a three-day local conflict at the level of a

conditional territorial community, provoked by the pollution of a water body, or a protracted war between two countries for the right to own a particular river. Such a discrepancy is outlined by a primitive and somewhat simplified definition, which is most often omitted when describing the conflict, giving preference to the social causes of its occurrence.

**The aim of the work** is to set out the causes, classifications and consequences of water conflicts that arise in the context of the use of water resources based on the example of the Pechenihy reservoir. The article aims at a comprehensive analysis of the impact of these conflicts on the geo-ecological and social spheres.

**The novelty** of this article is manifested in an in-depth study of the specifics of hydroecological conflicts in the conditions of long-term hostilities around the Pechenihy reservoir, followed by a comprehensive analysis of the geocological and social aspects of this problem.

**Materials and methods.** The initial data to determine the ecological state of the reservoir after the cessation of hostilities near its shores were obtained from the Laboratory at the Regional Office of Water Resources of the Kharkiv region. To map regional water conflicts, data from the open service Pacific Institute [7] were used, which contains a chronological list of recorded water clashes around the world. All cartographic materials were produced in the ArcMap 10.8 GIS environment.

In addition to general scientific methods of analysis, synthesis and generalization, geographical methods of research were used. A special place was occupied by the methods of space hydrology [18]. Thanks to satellite images, it is possible to obtain accurate information about the morphometric indicators of a water body, the configuration of the basin, and they also make it possible to remotely monitor changes in the hydrological state and its

features, based on different spectra of satellite images. With the help of deciphering aerospace images of the reservoir of the Pechenihy reservoir, the increase in the coastline due to the undermining of part of the dam structure was traced and analyzed, and the scale of its shallowing was determined using NDMI spectrum images.

The applied method of system analysis helped to identify and clearly classify the situation around the studied reservoir as a local water conflict with the identification of the problem and the way of its course. The use of this method made it possible to consider all aspects of the problem in their interconnection and interaction, which contributed to the identification of the main causes of conflicts and the development of effective strategies for their solution. The method of hydrological-geographical generalization made it possible to systematize and summarize data from the Pechenihy reservoir and its use, as well as to assess the impact of water conflicts on the sustainability of its hydro-ecological environment. The use of this method in the study made it possible to comprehensively assess the situation of the water skirmish around the Pechenihy reservoir, with the determination of its prerequisites and the scale of consequences.

**Understanding water conflicts.** Water resources are quite vulnerable to the impact of military conflicts. The level of potential disruption is determined by the possible damage that can be caused by warfare and the consequences arising from water disputes and hostilities in general. According to the classification of the Pacific Institute, introduced by P. Gleick, «water» as part of a water conflict falls into three categories: «trigger», «victim» and «weapon» (Fig. 1). A similar classification of water conflicts was also considered by V. Khilchevskiyi.

Water disputes can also be classified according

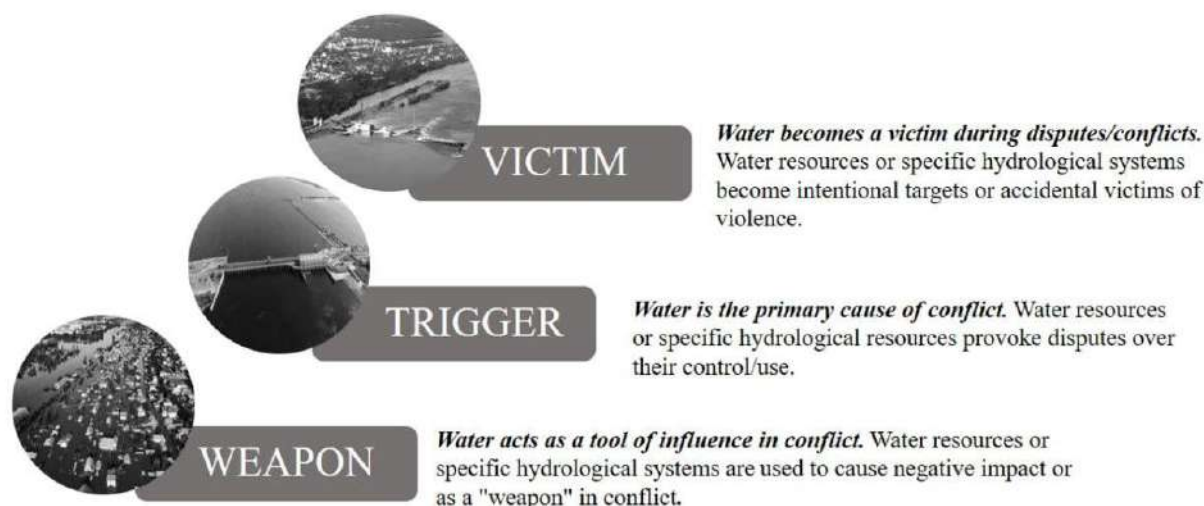


Fig. 1. Classification of types of water conflicts

to the form of the conflict – military and non-military; by the scale of the impacting activity – local, regional, national, cross-border; by the nature of the military activity eg., mining, surface explosions and seizure [17]. The presented classifications will allow a better understanding of the phenomenon of water conflict, the causes of their occurrence and methods of settlement.

When considering the causes, the phenomenon of water conflicts should be considered from two main aspects – the place of water and the place of people in the conflict. Based on this, the nature of such conflicts can be divided into two conditional categories: natural and anthropogenic. However, for the most part, both in the first and in the second case, water bodies become victims that are adversely affected. For example, natural factors include the uneven distribution of water resources over a territory. The second category includes the pollution of water sources, which can cause social protests due to its impact on the environment. Many rivers and lakes cross the borders of different countries, and this can also serve as a trigger for conflicts between states over the use and regulation of shared water resources.

When considering the basic prerequisites for water conflicts, it is necessary to rely on the place of water bodies in them, that is, to determine them based on the well-known classification of «trigger», «weapon», «victim».

The emergence of conflicts in the «trigger» classification can be provoked by two economic and sometimes human-provoked reasons – uneven access of the population to water and different purposes of use of stakeholders in relation to a certain hydrological object. It can be said that water conflicts, which began due to interest in certain hydro-resources, are mostly caused by the anthropogenic factor. It is worth noting that the main trigger for this is the mismatch of people's interests in the use of certain water resources. Water in such conflicts most often takes the place of the victim and can develop into a weapon in the course of the conflict. Obviously, this significance of the water conflict explains it as a social conflict that affects a hydrological object.

The causes of water clashes, classified as «weapons», are also closely related to human activities, which have more catastrophic consequences. For the most part, these clashes arise during the course of armed conflicts. The use of hydrological resources for military purposes is a common battle strategy that gives one side a significant advantage. Unfortunately, this advantage has an exorbitant price for the civilian population and even greater for the water body that was used as a "weapon". World history has many similar cases. Examples include the

blowing up of a cascade of dams on the Yellow River in 1938 by Chinese troops to delay the advance of the Japanese army, or the capture of the Fallujah dam by ISIS rebels in 2014 providing a strategic advantage over government forces. They are accompanied by the destruction of hydraulic structures and disturbance of the tranquility of certain hydrological systems of objects.

Based on the above, the phenomenon of water conflicts should be considered from two sides – social and natural. As a social phenomenon, water conflict is a dispute between two parties over access and use of hydrological resources. In turn, these disputes are negative processes for ecosystems of water resources, interpreting this phenomenon from a natural point of view. That is, regardless of whether water is a «trigger» or a «weapon», it is still an object of interest for two stakeholders who have different visions of its use. And more often than not, this object of interest becomes a «victim» and not just a root cause and tool. Water bodies in such conflicts undoubtedly suffer more damage than the conflicting parties, which would have some benefits under the conditions of peaceful use of these water resources. The causes of water conflicts classified as «victims» are mostly the result of human actions, which may overlap with other water conflicts of the «trigger» and «weapon» classifications.

To date, the largest number of water conflicts is recorded in the region of Asia and Africa. The aggravation of the conflict is primarily due to the shortage of water resources in regions that are low in local hydrological resources and the factor of transboundary location of certain «trigger» water bodies. The Pacific Institute database indicates that between 2000 and 2022 alone, about 900 cases of various water conflicts were recorded. The history of water disputes includes more than 1220 cases, among which 581 skirmishes are classified as «Trigger», 624 as «Victim» and 187 as «Weapon» [17].

According to the Pacific Institute database, the history of Ukrainian water conflicts includes approximately 47 skirmishes, of which 41 are classified as «victims» and 6 as «weapons». It is noteworthy that there are no recorded water conflicts classified as a «trigger» in Ukraine. This means that the impact of water conflicts is not typical for Ukrainian society, which indicates a competent structure of water supply to the population.

The very first water conflict in Ukraine, which was recorded in the database of the Pacific Institute, dates back to 1941. The strategically important Dnieper Hydroelectric Power Plant was targeted by both Soviet and German troops during the fighting of World War II. On August 18, 1941, Soviet troops retreating in front of the advancing German troops blew up the dam and the power plant. And in 1943,



the Dnieper Hydroelectric Power Plant was bombed again, but this time by retreating German troops. This fight can be classified as a «victim» and a «weapon» at the same time. Such «dual» classifications of conflicts in Ukraine are quite common, because when water resources are used as a «weapon»,

they automatically become a «victim».

A significant majority of the above number of disputes arose between 2014 and 2023. That is, it is possible to draw an indirect connection between the aggravation of the problem of water conflicts and Russia's attack on Ukraine (Fig. 2).

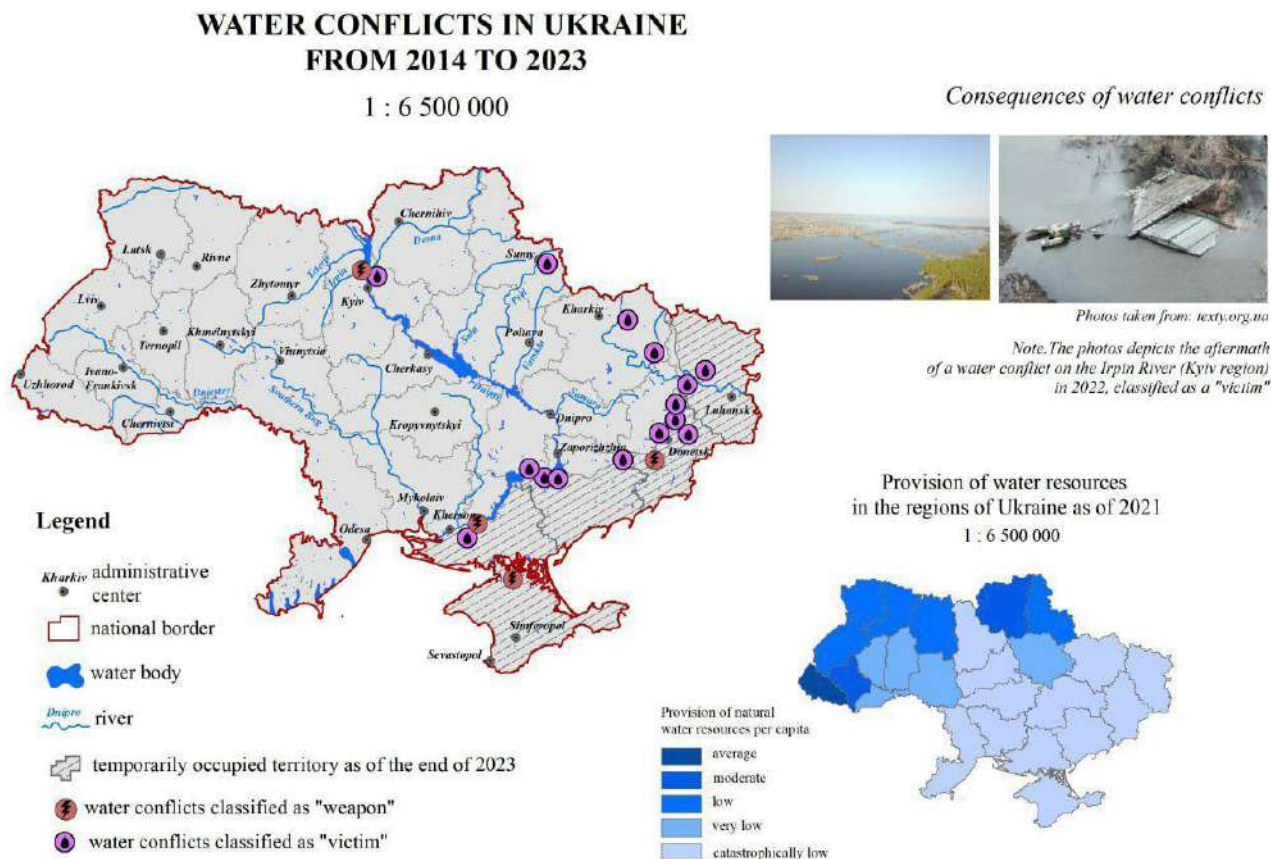


Fig. 2. Location of Ukrainian water conflicts in the period from 2014 to 2023

According to Fig. 2, it is possible to trace a certain pattern of occurrence and localization of water conflicts. Most of them arise near the front line, or territories where hostilities previously took place. If we take into account the additional inset map, we can conclude that water conflicts arise in areas with low availability of local hydrological resources and, accordingly, are even more dangerous in the context of water supply. Such actions are cynical and cruel not only against water resources, but also against the civilian population.

**Case study of the Pechenihy reservoir.** The construction of the Pechenihy reservoir began in 1958 with the construction of a bridge over the Siverskyi Donetsk River. Later a concrete plant was constructed immediately adjacent to the future dam, where there was plenty of sand, and in order to quickly supply concrete for construction (Fig. 3). The purpose of the reservoir is drinking water supply, irrigation and fish farming.

The reservoir is located in the northeastern part

of the Kharkiv region. The dam is located 445 m. northeast of the village of Pechenihy. The reservoir belongs to the channel type, characterized by an elongated shape and a relatively small area of coastal shallow water zones (Fig. 4). The total length of the reservoir is 65 kilometers, the width is from 0.3 to 4 kilometers. The depth of the reservoir ranges from 2.5 to 14 meters. The volume of the Pechenihy reservoir is 400 million cubic meters.

The situation around the Pechenihy Reservoir as a result of the start of a full-scale invasion of the country in 2022 can be called one of the manifestations of water conflicts that has a double classification. It is worth noting that this is the first armed conflict that impacted the Pechenihy reservoir. For more than 50 years of its existence, the reservoir has never been subjected to military influence and, accordingly, has never become the site of a water conflict.

From the first days of the full-scale invasion of Ukraine by the Russian Armed Forces, the Pecheni-

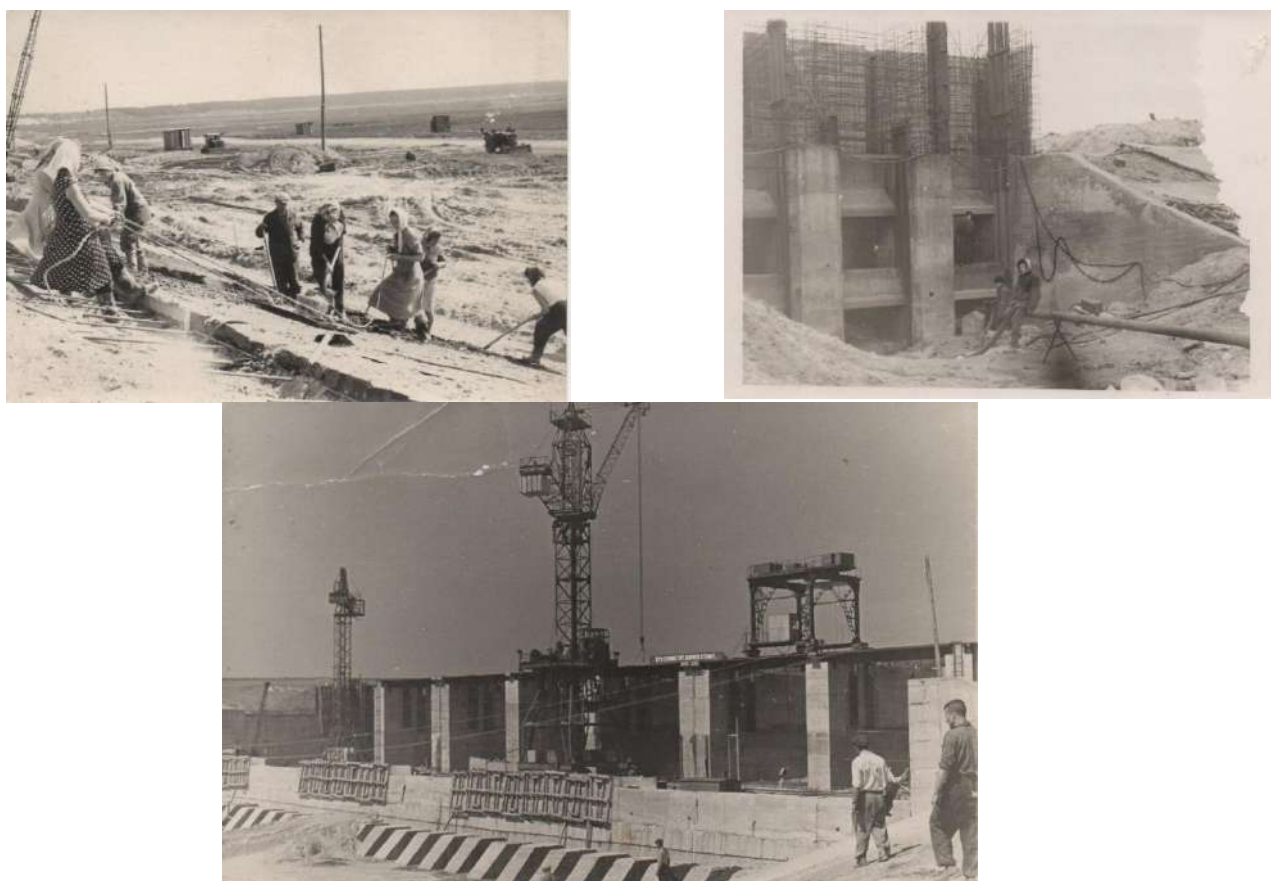


Fig. 3. Archival photos of the construction of the Pechenihy reservoir from the Museum of Local Lore of the Pechenihy district. (Source: T. A. Sulima)



Fig.4. Satellite images of the Pechenihy reservoir. The first one is a composite of natural colors (True Color). The second one is presented in a composite of artificial colors (False Color). Scale 1:400 000 [2]

by Reservoir suffered from explosions and combat clashes taking place nearby. In the first days of the war (February 24-25, 2022), a tank battle took place on the shoreline of the reservoir, near the hydroelectric complex, as a result of which the Ukrainian side blew up part of the roadway to prevent the further offensive of Russian troops (Fig. 5) [8].

Subsequently, the reservoir has served as a line of demarcation for the front in the north-eastern part

of the Kharkiv region, which is clearly visible on the map of hostilities near the downstream of the Pechenihi reservoir (Fig. 6).

The greatest damage to the hydraulic structure was caused in September 2022. Three locks were taken out of working order by a missile strike, two of which were completely destroyed. As of November 2023, only three of the dam's eight locks are in operation (Fig. 7). The overflow of the river and the



Fig. 5. Parts of the hydraulic structure as of 25.02.2022. Photos taken by news channels

**COMBAT ACTIONS NEAR LOWER POOL OF THE PECHINEZ RESERVOIR KHARKIV REGION**

1 : 200 000

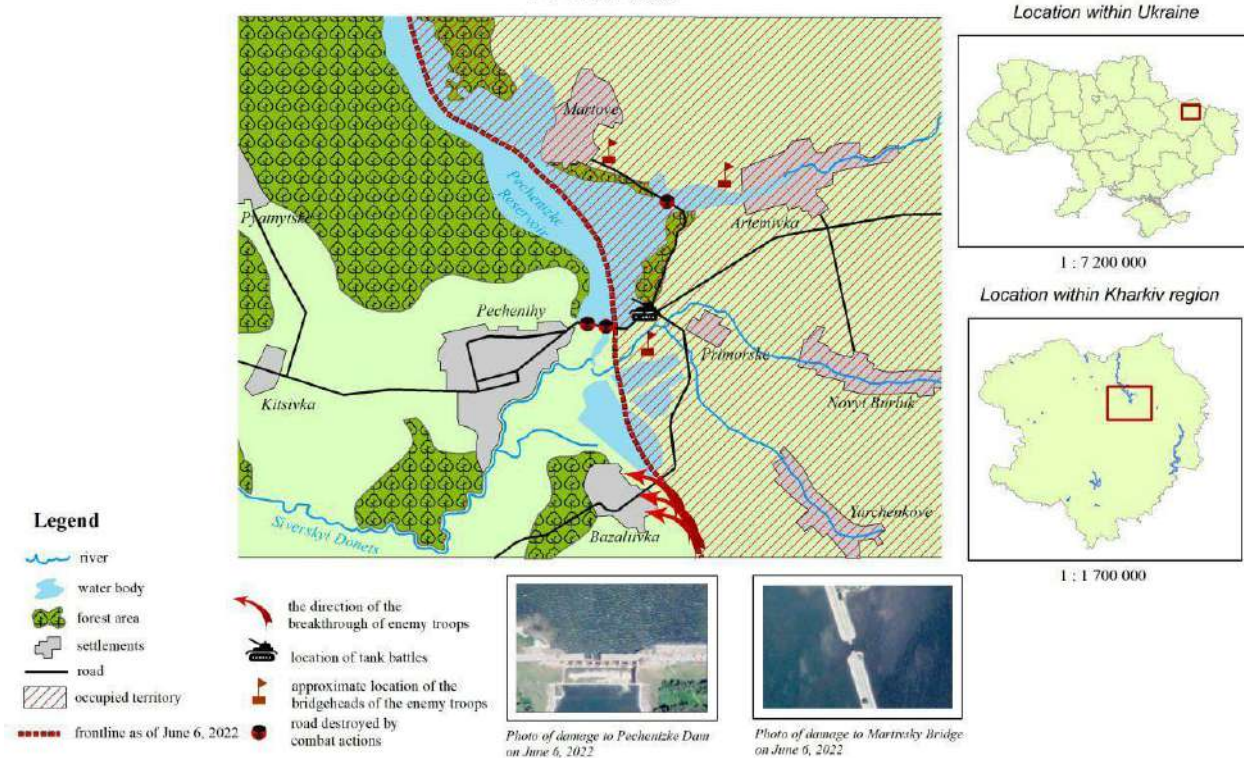


Fig. 6. Fighting near the outflow of the Pechenihi reservoir of the Kharkiv region



Fig. 7. Destroyed dam part of the Pechenihy hydroelectric complex, Early October 2022.  
Photos taken from the Northern News Telegram channel

flooding of the banks of the Siverskyi Donets downstream, as a result of damage to the hydroelectric system, should have destroyed pontoon bridges and disrupted the logistics of the Armed Forces of Ukraine (AFU) [10].

In September 2022, the Armed Forces of Ukraine continued their counteroffensive on the Lyman-Yampil-Bilohorivka line. The Russians began attacking Ukrainian hydraulic infrastructure in the Kharkiv and Luhansk regions to hinder the advance of Ukrainian troops along the Siverskyi Donets River. ISW analysts suggested that the reasons for this were the destruction of pontoon bridges and other logistics routes of the Armed Forces of Ukraine on the Tetyanivka-Pryshyb-Lyman-Yampil line.

Based on this, the place of the Pechenihy reservoir in this local water conflict cannot be put into one category. The reservoir was clearly used by the Russian invaders as a "weapon". Even though the Pechenihy reservoir is an important source of water supply for many cities and communities in the Kharkiv region, the occupiers continued to attack this important hydraulic structure, fully understanding all the consequences of such attacks. At the same time, the reservoir was a "victim" that was not subjected to accidental shelling by the same Russian occupiers. The ambiguity of the classification can be traced in the following cause-and-effect relationship, which exhaustively describes the place of the Pechenihy reservoir in this water conflict: the reservoir was used by both sides of the conflict as a "lever of influence" in order to gain a strategic advantage during hostilities. During the retention of this "advantage" by one of the parties, the reservoir was sometimes subjected to shelling and assault attempts. The latter defines the Pechenihy reservoir as an unlawful victim. According to the classifications considered in the first section of the work, the water conflict under study can be characterized as follows:

- type of water fight: victim, weapon;
- type according to the level of exacerbation:

local;

- type by form of conduct: armed;
- type by the nature of military activity nearby: explosions, mining, destruction.

The gradual deterioration of the technical component of the Pechenihy hydraulic structure coincided with the conduct of hostilities. In the previous paragraph, it was noted about the significant shallowing of the reservoir. It is worth dwelling on this in more detail, because such shallowing is a unique case in the history of the Pechenihy reservoir, and especially if we take into account the conditions that caused it. In the satellite images below, it is possible to visually track the increase in the coastline deep into the area of the reservoir (Fig. 8).

New "islands" formed in the reservoir that, under normal conditions, would not have existed. It is also possible to trace a kind of white outline around the entire plane of the reservoir. This is a coastline that has increased significantly due to a decrease in the water level. The threat of shallowing of a reservoir involved in water supply during hostilities can have serious negative consequences. A critical decrease in the water level in the reservoir could cause ecological degradation of the reservoir, disrupt the balance of the ecosystem and lead to the extinction of fish species and other aquatic organisms. More clearly the summer shallowing of the reservoir can be viewed in the pictures presented below (Fig. 9).

The Normalized Difference Moisture Index (NDMI) is often used to determine the moisture content of plants and monitor drought phenomena. This index, like no other, clearly shows the decrease in the water level from the shores of the reservoir under study. The range of NDMI values varies from -1 to 1. Negative NDMI values (from red and down the scale) correspond to the exposed land surface. Values close to zero (-0.032 to 0.032) are usually denoted as "water stress". That is, a decrease in the water level in our case, which usually shows droughts in the context of plants. High positive val-



Fig. 8. Satellite images of a part of the Pechenihy reservoir near the downstream are presented in a composite of natural colors (True Color). The (1) image is dated pre-war – 25.06.2021, respectively the second one (2) – 27.06.2022. Scale 1:20 000 [2]

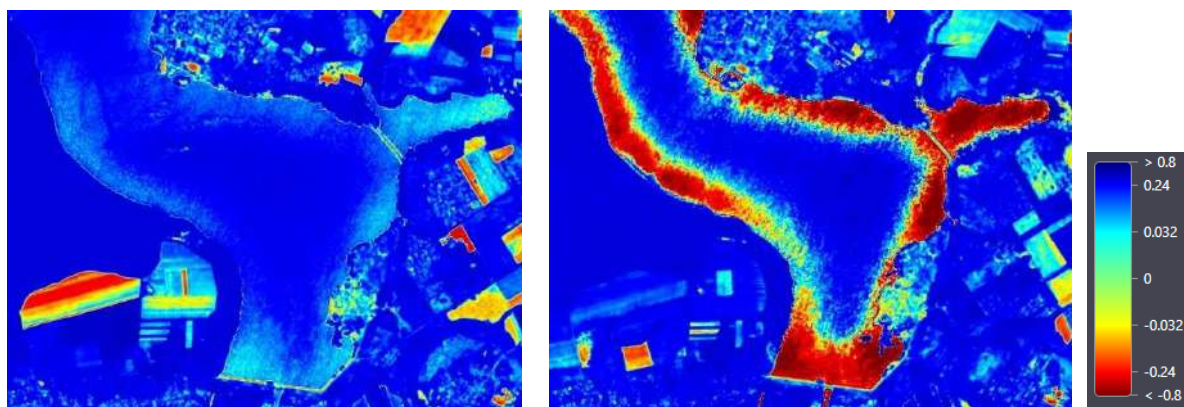


Fig. 9. Satellite images of the Pechenihy reservoir near the downstream are presented with a normalized difference moisture index (NDMI). The first image dates back to the pre-war time – 25.06.2021, respectively the second – 27.06.2022. Scale 1:20 000 [2]

ues correspond to high vegetation cover that is not subject to water stress (from 0.032 and up the scale).

By analyzing the obvious consequences of satellite images, it is possible to draw conclusions about their localization and better understand the stage of "drought" after damage to the locks. However, if we talk about the environmental assessment of the state of the reservoir under study, these consequences are less obvious and require a more thorough analysis.

**Ecological condition of the Pechenihy reservoir.** In order to determine the ecological state of the reservoir, general indicators of the composition and properties of surface waters obtained by the author during an internship at the Laboratory of Water and Soil Monitoring at the Regional Water Treatment Region of the Kharkiv region (Regional Office of Water Resources) were used. Indicators measured in early October 2022 and March 2023 were used to track the changes. October 2022 is characterized by

relative calm after the Kharkiv counteroffensive, and March 2023 is characterized by the absence of any hostilities near the reservoir under study. Among the analyzed indicators are: compounds of organogenic elements, namely ammonium-, nitrate-,

nitrite, phosphate-ions (Table 1) and general indicators of the composition and properties of surface waters, including total nitrogen, biochemical oxygen consumption, dissolved oxygen, dry residue and chemical oxygen consumption (Table 2).

Table 1

Compounds of organogenic elements in the waters of the Pechenihy reservoir

Indicator, mg/dm <sup>3</sup>	Date of sampling		Maximum permissible concentration (MPC) value
	12.10.2022	15.03.2023	
Ammonium ions	0,50	0,40	0,20
Nitrate ions	1,20	1,60	50
Nitrite ions	0,13	0,05	0,10
Phosphate ions	0,54	0,55	0,10

Compounds of organogenic elements in water may indicate pollution of the aquatic environment due to anthropogenic activities. Usually, organogenic elements can get into the environment of water bodies from industrial emissions or, in our case, from military operations. Of these indicators, the value of the maximum permissible norms (MPC) exceeds the content of phosphate ions and ammonium ions. Compared to 2022, the content of nitrite ions in the water of the reservoir has significantly decreased, therefore, as of 2023, this compound does not exceed the maximum permissible concentration.

The excess of phosphate ions and ammonium

ions can be explained by the contamination of the water surface with waste as a result of military activity nearby. Hostilities cause the destruction of infrastructure, such as water and sewage systems, or in our case, parts of a dam. This, in turn, can lead to uncontrolled leakage of wastewater, which contains large amounts of ammonium and phosphates, into the reservoir. Also, the probable cause of the excess of these substances may be fragments and remnants of spent equipment and exploded shells containing various chemicals that fall into the water during rains. Explosions can lead to the decay of various materials, including those that may be toxic or dangerous to water systems.

Table 2

General Indicators of Composition and Properties of Surface Waters

Indicator	Date of sampling		Maximum permissible concentration (MPC) value
	12.10.2022	15.03.2023	
Total nitrogen, mg/dm <sup>3</sup>	0,68	0,67	10
Dry residue, mg/dm <sup>3</sup>	550	600	500
Biochemical oxygen demand, mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2,10	2,80	15
Chemical oxygen demand, mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	19,0	23,0	15
Dissolved oxygen, mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	8,0	8,8	9

General indicators of the composition and properties of surface waters help to assess the overall quality of a hydrological ecosystem. These indicators include variable parameters that characterize the physical, chemical and biological aspects of the aquatic environment. Of the above indicators, only the dry residue and chemical oxygen consumption significantly exceed the maximum permissible concentrations.

Exceeding the standards for the content of dry residue in the reservoir, especially in conditions when hostilities took place, may indicate water pollution. Dry residue includes solids that remain in the water after evaporation. Such substances may in-

clude mineral particles, waste, organic matter, and other solid materials. Particulate matter has a significant impact on aquatic ecosystems. Due to the excessive content of dry residue, the water transparency index can decrease, which in turn affects the light permeability for underwater plants and other organisms, and also, this excessive indicator can settle at the bottom, thereby changing the ecosystem environment of the reservoir. A sharp increase in the chemical consumption of oxygen in the water indicates a certain level of pollution of the reservoir and requires the implementation of measures to clean it. The COD value is an important characteristic of water, which allows us to draw conclusions about the

content of oxidized substances in water, but, unfortunately, does not provide any information about the composition of the pollutant [17].

The waters of the Pechenihy reservoir may also have similar indicators due to the transboundary nature of the Siverskyi Donets, as noted in the previous subparagraphs. Upstream is the Belgorod reservoir, whose water is moderately polluted. Therefore, a certain proportion of pollutants can enter the waters of the Pechenihy reservoir when water is discharged from the Belgorod reservoir upstream.

It should be noted that most of the general indicators of the composition and properties of surface waters do not exceed the maximum permissible concentrations and are within the normative values. This indicates that the ecological state of the Pechenihy reservoir is not so critical. Of course, if we talk about environmental performance. It is obvious that the consequences of the destruction of part of the hydraulic structure and shelling made certain adjustments to the hydro-ecological balance of the reservoir, but this impact cannot be called inevitable.

After the loss of the Oskil reservoir in the spring of 2022, the importance of the Pechenihy water reserve will increase. In addition, the studied reservoir is one of the cleanest in the region and covers significant needs with the water supply of Kharkiv. Therefore, the restoration of the Pechenihy hydroelectric complex to its former technical capabilities is important. However, before outlining the main directions of restoration, it is worth considering the current state of the reservoir under study. That is, the state of the Pechenihy reservoir at the beginning of April 2024. The main components for the characterization will be satellite images, thanks to which it is possible to clearly trace changes in the water level in the Pechenihy reservoir (Fig. 10).

The shoreline of the reservoir has significantly decreased, which indicates an increase in the water level. The islands that are sometimes visible on the surface of the reservoir in the summer 2022 image are no longer visible in the spring 2024 image. It can be said that two years after the cessation of hostilities, the Pechenihy reservoir regained its pre-war



Fig. 10. Satellite images are presented in a composite of natural colors (True Color) of a part of the Pechenihy reservoir near the downstream. The (1) image is dated 27.06.2022, respectively, the (2) one is dated 10.04.2024. Scale 1:20 000 [2]

boundaries (Fig. 11). Of course, some of the consequences of hostilities are still visible on the ground. It is these consequences that should be singled out for further restoration, because the conditional danger from the mining of territories, for example, threatens the environmental stability of the coastal regions of the reservoir under study.

**Future prospects of the Pechenihy Hydraulic Structure.** The primary area of restoration work should be a hydraulic structure. The restoration of dams after hostilities is a strategically important stage in the restoration of infrastructure and water management for sustainable development and security. As of November 2023, only three of the eight gateways are operational. As of April 2024, this situation has not changed, because the reconstruction of the dam to its former technical capabilities is not acute in today's conditions. It is enough to restore to the minimum possibilities. On the other hand, re-

ducing the ability to regulate water levels by sluices can make the reservoir less resilient to extreme weather conditions. This can lead to an increase in the risk of floods or, conversely, a decrease in the water level to a critical state, as it was after the explosion.

As of April 2024, the water level in the reservoir is within the permissible limit. Confirmation of this can be seen in satellite images and photos above. The hydraulic structure on the downstream operates in a restrained mode. The technical condition of the hydroelectric complex does not allow us to guarantee that the dam will withstand the repetition of such explosions. The restoration of the dam is quite a complex process, especially when it is used as a transport link. However, the beginning of restoration work was laid, so in the near future the Pechenihy hydraulic structure may work in the mode in which it worked before the war.



Fig. 11. Photo of Pechenihy Reservoir for 27.06.2022 (1) and 10.04.2024 (2)

The Pechenihy reservoir was actively used for recreational purposes. However, now tourist activity around the reservoir is significantly limited due to the possible mining of the left-bank area, which was under occupation. When it comes to demining, first of all, the beginning of these works falls on ensuring the sustainability of land plots involved in agriculture, and, accordingly, the territories of settlements. Before the war, the left bank of the reservoir was a favorite vacation spot for many Kharkiv residents because of its clean beaches and a large number of

recreation centers nearby. However, the resumption of tourism activities in the territory that still belongs to the areas with an active course of hostilities is not a priority aspect that requires urgent intervention. Therefore, a similar direction of restoration work should be noted for the future.

In general, it is worth talking about the full prospects for recovery after the end of hostilities. The Chuhuiv district is still considered an area with an active course of hostilities. Since the Pechenihy Hydroelectric Structure is a critical infrastructure facili-



ty, it will remain a target for enemy strikes until the end of the war.

**Conclusions.** As a result of the study, the following conclusions are raised:

1. The phenomenon of water conflicts is substantiated and its twofold manifestation is traced. Water clashes are not only negative processes in the geo-ecological aspect, but also a complex social phenomenon that has certain natural reasons for its occurrence. According to the generally defined classifications of «trigger», «victim» and «weapon», the place of water bodies in conflicts was considered and the indirect impact of hostilities on the formation of new foci of water clashes was traced on the example of the world and Ukraine as a whole. However, Military operations in the territories containing such facilities significantly exacerbate the problems that arose in peacetime and create significant man-made and hydroecological risks and conflicts that can completely destroy water bodies and adversely affect the environment.

2. The hydrological and technical characteristics of the direct object of study of this article are considered, which are very important, because before that they were not formed in this context. The data obtained from the Laboratory of the Regional Office of Water Resources in the Kharkiv region made it possible to identify the latest geo- and hydroecological problems of the Pechenihy reservoir and trace the gradual deterioration of its condition as a result of combat activity nearby.

3. The events of the local water conflict,

which were collected by the authors of the work during the period of time from the beginning of the full-scale invasion of the Russian Armed Forces to the Kharkiv counteroffensive of the Armed Forces of Ukraine, are highlighted. For the first time, the Pechenihy Reservoir suffered significant damage as a result of hostilities, so such coverage of those events is relevant and new, because they are formed in the context of assessing the consequences of water conflicts.

4. Classification of the studied conflict was carried out according to the classifications of different researchers. This helped to determine that the local water conflict had dual classifications in terms of the role of water resources in it. In accordance with this, the water conflict around the Pechenihy reservoir is of an armed nature; the type of water skirmish, i.e. the place of water in the conflict – the victim, the weapon; type according to the level of exacerbation – local; type by the nature of military activity nearby – explosions, mining, destruction.

5. Potential ways of restoring the object of research are analyzed. Analysis and comparison of images of different times made it clear that the state of the Pechenihy reservoir is not critical when compared with other hydrological systems such as the Oskil or Kakhovka reservoirs. The greatest damage was caused to the technical part of the reservoir, namely the hydroelectric complex, so the lion's share of restoration work falls on it. It is worth talking about the full prospects for recovery after the end of the war.

### Bibliography

1. Başlar K. *Two facets of the Aegean Sea dispute: 'de lege lata' and 'de lege ferenda'*. Ankara : Turkey and international law, 2001. – 39 p. Режим доступу: [http://www.turkishweekly.net/pdf/aegean\\_sea.pdf](http://www.turkishweekly.net/pdf/aegean_sea.pdf)
2. Explore. Sentinel Hub. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sentinel-hub.com>
3. Gleick P. *Water and Conflict: Fresh Water Resources and International Security*. The MIT Press, 1993. – 34 p. DOI: <https://doi.org/10.2307/2539033>
4. Jansky L., Murakami M., and Nevelina I. *The Danube: Environmental Monitoring of an International River*. United Nations University, 2004. – 191 p. Режим доступу: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2438/nLib9280810618.pdf>
5. Swaine A. *Conflicts Over Water: The Ganges Water Dispute*. 4th ed. Sage Publications, 1993. Vol. 24. – p. 429 - 439. DOI: <https://doi.org/10.1177/0967010693024004009>
6. Taikan O., Rose E. *Economically challenged and water scarce: Identification of global populations most vulnerable to water crises*. *International Journal of Water Resources Development*, 2020. – P. 416-428. DOI: <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1698413>
7. *Water Conflict*. *World Water*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.worldwater.org/water-conflict/>
8. Борисенко К., Сінчук Д. Вплив воєнних дій на стан Печенізького водосховища // *Охорона довкілля: зб. наук. ст. XVIII Всеукр. наук. Таліївських читань*. Харків, 2022 р. – С. 75-78. Режим доступу: <https://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2022/12/taliev-2022.pdf>
9. Горбулін В., Мосов С. *Водні конфлікти як індикатор загострення світової кризи прісної води*. *Вісник НАН України*, 2020. – С. 3-11. DOI: <https://doi.org/10.15407/vsn2023.02.003>
10. Горєв Л. *Оптимізація екосередовищ* / Л. Н. Горєв, С. І. Дорогунцов, М. А. Хвесік. – К.: Наукова думка, 1997. – 544 с.
11. Іванюта С. *Пріоритети збереження та забезпечення надійного функціонування системи водопостачання Донбасу*. *Національний ін-т стратег. досліджень. Серія: Національна безпека*, 2019. – С. 1-9.
12. Лоссовський І. *Міжнародний досвід розв'язання "водних конфліктів" в контексті визначення стратегії водозабезпечення Криму* / І. Є. Лоссовський. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*, 2014. – С. 80-90.
13. Горєв Л., Ніканоров А., Пелешенко В. *Регіональна гідрохімія*. Київ: Вища школа, 1985. – 220 с.

14. Пелешенко В., Горєв Л. *Методологія гідрохімічних досліджень*. Київ: Вища школа, 1985. – 214 с.
15. Строкаль В., Ковпак А. *Воєнні конфлікти та вода: наслідки й ризики*. Науково-практичний журнал «Екологічні науки». Гельветика, 2020. – 9 с. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14>
16. Пелешенко В. *Оцінка взаємозв'язку хімічного складу різних типів природних вод (на прикладі рівнинної частини території України)*. Вища школа, 1975. – 212 с.
17. Хільчевський В. *Водні та збройні конфлікти – класифікаційні ознаки: у світі та в Україні*. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2022. – С. 6-19 DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.1>
18. Волошин І. *Дослідження Землі з Космосу. Космічне землезнавство (Спецкурс)*. К: Друкарня НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2003. – 115 с.
19. Василенко О. *Комплексне планування та управління водними ресурсами* / Василенко О. Г., Верніченко Г. А. // УкрНДІЕП; Інститут географії НАН України. – К., 2001. – 366 с.
20. Верніченко Г. *Водне господарство в Україні* / Яцик В., Горєв М. – К.: Генеза, 2000. – 456 с.
21. Анісімова С. *Основні положення для створення схем охорони водних ресурсів малих річок* / Рибалова О., Поддашкін О. // Вісн. Міжн. Слов'янський ун-т. Харків, 2003. – Вип. VI, № 1. – С.12-16.
22. Шумілова О. та ін. *Вплив російсько-українського збройного конфлікту на водні ресурси та водну інфраструктуру* / Природоохорона. 2023. – № 6. – С. 578-586. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

### References

1. Başlar K. (2001). *Two facets of the Aegean Sea dispute: 'de lege lata' and 'de lege ferenda'*. Turkey and international law. Ankara. Available at: [https://web.archive.org/web/20060822022924/http://www.turkishweekly.net/pdf/aegean\\_sea.pdf](https://web.archive.org/web/20060822022924/http://www.turkishweekly.net/pdf/aegean_sea.pdf) (accessed 10.05.2024).
2. Sentinel Hub, <https://www.sentinel-hub.com>, Sinergise Solutions d.o.o., a Planet Labs company.
3. Gleick, P. H. (1993). *Water and Conflict: Fresh Water Resources and International Security*. In *International Security*. 18, 1: 79. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2539033>
4. Murakami, M., Jansky, L., & Pachova, N. I. (2004). *The Danube : environmental monitoring of an international river*. UN University Press. XVII: 172. Available at: <http://digitallibrary.un.org/record/532592> (accessed 10.05.2024).
5. Swaine, A. (1993). *Conflicts Over Water*. In *Security Dialogue*. 24, 4: 429–439. SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/0967010693024004009>
6. Oki, T., & Quijcho, R. E. (2020). *Economically challenged and water scarce: identification of global populations most vulnerable to water crises*. In *International Journal of Water Resources Development* (Vol. 36, Issues 2–3, pp. 416–428). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1698413> (accessed 12.05.2024).
7. *Water Conflict – World Water*. (n.d.). Available at: <http://www.worldwater.org/water-conflict/>
8. *Influence of military actions on the state of the Pechenihy reservoir*. (2023). *Environmental Protection: A collection of scientific articles of the XVIIIth All-Ukrainian scientific Taliiv readings*, 75–78. <https://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2022/12/taliev-2022.pdf> (accessed 15.05.2024).
9. Gorbulin V., Mosov S. (2023). *Water conflicts as an indicator of aggravation of the world crisis of fresh water*. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2: 3–11. National Academy of Sciences of Ukraine (Co. LTD Ukrinformnauka) (Publications). <https://doi.org/10.15407/visn2023.02.003>
10. Gorev, L., & Doroguntsov, S. (1997). *Optimization of Eco-Environments*. Naukova Dumka.
11. Ivaniuta, S. (2019). *Priority directions of neutralization of ecological and technogenic threats in the zone of military conflict in donbas*. *Strategic Priorities*, 50(2), 38-45.
12. Lossovsky, I. (2014). *International experience of solving "water conflicts" in the context of determining the strategy of water supply in Crimea*. *Foreign Trade: Economics, Finance, Law*, 80-90.
13. Gorev, L., Nikanorov, A., & Peleshenko, V. (1989). *Regional hydrochemistry*. Vyscha shkola.
14. Peleshenko V. Gorev L. (1985) *The methodology of hydrochemical research*. Vyscha shkola.
15. Strokal, V., & Kovpak, A. (2023). *Military conflicts and water: consequences and risks*. In *Ecological Sciences*. 44, 5: 94–102). State Ecology Academy of Postgraduate Education and Management. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14>
16. Peleshenko V. (1975). *Evaluation of the relationship between the chemical composition of different types of natural waters (on the example of the plain part of the territory of Ukraine)*. Vyscha shkola.
17. Khilchevskiy, V. K. (2023). *Water and armed conflicts – classification features: in the world and in Ukraine*. In *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. 1(63): 6–19. Taras Shevchenko National University of Kyiv. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.1>
18. Voloshyn I. (2003). *Exploration of the Earth from Space*. *Space Earth Science (Special Course)*. Printing house of Dragomanov Ukrainian State University.
19. Vasenko O., Vernichenko G. (2001). *Complex planning and management of water resources*. UkrNDIEP; Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine.
20. Vernychenko H., Yatsyk V., Khorev M. (2000). *Water management in Ukraine*. Geneza.

21. Anisimova S., Rybalova O., Poddashkin O. (2003). Basic provisions for the creation of schemes for the protection of water resources of small rivers. *Journal of International Slavonic University. Kharkiv*, VI(1), 12-16.
22. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskiy, V., De Meester, L., Stepanenko, S., Trokhymenko, G., Hernández-Agüero, J. A., & Gleick, P. (2023). Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. In *Nature Sustainability*. 6, 5: 578–586. Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>

## Прояви та наслідки водних конфліктів: на прикладі Печенізького водосховища, Харківська область Україна

*Катерина Борисенко*<sup>1</sup>

к. пед. н., доцент кафедри фізичної географії та картографії

<sup>1</sup> Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна;

*Саймон М. Хатчінсон*<sup>2</sup>

PhD (географія), доцент факультету природничих наук, інженерії та навколишнього середовища

<sup>2</sup> Університету Солфорду, Солфорд, Велика Британія;

*Діана Сінчук*<sup>1</sup>

бакалавр кафедри фізичної географії та картографії

Водні об'єкти та можливість безперешкодного доступу до них є важливими ланками сталого розвитку будь-якого регіону. Моніторинг та аналіз стану водойм, що задіяні у водопостачанні населення та промисловості, є важливим етапом в уникненні майбутніх екологічних та гуманітарних катастроф. Особливо це важливо в умовах сьогодення України, коли виклики для водних об'єктів є суттєвими і являють собою не лише надмірне забруднення але й явища водних конфліктів, які в окремих випадках призводять до масштабних проблем. Водні конфлікти є серйозною проблемою у багатьох регіонах світу, де дефіцит водних ресурсів та їх нерівномірний розподіл призводять до соціально-економічної напруги та екологічних проблем. Виходячи з цього, подібні дослідження будуть актуальними допоки, доки в світі існують проблемні питання приурочені водопостачанню. В сучасних українських реаліях подібні дослідження слугують не лише науковими матеріалами, але й документальними свідченнями певних водних конфліктів, наслідки яких подекуди розцінюються як акт екоциду. Дослідження водних сутічок є важливим, а особливо в розрізі визначення його місця під час ведення збройних дій. Аналіз проявів та наслідків водних конфліктів, які створені внаслідок суперпозиції регіональних геоecологічних проблем регіону й активних і тривалих військових дій, які брутально проявилися у підривах гребель, на прикладі Печенізького водосховища має велике значення для розуміння механізмів виникнення конфліктів та їх впливу на різні аспекти життя регіону. Аналіз причин та наслідків водних конфліктів дозволяє розробити ефективні стратегії управління водними ресурсами, які можуть бути застосовані не лише на локальному, але й на національному та міжнародному рівнях. Печенізьке водосховище відіграє не останню роль у забезпеченні водними ресурсами навколишніх територій, підтримуючи біорізноманіття та сталість місцевих ландшафтів. Ця водойма подекуди є унікальною для Харківської області, бо є найчистішою в регіоні. Питання, що більш ґрунтовно розглядаються на прикладі Печенізького водосховища, є притаманними й деяким іншим еколого-гідрологічним об'єктам Лівобережного Лісостепу на межі з Північним Степом. Ці два зональні простори не мають чіткої межі, тому приналежні до них такі об'єкти варто розглядати спільно. Це Оскільське, Краснопавлівське, частково залишкова частина Каховської водойми, які постраждали внаслідок військових дій.

**Ключові слова:** водні конфлікти, Печенізьке водосховище, бойові дії, гідрологічні ресурси, геоecологічний стан.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 12 квітня 2024 р.

Прийнята 15 травня 2024 р.

## Географічна репрезентативність мережі заповідників і національних природних парків України

Володимир Гетьман<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра заповідної справи та рекреаційної діяльності,

<sup>1</sup> Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ, Україна,

e-mail: [wi.getman@gmail.com](mailto:wi.getman@gmail.com),  <http://orcid.org/0000-0002-9314-0584>;

Сергій Попович<sup>2</sup>

д. біол. н., професор, кафедра ландшафтно-архітектури та фітодизайну

<sup>2</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна,

e-mail: [n8u5k0@ukr.net](mailto:n8u5k0@ukr.net),  <http://orcid.org/0000-0003-3445-5014>

Аналіз стану репрезентативності мережі природоохоронних об'єктів є основоположним напрямом досліджень у класичних біологічних і географічних науках. Представленість заповідних ландшафтів залежить у значній мірі від площі природно-заповідних територій. У статті здійснено функціональний аналіз регіонального розподілу територій природно-заповідного фонду України задля оптимального збереження та охорони заповідного ландшафтного різноманіття. Результати такого аналізу дають можливість виявити прогалини сучасного стану заповідання біотичного та ландшафтного різноманіття у межах країни чи окремих її регіонів. Оцінку представленості ландшафтів у сучасній мережі природно-заповідного фонду зроблено на основі природних і біосферних заповідників, національних природних парків, які мають статус категорій найвищої заповідності, відповідно до регіональних фізико-географічних теренів – природних зон (підзон), провінцій (країв), ландшафтних областей. Пізнавальний процес виявлення цих регіональних ландшафтних комплексів, їх вивчення, наукова систематика та картографування (нанесення на карту меж) називають природно-географічним районуванням. Таке тлумачення районування витікає перш за все з регіонального трактування його вузлової одиниці – ландшафту, який характеризується індивідуальністю, неповторністю в просторі і часі, територіальною цілісністю. Відповідно до фізико-географічного районування України встановлено, що найбільше біосферних і природних заповідників, національних природних парків знаходяться у степовій зоні (24) та Українських Карпатах (15). Відповідно найбільше зазначених природоохоронних об'єктів мають області Зовнішніх Карпат (8), Полонинсько-Чорногірська (7) та Волинського Полісся (7). Найвищий показник заповідності (10,4 %) протестується в зоні широколистяних лісів. Метою нашого дослідження було виявити ступінь сучасної представленості біосферних і природних заповідників та національних природних парків у системі фізико-географічного районування України, що у перспективі дасть можливість оптимізувати мережу цих природоохоронних об'єктів. Методологічною основою дослідження є районування земної поверхні за компонентами природного середовища.

**Ключові слова:** фізико-географічне районування, ландшафтне різноманіття, природно-заповідний фонд, показник заповідності.

**Як цитувати:** Гетьман Володимир. Географічна репрезентативність мережі заповідників і національних природних парків України / Володимир Гетьман, Сергій Попович // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 188-198. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-13>

**In cites:** Hetman Volodymyr, Popovych Serhii (2024). Geographical representativeness of the network of reserves and national natural parks of Ukraine. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 188-198. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-13> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Серед актуальних наукових завдань природно-заповідної справи в Україні одним із найважливіших і складних для розв'язання вважається постійний моніторинговий аналіз стану репрезентативності природно-заповідного фонду (ПЗФ) на основі комплексу критеріїв, із яких пріоритетним є географічний. Результати такого детального аналізу дають можливість виявити прогалини сучасного стану заповідання біотичного і ландшафтного різноманіття у межах країни чи окремих її регіонів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз стану репрезентативності заповідного біотичного і ландшафтного різноманіття (частково, представленість ландшафтів у мережі ПЗФ України) є основоположним напрямом досліджень у географічних і біологічних науках сучасного світу [1], [2], [3], [4] та України [5], [6], [7],

[8], [9], [10]. У природно-заповідній справі аналіз репрезентативності тісно пов'язаний із оцінкою ступеня заповідності окремих природно-територіальних просторів. Зокрема вважається, що серед чималої кількості різновидів репрезентативності територій й об'єктів ПЗФ головними є географічна, біологічна та геосозологічна [8]. Зазвичай у науковій літературі активно аналізуються перші дві. Ступінь репрезентативності біотичного і ландшафтного різноманіття у значній мірі залежить від величини показника заповідності, тобто відсотка площі ПЗФ відносно загальної площі певного природного чи адміністративного регіону.

Найважче вивести показники заповідності для природних регіонів, оскільки для них не ведеться статистика. Однак, на основі багаторічного збору інформації С. Ю. Попович [11], [12],

[13] уперше визначив показники заповідності для трьох природних зон. У 2012 р. площа всього ПЗФ степової зони України складала 3,9 %, у 2016 р. для зони мішаних лісів – 6,6 %, у 2018 р. для зони широколистяних лісів – 10,0 %. За підрахунками В. І. Гетьмана найбільшу частку усі природно-заповідні території займають у гірських регіонах з досить близькими значеннями (12,2 % і 11,1 % відповідно) в Українських Карпатах і Кримських горах. Загалом на рівні ландшафтних зон і провінцій показники заповідності не перевищують 15 %, але для деяких фізико-географічних областей Українських Карпат, Поділля, Присивасько-Приазовського регіону вони можуть коливатися у межах 15–25 % і вище. Зокрема, Л. М. Петрова [5] з'ясувала показники заповідності для кожної фізико-географічної області Українських Карпат. Найвищим (40,6 %) він виявився для Рахівсько-Чивчинської фізико-географічної області, а найнижчим (2,9 %) – для Вулканічних Карпат. За її даними у 2004 р. в цілому для Заходу України показник заповідності становив 8,7 % [5]. У той же час В. В. Худоба для цього регіону наводив 4,6 % заповідних земель, а Р. П. Третяк для Галичини визначив площу регіональної мережі ПЗФ близько 422,6 тис га, або 8,5 % від площі регіону [13]. Найменший показник заповідності (2,9 %) характерний для лісостепової зони. Однак, через незначну частку заповідності найскладніша ситуація спостерігається у центральному правобережжі басейну Дніпра, середній частині степової зони, на межі степового Криму та Кримських гір. Тому ці регіони потребують найбільшої природоохоронної уваги.

Аналіз ландшафтно-регіонального розподілу природно-заповідних територій ще раз доводить, що об'єктивніше його здійснювати на основі існуючої схеми фізико-географічного (природного) районування території України. Нерівномірний (випадковий) і слабо представлений розподіл природно-заповідних територій України відповідно до схеми її фізико-географічного районування досі залишається негативною особливістю сучасної мережі ПЗФ. Тобто, спостерігається явне перевищення азональної представленості біотичного і ландшафтного різноманіття в природоохоронних об'єктах фізико-географічних регіонів. Загалом особливості сучасного територіального розподілу ПЗФ слід враховувати у природоохоронному плануванні перспективної мережі, насамперед біосферних (БсЗ), природних (ПЗ) заповідників і національних природних парків (НПП). У цьому контексті необхідно наголосити, що в 2020 р. колектив учених географів, ботаніків і зоологів НАН України під керівництвом академіка Л. Г. Руденка розробив найповнішу на сьогодні перспективну мережу ПЗФ

особливо для вищих категорій заповідності [9].

Окрім цілої низки наукових праць, проблема підвищення ступеня репрезентативного збереження біотичного та ландшафтного різноманіття шляхом формування мережі природоохоронних територій і відповідного збільшення показника заповідності порушувалася у законодавчих актах Європи [14] та України [15]. В Україні підвищення рівня репрезентативності категоріальної структури ПЗФ країни пропонувалося на основі створення нових переважно ПЗ і НПП, передбачених державними програмами («Заповідники», «Дніпро», Загальнодержавною програмою формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки, проектом Загальнодержавної програми розвитку заповідної справи на період до 2020 року).

Орієнтуючись на означені вище наукові факти та основоположні завдання правових документів, нинішні заходи державної та регіональної політики спрямовані на підвищення показників заповідності в країні загалом та окремих її регіонах. Відповідно до Закону України «Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 роки» було передбачено збільшення площі земель ПЗФ до 10,4 %. Також згідно із Законом України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України» площа ПЗФ у 2020 р. мала зрости до 15 % [16]. Однак, ці закони залишилися недовиконаними, про що свідчить нинішній показник заповідності (7,01 %), зазвичай зі значними коливаннями для адміністративних областей від 2,26 % (Вінницька область) до 15,72 % (Івано-Франківська область) [17]. Водночас більшість природоохоронців вважають, що оптимальний показник заповідності знаходиться десь близько 10-15 %, а деякі наводять навіть 30–40 % від загальної площі території країни [18].

**Мета дослідження** – виявити ступінь сучасної представленості БсЗ і ПЗ та НПП у системі вищих рангів фізико-географічного районування України [19], [20], [21], [22], [23], що у перспективі надає можливість галузі охорони природи оптимізувати мережу об'єктів означених вище категорій ПЗФ. Важливо також було з'ясувати частки показників заповідності, які формуються цими трьома категоріями ПЗФ на загальному фоні заповідності відповідних фізико-географічних регіонів.

**Методи дослідження.** Методологічною основою для представленого аналізу можна вважати районування земної поверхні за компонентами природного середовища. Відповідно для порівняльного аналізу, як головний, застосували метод ідентифікації та обліку територій БсЗ, ПЗ та НПП у межах фізико-географічних областей,

зон та гірських країн їхнього розташування. Для цього на картографічну основу фізико-географічного районування України [19], [20], [21], [22], [23] наносили точки (локуси) місцезнаходження територій цих категорій ПЗФ. Для означених вище фізико-географічних рангів розраховували показники заповідності, які порівнювалися з наведеними у бібліографічних джерелах [6], [11], [12], [13]. Для узагальнення отриманих результатів дослідження було використано й деякі інші методологічні прийоми (методи аналізу і синтезу), а також загальнонаукові (спостереження, порівняльна оцінка) та конкретно-наукові (методи ландшафтознавства) методи.

#### **Результати досліджень та обговорення.**

Ідея формування мережі ПЗ (природних лабораторій) за принципом зональності типів ґрунтів і на біогеографічній основі належить відомим ученим – ґрунтознавцю В. В. Докучаєву (1895 р.) та лісознавцю Г. Ф. Морозову. Зокрема, Г. Ф. Морозов у 1910 р. висловив принципово нову думку про те, що виділення заповідних ділянок повинно відбуватись планово і відповідно на землях, які є характерними для природи ботаніко-географічних регіонів [7], [10]. Нині пізнавальний процес виявлення ландшафтних комплексів, їх вивчення, наукова систематика та картографування називають природно-географічним районуванням [24], [25]. Відповідно для розвитку наукових основ природно-заповідної справи найчастіше використовують біогеографічне та фізико-географічне районування. Перше із них взято як картографічну основу розбудови світової мережі біосферних резерватів (БР) [26]. Концепція репрезентативності ПЗФ на основі фізико-географічного районування України нами трактується так: «кожну фізико-географічну провінцію (край, гірську країну) має представляти щонайменше один БсЗ», «кожну фізико-географічну область – щонайменше один ПЗ або один НПП» [8, с. 158]. Відтак уже ствердився такий науковий постулат: кожний географічний ландшафт, як унікальна річ земного буття (геореал), повинен бути репрезентований хоча би однією природно-заповідною територією. Тобто, кожна природно-ландшафтна країна, зона, край, область і, навіть, фізико-географічний район, або кожний клас, підклас, тип, вид ландшафтів і так далі відповідно мають представлятися (у натурі) БсЗ, ПЗ, НПП, регіональним ландшафтним парком, заказником чи, як мінімум, пам'яткою природи та заповідним урочищем. Звідси в поняття географічної репрезентативності ПЗФ доцільно вкладати розуміння ступеня (міри) представлення природно-заповідних територій (їх типового ландшафтного різноманіття) на різних ієрархічних рангах системи природно-географічного по-

ділу земної поверхні (районування, зонування) [10].

Зазвичай ступінь представленості заповідних ландшафтів у значній мірі залежить від площі мережі територій ПЗФ. Оптимальна вона тоді, коли містить усі типові для даного ландшафту морфологічні (зовнішні) складові, зокрема місцевості, урочища. Безперечно найповніше різноманіття ландшафтів чи їх елементів виражено на теренах великоплощадних БсЗ, ПЗ і НПП. У менших за площею категоріях ПЗФ (заказниках, пам'ятках природи, заповідних урочищах) часто вони неповні та фрагментовані.

Як відмічається у багатьох публікаціях [27], [28], [22], [29], [30], [31], в основу репрезентативності заповідного ландшафтного різноманіття закладаються, насамперед, принципи типовості й еталонності, тобто корінні структури ландшафтів чи типові біогеоценози (у мережі ПЗФ їх близько 16,7 %). Тому для збільшення показника заповідності й водночас підвищення ступеня репрезентативності доцільно включати до мережі ПЗФ й умовно корінні та напівприродні екосистеми, інколи навіть відновлені до природного стану. Така автохтонна і набута пістрявість природного покриву позначиться й на контурах заповідних ландшафтів і в решті-решт на межах таксонів фізико-географічного районування, які часто мають розмитий екотонний характер. Це різної ширини перехідні смуги [32] і нерідко на них проєктуються природно-заповідні території (НПП «Голосіївський»). Безперечно така ситуація ускладнює віднесення заповідного об'єкта і облік розподіленої його площі до певної фізико-географічної області.

Зважаючи на означену вище особливість формування мережі ПЗФ, можна вважати, що поняття еталонності ландшафтів найбільш притаманне для створення мережі БсЗ, території яких організовуються на значних площах у межах фізико-географічних провінцій. Аналіз регіонального розподілу ПЗФ України показав, що існуюча природно-заповідна система досі не відображає оптимальний ступінь її репрезентативності на біосферному рівні ландшафтно-організації природного довкілля. Нинішня мережа БсЗ, яка складається із п'ятих внутрішньодержавних об'єктів і чотирьох транскордонних БР, в Україні лише частково репрезентує ландшафти фізико-географічних зон і провінцій. Зокрема, у межах Поліської провінції зони мішаних лісів знаходяться Чорнобильський радіаційно-екологічний БсЗ, БР: «Шацький» у складі БР «Західне Полісся» та «Деснянський». Західно-Українська провінція зони широколистяних лісів представлена лише БР «Розточчя». Дещо репрезентативнішою є ситуація у степовій зоні. Ландшафти й аквально-територіальні комплекси її Причорно-

морсько-Приазовської південностепової провінції охороняються у БсЗ «Асканія-Нова» та Чорноморському. Причорноморська степова провінція репрезентована Дунайським БсЗ (район гирл річок і морського узбережжя) у складі транскордонного БР «Дельта Дунаю». Карпатська гірська країна представлена Карпатським БсЗ та БР «Східні Карпати». Водночас треба відмітити, що всі три фізико-географічні провінції лісостепової зони та Кримські гори досі не мають БсЗ. У цілому площа БР України становить близько 5000 км<sup>2</sup> (0,8 % площі країни) [21, 25].

У структурі фізико-географічного районування України [19], [20], [21], [22], [23] виділено 14 фізико-географічних провінцій. Відповідно завершеною мережа БсЗ буде тоді, коли в Україні функціонуватимуть 14 БсЗ. Зазвичай у кожній провінції повинно бути щонайменше по одному БсЗ чи БР. Для удосконалення та завершення структури цієї мережі доцільним було би у межах провінцій організувати БсЗ на основі ПЗ і НПП.

Означена вище проблема оптимізації географічної мережі БсЗ, ПЗ і НПП неодноразово розглядалася у наукових публікаціях [11], [12], [13], [10] і державних програмних документах [15]. У цьому контексті торкнемося лише перспективної мережі БсЗ. Зокрема, основним напрямом підвищення зональної та категоріальної репрезентативності у Поліській провінції є створення загально регіонального кластерного типу Поліського БсЗ, ідея якого зародилася близько 40 років тому. Його територіальною основою може бути Чорнобильський радіаційно-екологічний БсЗ з подальшим підвищенням ступеня репрезентативності заповідних ландшафтів шляхом організації філіалів на Волинському, Житомирському та Новгород-Сіверському Поліссі.

Оскільки у зоні широколистяних лісів номінально створено лише БР «Розточчя», а БсЗ досі немає, тому нині розглядаються різні варіанти його перспективної територіальної організації у межах усієї Західно-Української фізико-географічної провінції. Передусім передбачається, що до його складу увійдуть БР «Розточчя» з територіальною основою ПЗ «Розточчя», НПП «Яворівський», регіональний ландшафтний парк «Равське Розточчя» та низка інших великоплощадних природно-заповідних територій нижчого рангу. Однак, було би доцільніше на основі цих пропозицій та з метою створення умов для підвищення ступеня репрезентативності ландшафтного різноманіття усієї зони широколистяних лісів створити кластерного типу Західноукраїнський БсЗ.

Лісостепова зона України потребує формування мережі БсЗ із трьох об'єктів. У межах Дні-

стровсько-Дніпровської лісостепової провінції доцільно створити Дністровсько-Дніпровський БсЗ, взявши за основу території Канівського ПЗ, НПП «Верхнє Побужжя» та «Кармелюкове Поділля». Для репрезентативного збереження ландшафтів Лівобережно-Дніпровської лісостепової провінції варто запроєктувати Дніпровсько-Сіверськодонецький БсЗ, об'єднавши кластери НПП: Ічнянський, Білоозерський, «Пирятинський», «Нижньосульський», Гетьманський, «Слобожанський», «Гомільшанські ліси» та ПЗ «Михайлівська цілина». У Східноукраїнській височинній лісостеповій провінції пропонується організувати однойменний Східноукраїнський БсЗ на територіях таких НПП: Гетьманського, «Слобожанський» і «Дворічанський». Водночас навіть Київська природно-урбогенна агломерація потребує створення БсЗ на основі НПП «Голосівський».

Із трьох підзон степової зони лише Північностепова підзона не має у своїх межах БсЗ. Тому доцільним було би запропонувати створити БсЗ «Дністровсько-Дніпровське межиріччя» (Дністровсько-Дніпровська північностепова провінція), об'єднавши в єдину систему територіального управління ПЗ «Єланецький степ», НПП «Великий Луг» і «Бузький Гард». У межах Лівобережно-Дніпровсько-Приазовської північностепової провінції варто організувати БсЗ «Північне Приазов'я» на ландшафтній основі Дніпровсько-Орільського ПЗ, відділень Українського степового ПЗ «Кам'яні могили» і «Хомутівський степ» та НПП «Меотида». У Донецькій північностеповій провінції рекомендуємо створити БсЗ з однойменною назвою «Донецький». До складу його території можна віднести правобережжя НПП «Святі Гори», відділення Українського степового ПЗ «Крейдова флора» та відділення Луганського ПЗ «Провальський степ». Ландшафти Задонецько-Донської північностепової провінції можуть бути збережені у межах Задонецько-Донського БсЗ, утворивши єдиний територіальний об'єкт управління, складений із двох відділень Луганського ПЗ «Стрільцівський степ» і «Станично-Луганське», НПП «Кремінські ліси» та лівобережжя НПП «Святі Гори». Оскільки Кримська степова провінція Південностепової (сухостепової) підзони не має БсЗ, тому в її межах доцільно організувати Північнокримський БсЗ, залучивши до його складу території Казантипського й Опукського ПЗ, НПП «Чарівна гавань», філіалу Кримського ПЗ «Лебедині острови» й Азово-Сиваського НПП.

Проблема створення БсЗ у Кримських горах полягає в односторонності заповідання їх біотичного та ландшафтного різноманіття. Природоохоронна робота тут у попередні десятиріччя була на-

правлена на формування лише мережі ПЗ, хоча ідея і навіть проектування створення єдиного на всю систему Кримських гір НПП «Таврида» виникала час від часу. Тому нагальною є потреба в організації Кримського гірського БсЗ на основі ПЗ (Кримського, Ялтинського гірсько-лісового, Карадазького, «Мис Мартьян»).

У структурі фізико-географічного районування України [19], [20], [21], [22], [23] виділено 57 фізико-географічних областей. Значна кількість областей свідчить про нерівнозначний і нерівномірний розподіл ландшафтного різноманіття в Україні, що позначилося на ступені розвитку мережі ПЗ і НПП (таблиця 1).

Таблиця 1 / Table 1

Ступінь зонального забезпечення України БсЗ, ПЗ і НПП  
Representativity of the Natural differentiation by the Natural Reserves Fund in Ukraine

Фізико-географічні ранги		Кількісне забезпечення природно-заповідними територіями				
зони, гірські країни	кількість областей	БР	БсЗ	ПЗ	НПП	показники заповідності, %
мішаних лісів	5	2	1	4	6	4,7
широколистяних лісів	6	1		2	8	10,4
лісостепова	14			2	11	1,3
степова	22	1	3	7	13	2,6
Українські Карпати	7	1	1	1	12	8,9
Кримські гори	3			4		7,8

Примітка: заповідні відділення, філіали і масиви БсЗ, ПЗ і НПП ураховувалися як окремі об'єкти.

**Зона мішаних лісів.** Наукові основи формування мережі ПЗФ у цьому регіоні розроблялися впродовж останніх 30 років, недавно розпочалося проектування загально регіональної екомережі, яка має охопити майже всі типові мішано-лісові поліські ландшафти.

- Поліська провінція (край). Фізико-географічна область *Волинського Полісся* представлена Черемським та Рівненським ПЗ, чотирма НПП: Шацьким, «Прип'ять-Стохід», Ківерцівським «Цуманська пуца», «Нобельський». Масив «Сира Погоня» Рівненського ПЗ розташований на межі Волинського та Житомирського Полісся. Для *Житомирського Полісся* характерні Поліський і частково «Древлянський» ПЗ. У *Київському Поліссі* розкинулись землі Чорнобильського радіаційно-екологічного БсЗ та поліської частини НПП «Голосіївський» і ПЗ «Древлянський» (частина). На *Чернігівському Поліссі* офіційно створено лише НПП «Залісся». *Новгород-Сіверське Полісся* включає два НПП: Мезинський і «Деснянсько-Старогутський».

**Зона широколистяних лісів.** Мережа ПЗФ цього регіону вважається ще досить молодою. Вона включає типові ландшафти Волинської та значної частини Подільської (Гологори, Вороняки, Кременецькі гори) височин, Розточчя, Опілля і Хотинської височини. З ботаніко-географічної точки зору тут ростуть найскладніші за структурою ліси.

- Західно-Українська провінція (край). Ландшафтна структура *Волинського Опілля*, яка характеризується високим ступенем різноманіття природних умов, досі не представлена у ПЗФ

категоріями високого статусу заповідності. *Розточко-Опільську горбогірну область* представляють ПЗ «Розточчя», НПП «Яворівський» та частково Галицький. У *Західно-Подільській височинній області* розташовані ПЗ «Медобори» і НПП «Подільські Товтри», а у *Північно-Подільській височинній області* функціонують НПП «Північне Поділля» та «Кременецькі гори». У *Прут-Дністровській височинній області*, витягнутій уздовж Дністра, створено НПП «Дністровський каньйон» і «Хотинський». На *Малому Поліссі* розташовані НПП «Дермансько-Острозький» і «Мале Полісся».

**Лісостепова зона.** Ступінь антропогенних змін ландшафтів цього регіону дуже високий, зокрема лісистість складає лише 11-12 %, а розораність місцями досягає 80 %. Тому природні корінні ландшафти збереглися переважно у межах ПЗФ. У трьох фізико-географічних провінціях зони у різній мірі представлені ПЗ і НПП.

- Дністровсько-Дніпровська лісостепова провінція (край). Лише три фізико-географічні області цієї провінції мають у своїх межах природно-заповідні території вищого рангу, а саме: *Київська височинна область* представлена Канівським ПЗ та лісостеповою часткою НПП «Голосіївський», *Середньобузька височинна область* – НПП «Верхнє Побужжя», *Південно-Подільська височинна область* – НПП «Кармелюкове Поділля». Натомість у п'яти областях (*Північно-Західна Придніпровська, Придністровсько-Східно-Подільська, Північно-Східна Придніпровська, Центрально-Придніпровська та Південно-Придніпровська височинні області*) провінції



досі не організовано жодної природно-заповідної території вищого рангу.

• Лівобережно-Дніпровська лісостепова провінція (край). Усі чотири фізико-географічні області провінції мають у своїх межах природно-заповідні території вищого рангу. Зокрема, *Північно-Дніпровська терасова низовинна область* представлена трьома НПП: Ічнянським, Білоозерським і «Пирятинський», *Південно-Придніпровська терасова низовинна* – НПП «Нижньосульський», *Північно-Полтавська підвищена область* – ПЗ «Михайлівська цілина» і частково Гетьманським НПП, *Південно-Полтавська підвищена область* – частиною території Гетьманського НПП.

• Східноукраїнська височинна лісостепова провінція (край). Обидві фізико-географічні області провінції мають у своїх межах природно-заповідні території вищого рангу. *Сумська схилово-височинна область* представлена частково лише Гетьманським НПП, а *Харківська схилово-височинна область* охоплює три НПП: «Слобожанський», «Гомільшанські ліси» і «Дворічанський».

**Степова зона.** Через значну розораність (80-90 %) її корінні природно-територіальні комплекси з відносно простою ландшафтною структурою потребують особливого збереження. Більшість залишків корінних степів та лісів зони уже заповідано.

Північностепова підзона. • Дністровсько-Дніпровська північностепова провінція (край). Із трьох фізико-географічних областей провінції не створено природно-заповідних територій вищого рангу збереження лише у *Південно-Молдавській схилово-височинній області*. Ландшафти *Південно-Придніпровської схилово-височинної області* репрезентують території ПЗ «Сланецький степ», НПП «Бузький Гард» (частина) і «Великий Луг», *Південно-Подільської схилово-височинної області* – частково НПП «Бузький Гард».

• Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська північностепова провінція (край). Три фізико-географічні області провінції забезпечені природно-заповідними територіями вищого рангу збереження. Зокрема, в *Орільсько-Самарській низовинній області* знаходиться Дніпровсько-Орільський ПЗ, *Приазовській височинній області* – відділення Українського степового ПЗ «Кам'яні могили», *Приазовській низовинній області* – НПП «Меотида», відділення Українського степового ПЗ «Хомутовський степ». Немає відповідних природно-заповідних територій у *Кінсько-Ялинській низовинній області*.

• Донецька північностепова провінція (край). Обидві її фізико-географічні області забезпечені природно-заповідними територіями вищого ран-

гу збереження. У *Західно-Донецькій височинній області* охороняються нагірні лісові ландшафти НПП «Святі Гори» та відділення Українського степового ПЗ «Крейдова флора», у *Донецькій височинній області* – відділення Луганського ПЗ «Провальський степ».

• Задонецько-Донська північностепова провінція (край). Її ландшафти уособлює лише *Старобільська схилово-височинна область*, у якій мають місце три відділення Луганського ПЗ: «Стрільцівський степ», «Трьохізбенський степ» і «Станично-Луганське», НПП – «Святі Гори» (ландшафти заплави і першої надзаплавної тераси лівого берега р. Сіверський Донець) та «Кремінські ліси».

Середньостепова підзона. • Причорноморська степова провінція (край). Із п'ятьох фізико-географічних областей провінції в одній (*Дніпровсько-Молочанській низовинній*) не виявлено природно-заповідних територій вищого рангу збереження. *Задністровсько-Причорноморська низовинна область* має у своїх межах Дунайський БСЗ та НПП «Тузовські лимани», *Дністровсько-Бузька низовинна область* – Нижньодністровський НПП, *Бузько-Дніпровська низовинна область* – НПП «Кам'янська Січ», *Західно-Приазовська схилово-височинна область* – Приазовський НПП (частина).

Південностепова (сухостепова) підзона. • Причорноморсько-Приазовська південностепова провінція (край). *Нижньобузько-Дніпровська низовинна область* провінції не представлена у ПЗФ жодною категорією високого статусу заповідності. Натомість інші дві фізико-географічні області у повній мірі забезпечені заповідним режимом. *Нижньодніпровська терасово-дельтова область* має п'ять природно-заповідних територій: Чорноморський БСЗ, НПП: «Олешківські піски», «Білобережжя Святослава», Нижньодніпровський і «Джарилгацький», а *Присивасько-Приазовська низовинна область* – три природно-заповідні території: БСЗ «Асканія-Нова» імені Ф. Е. Фальц-Фейна, а також частини Приазовського й Азово-Сиваського НПП.

• Кримська степова провінція (край). Із чотирьох фізико-географічних областей провінції лише *Центрально-Кримська рівнинна область* не представлена у мережі ПЗФ категорією високого статусу заповідності. У *Північно-Кримській низовинній області* охороняється філіал Кримського ПЗ «Лебедіні острови» й Азово-Сиваський НПП (частина), у *Тарханкутській рівнинно-височинній області* – НПП «Чарівна гавань», у *Керченській горбисто-пясковій області* – Казантипський і Опукський ПЗ.

**Карпатська гірська країна.** Формування географічної мережі ПЗФ Українських Карпат, як

цілісної територіальної проблеми охорони природи на біогеоценотичній основі, розпочалося з 60-х років минулого століття. Основним її природним каркасом безперечно є ліси, які у континуальному рослинному покриві виступають єдиною об'єднуючою і функціональною структурою в системі збереження всього біотичного та ландшафтного різноманіття. У цьому регіоні лісові ландшафти охороняються у великих, середніх і малих за площею природно-заповідних територіях усіх категорій різного природоохоронного статусу і в неоднаковій мірі у межах фізико-географічних областей.

• Українські Карпати – гірська фізико-географічна провінція (край). Усі сім фізико-географічних областей провінції забезпечені природно-заповідними територіями вищого рангу збереження. Області *Передкарпаття* представляють частини НПП Галицького та «Гуцульщина», *Зовнішніх Карпат* – ПЗ «Горгани», сім НПП: «Синьгора», «Бойківщина», «Сколівські Бескиди», Карпатський (частина), «Гуцульщина» (частина), «Вижницький», «Синевир» (частина). У *Вододільно-Верховинській області* охороняються частини територій трьох НПП: «Синевир», Ужанського, Карпатського, у *Полонинсько-Чорногірській області* – Чорногірський, Свидовецький та Угольсько-Широколужанський масиви Карпатського БсЗ, а також частини чотирьох НПП: Карпатського, «Верховинський», «Черемоський», Ужанського, у *Рахівсько-Чивчинській області* – Марамороський і Кузійський масиви Карпатського БсЗ, частини територій двох НПП: «Верховинський» і «Черемоський». Область *Вулканічних Карпат* представлена лише НПП «Закарпатський край», а *Закарпатську низовинну область* характеризує природа трьох масивів Карпатського БсЗ: «Юлівська гора», «Чорна гора» та «Долина нарцисів».

**Кримська гірська країна.** Цей регіон за ступенем унікальності його ландшафтів особливо виділяється посеред інших, не дивлячись на те, що представлений лише трьома фізико-географічними областями. Із них не забезпечена природно-заповідними територіями вищого рангу збереження лише *Передгірна лісостепова область*. Область *Головного гірсько-лучно-лісового пасма* представлена Кримським, Ялтинським гірсько-лісовим та частково Карадазьким ПЗ, а область *Кримського південнобережного субсередземномор'я* у своїх межах має ПЗ «Мис Мартьян» та частину Карадазького ПЗ.

**Висновки та перспектива досліджень.** Аналіз ландшафтно-регіонального розподілу природно-заповідних територій оптимальніше здійснювати на методологічній основі фізико-географічного (природного) районування тери-

торії України. Репрезентативність заповідних ландшафтів залежить у значній мірі від площі територій ПЗФ. Оптимальна вона тоді, коли містить усі типи для даного ландшафту морфологічні (складові) частини, зокрема місцевості, урочища. Найповніше регіональні і топологічні, індивідуальні і типологічні ландшафтні комплекси виражені на теренах БсЗ і ПЗ, НПП. У менших за площею категоріях ПЗФ (заказниках, пам'ятках природи, заповідних урочищах) часто вони неповні і фрагментовані.

Існуюча природно-заповідна система України досі не відображає оптимальний ступінь її репрезентативності на біосферному рівні ландшафтно-організації природного довкілля. Нерівномірний (випадковий) і слабо репрезентований розподіл природно-заповідних територій України відповідно до схеми її фізико-географічного районування на сьогодні є негативною особливістю мережі ПЗФ. Тобто спостерігається явна незональна представленість ландшафтного і біотичного різноманіття в природоохоронних об'єктах фізико-географічних регіонів.

Фізико-географічні зони, провінції й області України в неоднаковій мірі забезпечені БсЗ, ПЗ і НПП. Найбільше природно-заповідних територій цих категорій у степовій зоні (24) та Українських Карпатах (15). Натомість найвищий показник заповідності (10,4 %), який сформовано БР, ПЗ і НПП і завдяки дуже значній площі НПП «Подільські Товтри» (261316 га), виявлено в зоні широколистяних лісів. Дещо більше третини (36 %) складу фізико-географічних провінцій забезпечено БсЗ. Значно вищий (80 %) ступінь репрезентативності філіалів БсЗ, ПЗ і НПП склався для фізико-географічних областей. Категоріально найрозвинутіші і територіально найщільніші регіональні мережі БсЗ, ПЗ і НПП спостерігаються в Українських Карпатах та Поліській провінції. Відповідно найбільше природно-заповідних територій найвищого охоронного статусу мають такі фізико-географічні області цих регіонів: Зовнішніх Карпат (8 об'єктів), Полонинсько-Чорногірська (7) та Волинського Полісся (7). У степовій зоні найвищі рівні репрезентативності заповідних ландшафтів спостерігаються у Старобільській схилово-височинній (5) та Нижньодніпровській терасово-дельтовій (5) областях.

П'ять областей Дністровсько-Дніпровської лісостепової провінції не мають БсЗ, ПЗ і НПП, що свідчить про найнижчий рівень репрезентативності заповідних ландшафтів загалом у лісостеповій зоні. Нині через малу частку заповідності найскладніша ситуація склалася в центральному правобережжі Дніпра, середньому степу та степовому Криму. Південна частина степової зони також слабо представлена дослідженими

категоріями ПЗФ. Ці регіони потребують найбільшої природоохоронної уваги і турботи. Тому перспективні комплексні дослідження в них необхідно присвятити пошуку та обґрунтуванню для заповідання нових природних територій, зокрема у межах водно-болотних угідь, залишків байрачних лісів, колків, сагів тощо.

Особливості сучасного територіального розподілу теренів ПЗФ також слід досліджувати з метою розроблення наукових основ ландшафтного природоохоронного планування [33] та в ширшому значенні природно-заповідного районування.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що відповідно до складу фізико-географічних провінцій уперше запропоновано завершену географічну мережу БсЗ в Україні, яка має бути сформована щонайменше 14 об'єктами. Проана-

лізовано сучасний рівень забезпечення фізико-географічних областей філіалами БсЗ, ПЗ і НПП. У зональному вимірі визначено показники заповідності, сформованими цими категоріями ПЗФ.

Серед актуальних наукових завдань природно-заповідної справи в Україні одним із найважливіших і складних для розв'язання вважається постійний моніторинговий аналіз стану репрезентативності природно-заповідного фонду на основі комплексу критеріїв.

Вивчення районів із складною ландшафтною структурою, тобто з найбільшим ландшафтним різноманіттям, служить підставою для вибору еталонних природно-заповідних ділянок (прикладних ландшафтознавчих досліджень), для обґрунтування системи природоохоронних територій (мережі) та інших заходів, пов'язаних з раціональним природокористуванням.

#### Список використаної літератури

1. Powell, G. V. N. Assessing representativeness of protected natural areas in Costa Rica for conserving biodiversity: a preliminary gap analysis / G. V. N. Powell, J. Barborak, M. Rodriguez // *Biological Conservation*. – 2000. Vol. 93. – P. 35–41. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00115-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00115-9)
2. Armenteras, D. Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia / D. Armenteras, F. Gast, H. Villareal // *Biological Conservation*/ 2003. Vol. 113. – P. 245–256. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00359-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00359-2)
3. Гетьман В. І. Ландшафтне різноманіття і репрезентативність природно-заповідного фонду України: монографія [Текст] / В. І. Гетьман. – Київ : Талком. 2021. – 107 с.
4. Lieskovský, J. Protection of representative landscape ecosystem of Slovakia – new landscape ecological approach / J. Lieskovský, P. Bezák, Z. Izakovičová // *Ecology and Environmental. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2010*. – 2010. – P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2010.14.20.SI.856>
5. Петрова, Л. М. Структура мережі заповідних об'єктів Заходу України [Текст] / Л. М. Петрова // *Науковий вісник УкрДЛТУ: зб. наук.-техн. праць*. – 2004. – Вип. 14.8. – С. 80–88.
6. Удра, І. Х. Біогеографічна оцінка репрезентативності природно-заповідних територій України в контексті розбудови екомережі [Текст] / І. Х. Удра, Н. І. Батова // *Заповідна справа в Україні*. – 2004. – Т. 10. – Вип. 1–2. – С. 5–13.
7. Попович, С. Ю. Природно-заповідна справа: навчальний посібник [Текст] / С. Ю. Попович. – Київ, 2007. – 480 с.
8. Іваненко, Є. І. Аналіз розміщення природно-заповідного фонду України: підхід, стан, проблеми [Текст] / Є. І. Іваненко // *Український географічний журнал*. – 2013. – № 3. – С. 64–69.
9. Руденко Л. Г. Методологія і практика оцінювання території України для заповідання [Текст] / Л. Г. Руденко, О. Г. Голубцов, В. М. Чехній, Я. П. Дідух, Є. О. Маруняк, С. А. Лісовський, Є. І. Іваненко, І. А. Акімов, Л. П. Вакаренко, О. В. Василюк, Д. С. Винокуров, В. А. Костюшин, В. М. Титар / За ред. академіка НАН України Л. Г. Руденка. – Київ, 2020. – 248 с.
10. Клімов, О. В. Представленість ландшафтів у природно-заповідному фонді України [Текст] / О. В. Клімов, І. М. Подоба // *Ландшафтогенез – 2000: філософія і географія. Проблеми постнекласичних методологій. Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції*. – Київ, 1996. – С. 5–77.
11. Попович С. Ю. Становлення та сучасний стан мережі природно-заповідного фонду степової зони України [Текст] / С. Ю. Попович // *Заповідна справа в Україні*. – 2012. – Т. 18. – Вип. 1–2. – С. 4–11.
12. Попович С. Ю. Мережа природно-заповідного фонду Українського Полісся [Текст] / С. Ю. Попович // *Заповідна справа*. – 2016. – Т. 22. – Вип. 1. – С. 42–47.
13. Попович С. Ю. Мережа природно-заповідного фонду зони широколистяних лісів України [Текст] / С. Ю. Попович // *Флористичне і ценотичне різноманіття у відновленні, охороні та збереженні рослинного світу. За заг. ред. С. М. Ніколаєнка*. – Київ, 2018. – С. 225–247.
14. Всеєвропейська стратегія збереження біологічного та ландшафтного різноманіття [Текст]. – Київ, 1998. – 52 с.
15. Програма перспективного розвитку заповідної справи в Україні («Заповідники») [Текст] // *Відомості Верховної Ради*. – 1994. – № 48. – С. 430.
16. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України» від 21 грудня 2010 р. № 2818-VI. [Текст]. Available at: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>.

17. Статистичні дані Міністерства екології та природних ресурсів України на початок 2019 року. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році [Текст]. – Київ, 2019. – 161 с.
18. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте [Текст] / Д. Л. Арманд. – М., 1975. – 287 с.
19. Маринич А. М. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование [Текст] / А. М. Маринич, В. М. Пащенко, П. Г. Шищенко. – Киев, 1985. – 224 с.
20. Маринич О. М. Фізична географія України: Підручник [Текст] / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. – Київ, 2005. – 511 с.
21. Маринич О. М. Удосконалена схема фізико-географічного районування України [Текст] / О. М. Маринич, Г. О. Пархоменко, О. М. Петренко, П. Г. Шищенко // Укр. геогр. журн. – 2003. – Т. 41. – С. 16–20.
22. Мельник А. В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавчі дослідження [Текст] / А. В. Мельник. – Львів, 1999. – 286 с.
23. Физико-географическое районирование Украинской ССР [Текст] / Под ред. В. П. Попова, А. М. Маринича, А. И. Ланько. – Киев, 1968. – 683 с.
24. Гетьман В. І. Про природно-ландшафтознавче районування [Текст] / В. І. Гетьман // Наукові записки Національного університету «Києво-Могилянська академія». Серія Біологія та екологія. – 2006. – Т. 54. – С. 63–66.
25. Гетьман В. І. Екологічні субстанції: закономірності, ландшафти, рельєф: навчальний посібник [Текст] / В. І. Гетьман. – Київ, 2014. – 71 с.
26. Udvardy M. The IUCN/UNESCO system of biogeographic provinces in relation to the biosphere reserves / M. Udvardy // 1st Intern. Biosphere Reserve Congr. (Minsk, 26 Sept. – 2 Oct., 1983). – Paris, 1984. – Vol. 1. – P. 16–19.
27. Карпатський національний природний парк [Текст] / За ред. Приходька М. М., Киселюка О. І., Яворського А. І. – Івано-Франківськ, 2009. – 672 с.
28. Гетьман В. І. Національні природні парки Лісостепу і Степу України [Текст] / В. І. Гетьман. – Київ, 2020. – 283 с.
29. Пащенко В. М. О дифференциации ландшафтов Северо-Степного Приазовья [Текст] / В. М. Пащенко // Физическая география и геоморфология, 1979. – Вып. 21. – С. 79–88.
30. Пророчук В. В. Національний природний парк «Гуцульщина» [Текст] / В. В. Пророчук, Ю. П. Стефурак, В. П. Брусак, Л. М. Держипільський. – Львів, 2013. – 408 с.
31. Ужанський національний природний парк. Поліфункціональне значення [Текст] / За ред. С. М. Стойка. – Львів, 2007. – 306 с.
32. Гродзинський М. Д. Ландшафтна екологія: підручник [Текст] / М. Д. Гродзинський. – Київ, 2014. – 550 с.
33. Гродзинський М. Д. Пізнання ландшафту: місце і простір: Монографія. У 2-х т. [Текст] / М. Д. Гродзинський. – Київ, ВПЦ “Київський університет”. 2005. Т. 1. 431 с.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Geographical representativeness of the network of reserves and national natural parks of Ukraine

*Volodymyr Hetman*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Preservation and Recreational Activities,

<sup>1</sup> State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, Kyiv, Ukraine;

*Serhii Popovych*<sup>2</sup>

DSc (Biology), Professor, Department of Landscape Architecture and Phytodesign,

<sup>2</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

### ABSTRACT

**Problem formulation.** Assessment of the representation of landscapes in the modern network of Nature Reserve Fund is based on natural and biosphere reserves, national nature parks, which has the status of the highest category in accordance with regional physical and geographical areas - natural areas (subzones), provinces (country), landscape divisions. The constant monitoring analysis of the state of representativeness of the nature reserve fund on the basis of geographical criteria is considered relevant and at the same time difficult.

**The purpose.** The aim of the research was to assess the degree of representativeness of the modern network of biosphere and nature reserves, national nature parks in accordance with the system of physical and geographical zoning of Ukraine.

**Methodology and materials.** The methodological basis for the presented analysis can be considered zoning of the earth's surface by components of the natural environment. Accordingly, for comparative analysis used as the main method of identification and accounting of biosphere and nature reserves, national nature parks within the physical-

geographical areas, zones and mountainous countries of their location. For the above-mentioned physical and geographical ranks were calculated indicators of nature reserves.

**Results.** These physical and geographical ranks are not equally provided by the studied objects. Most biosphere and nature reserves, national nature parks are located in the steppe zone (24) and the Ukrainian Carpathians (15). Slightly more than a third (36%) of the physical-geographical provinces are provided with biosphere reserves and reserves. A much higher (80%) degree of representativeness of branches of biosphere and nature reserves, national nature parks has developed at the level of physical and geographical areas. Categorically the most developed and territorially dense regional networks of objects are observed in the Ukrainian Carpathians and Polissya province. Accordingly, most of the biosphere and nature reserves, national nature parks have the following physical and geographical areas of these two natural regions: the Outer Carpathians (8 sites), Polonynsko-Chornohirska (7 sites) and Volyn Polissya (7 sites). The highest reserve index (10,4 %), which is formed by biosphere and nature reserves, national nature parks, was found for the zone of deciduous forests.

**Scientific novelty.** According to the composition of the physical-geographical provinces, for the first time a complete geographical network of biosphere reserves in Ukraine has been proposed, which should be formed by at least 14 objects. The current level of provision of physical and geographical areas with branches of biosphere and nature reserves, national nature parks is analyzed. In the zonal dimension, the indicators of nature reserves formed by these categories of the nature reserve fund are determined.

**Practical meaning.** The article provides the functional analysis of the regional distribution of the territory of the Nature Reserve Fund of Ukraine for the optimal conservation and protection of protected landscape diversity.

**Keywords:** *physical and geographical zoning, landscape diversity, Nature Reserve Fund, reserve index.*

### References

1. Powell, G.V.N., Barborak, J., Rodriguez, M. (2000). *Assessing representativeness of protected natural areas in Costa Rica for conserving biodiversity: a preliminary gap analysis. Biological Conservation*, 93, 35–41. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00115-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00115-9)
2. Armenteras, D., Gast, F., Villareal, H. (2003) *Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. Biological Conservation*, 113, 245–256. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00359-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00359-2)
3. Hetman, V.I. (2021). *Landscape diversity and representativity of the nature reserve fund Ukraine. Kyiv*, 107. [in Ukrainian]
4. Lieskovský, Ju., Bezák, P., Izakovičová, Z. (2010). *Protection of representative landscape ecosystem of Slovakia – new landscape ecological approach. Ecology and Environmental. International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference SGEM 2010*, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2010.14.20.S1.856>
5. Petrova, L. M. (2004). *Structure of the Nature protection network in West Ukraine. Scientific Bulletin of USUFWT*, 14.8, 80–88. [in Ukrainian]
6. Udra, I.Kh., Batova, N.I. (2004). *Biogeographical assessment of the representativeness of nature reserves of Ukraine in the context of ecological network development. Nature reserves in Ukraine*, 1-2 (10), 5–13. [in Ukrainian]
7. Popovych, S.Yu. (2007). *Nature reserves: tutorial. Kyiv*, 480 p. [in Ukrainian]
8. Ivanenko, Ye.I. (2013). *Analysis of the Ukrainian nature reserve fund distribution: approach, condition, issues. Ukrainian geographical journal*, 3, 64–69. [in Ukrainian]
9. Rudenko, L.G., Golubtsov, O.G., Chekhniy, V.M., Didukh, Ja.P., Marunyak, E.A., Lisovskyi, S.A., Ivanenko, E.I., Akimov, I.A., Vakarenko, L.P., Vasilyuk, O.V., Vinokurov, D.S., Kostyushin, V.A., Tytar, V.M. (2020). *Methodology and practice of assessing the territory of Ukraine for the testament. Edited by Academician of the NAS of Ukraine Rudenko, L.G. Kyiv*, 248 p. [in Ukrainian]
10. Klimov, O.V., Podoba, I.M. (1996). *Representation of landscapes in the natural reserve fund of Ukraine. Landscapeogenesis - 2000: Philosophy and Geography. Problems of postmonoclassical methodologies. Theses of the additional events of the international scientific and practical conference. Kyiv*, 75–77. [in Ukrainian]
11. Popovych, S.Yu. (2012). *The formation and current status of Natural Reserve fund of the Ukraine steppe zone. Nature reserves in Ukraine*, 1-2 (18), 4–11. [in Ukrainian]
12. Popovych, S.Yu. (2016). *The nature reserve fund network of the Ukrainian Polissya. Nature conservation*, 1 (22), 42–47. [in Ukrainian]
13. Popovych, S.Yu. (2018). *Network of nature reserve fund of the zone of deciduous forests of Ukraine. Floristic and coenotic diversity in the restoration, protection and preservation of flora. For the general edited Nikolaenko S.M. Kyiv*, 225–247. [in Ukrainian]
14. *Pan-European strategy for the conservation of biological and landscape diversity. (1998). Kyiv*, 52. [in Ukrainian].
15. *Program of perspective development of protected areas in Ukraine («Reserves»).* (1994). *Bulletin of the Verkhovna Rada*, No. 48, Art. 430. [in Ukrainian].
16. *Law of Ukraine (2010) «On Basic Principles (Strategy) of the State Ecological Policy of Ukraine» of December 21, 2010, No. 2818-VI. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>. [in Ukrainian]*
17. *Statistical data of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine at the beginning of 2019. National report on the state of the environment in Ukraine in 2018. (2019). Kyiv*, 161. [in Ukrainian]
18. Armand, D.L. (1975). *Landscape Science. M.*, 287.

19. Marinich, A.M., Pashchenko, V.M., Shishchenko, P.G. (1985). *The nature of the Ukrainian SSR. Landscapes and physical and geographical zoning*. Kiev, 224.
20. Marynych, O.M., Shyshchenko, P.H. (2005). *Physical geography of Ukraine: textbook*. Kyiv, 511 [in Ukrainian]
21. Marynych, O.M., Parkhomenko, H.O., Petrenko, O.M., Shyshchenko, P.H. (2003). *Improved physical and geographical zoning of the Ukraine*. *Ukrainian geographical journal*, 41, 16–20. [in Ukrainian]
22. Melnyk, A.V. (1999). *Ukrainian Carpathians: ecological and landscape science of the past*. Lviv, 286 [in Ukrainian]
23. *Physical and geographical zoning of the Ukrainian SSR. (1968)*. Edited Popov, V.P., Marinich, A.M., Lanko, A.I. Kiev, 683.
24. Hetman, V.I. (2006). *On natural and landscape zoning*. *Scientific notes of the National University «Kyiv-Mohyla Academy»*. Series Biology and Ecology, 54, 63–66. [in Ukrainian]
25. Hetman, V.I. (2014). *Ecological substances: regularities, landscapes, relief: textbook*. Kyiv, 71 [in Ukrainian].
26. Udvardy M. (1984). *The IUCN/UNESCO system of biogeographic provinces in relation to the biosphere reserves*. 1st Intern. Biosphere Reserve Congr. (Minsk, 26 Sept.–2 Oct., 1983). Paris, 1, 16–19.
27. *Carpathian National Natural Park. (2009)*. Edited by Prikhodko, M.M., Kiselyuk, O.I., Yavorskiy, A.I. Ivano-Frankivsk, 672 [in Ukrainian]
28. Hetman, V.I. (2020). *National natural parks of the Forest-Steppe and Steppe of Ukraine*. Kyiv, 283 [in Ukrainian]
29. Pashchenko, V.M. (1979). *On the differentiation of landscapes of the North-Steppe Azov region*. *Physical geography and geomorphology*, 21, 79–88.
30. Prorochuk, V.V., Stefurak, Yu.P., Brusak, V.P., Derzhipilskiy, L.M. (2013). *National Natural Park «Hutsulshchyna»*. Lviv, 408 [in Ukrainian]
31. *Uzhansky National Nature Park. Polyfunctional value. (2007)*. Edited Stoyko, S.M. Lviv, 306 [in Ukrainian]
32. Grodzinsky, M.D. (2014). *Landscape ecology: textbook*. Kyiv, 550 [in Ukrainian]
33. Grodzinsky M.D. (2005). *Cognition of the landscape: place and space: monograph*. In 2 volumes. Kyiv. VPTs “Kyiv University”, 1, 431 [in Ukrainian]

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 15 March 2023

Accepted 11 March 2024

## Investment policy of Ukraine during full-scale war: immediate measures and future perspectives

Nataliia Husieva<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor of the K. Niemets Department of Human Geography and Regional Studies,<sup>1</sup> V. N. Karazin Kharkiv University, Kharkiv, Ukraine,

e-mail: [nataliya.guseva@karazin.ua](mailto:nataliya.guseva@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0002-3620-1213>;

Oleksii Niemets<sup>1</sup>

PhD student (Geography) of the K. Niemets Department of Human Geography and Regional Studies,

e-mail: [oleksii.niemets@student.karazin.ua](mailto:oleksii.niemets@student.karazin.ua),  <https://orcid.org/0009-0000-5026-4926>

### ABSTRACT

**Problem definition.** Solving the problems of an unfavorable investment climate and attracting the necessary investment resources for the reconstruction and recovery of Ukraine is impossible without implementing a thoughtful and effective investment policy.

**The purpose of the article.** Objective of the article is to analyze Ukraine's investment policy in conditions of full-scale Russian aggression and to justify possible directions for its improvement based on modern foreign approaches.

**Results, scientific novelty, practical significance.** Over the past two years, Ukraine has taken several important steps that, even in the conditions of a full-scale war, ensure the inflow of investments into the state's economy (\$4.25 billion in 2023). Firstly, priority sectors and industries for stimulating investment have been identified. These sectors ensure the livelihoods of citizens and strengthen the state's defense capabilities and, in the future, will become the locomotive for the recovery of the Ukrainian economy. Among them are military-tech (high-tech weapons), metallurgy, mining, and mechanical engineering; agriculture and food industry; IT sector and startups. Additionally, the energy sector, construction industry, retail, housing, and communal services, and production engaged in mobilization orders, medicine, are extremely important. Secondly, a series of measures have been taken to insure investments against war risks: 1) agreements on risk insurance from international organizations with such practices, particularly the Multilateral Investment Guarantee Agency (MIGA) and the International Finance Corporation (IFC); 2) support from partner countries that provide guarantees to their businesses investing in Ukraine (from the USA, Poland, Germany, the United Kingdom, Denmark, and others); 3) a bill on insurance of investments (including domestic ones) against war and political risks through the Export Credit Agency of Ukraine (ECA). Thirdly, work has been done to provide investors with reliable information about the country's investment potential, including creating an information platform for attracting foreign investments "Advantage Ukraine," which gathers over 500 investment projects and opportunities worth over \$400 billion in ten economic sectors. Fourthly, the investment activity infrastructure is constantly developing and improving. The Government of Ukraine pays special attention to industrial parks, for the use of which foreign investors are offered significant tax benefits. As of 2024, there are 76 industrial parks in Ukraine. Among other measures of state investment policy are the resumption of privatization, deepening deregulation processes, harmonization of Ukraine's current legislation with EU norms, particularly regarding the improvement of the customs and tax systems, creating conditions for quick investments, amending the law on so-called "investment nannies," expanding the range of potential investors, etc. Also, several important steps have been taken that positively impacted the state's investment image. Ukraine acquired the status of an EU candidate member; the EU countries and some other countries canceled tariffs and quotas on Ukrainian exports; a transport visa-free regime with the EU was introduced; deferral of tax and customs payments, as well as reporting submission, was implemented; digitization of public services was carried out; the Ukrainian energy system was included in the unified European energy system; Ukrainian businesses demonstrated a high level of flexibility and adaptability, and the country – high resilience and loyalty, etc.

**Keywords:** *investments, state investment policy, Ukraine, full-scale war, priority sectors of the economy, insurance of investments against war risks, investment platform "Advantage Ukraine," investment passport, investment potential, industrial parks, Ukraine Facility, creative economy, social geography, Sustainable Development Goals.*

**In cites:** Husieva Nataliia, Niemets Oleksii (2024). Investment policy of Ukraine during full-scale war: immediate measures and future perspectives. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 199-214. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-14>

**Problem definition.** In February 2024, the Government of Ukraine, the World Bank Group, the European Commission, and the UN published the results of the updated "Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3)" as of December 31, 2023, the total cost of reconstruction and recovery in Ukraine is \$486 billion over the next decade [34]. At the same time, European Investment Bank President Werner Hoyer states that Ukraine may need €1 trillion (\$1.1 trillion) to recover from the damage caused by the Russian invasion [47]. It is clear that

such sums cannot be compensated by Ukraine alone or by partner countries' budgets. Ukraine needs foreign investments and funds from philanthropists and various funds for reconstruction and recovery. Unfortunately, Ukraine's investment climate over many years has been influenced by several negative factors. Among them are high corruption levels, the shadow economy, shadow employment, and illegal imports; low reform implementation rates; high tax and administrative pressure on businesses; bureaucracy; political instability; economic and financial

problems (hryvnia instability, high inflation, devaluation, low purchasing power, GDP decline, etc.); the ongoing war since 2014 and associated high investment risks, logistical difficulties, damage to production capacities, labor emigration; imperfections and non-transparency of legislation regarding investor rights protection; the weakness of the judicial system and high distrust in it; unpredictability and non-transparency of business conditions, etc [15]. Solving the problems of an unfavorable investment climate and attracting the necessary investment resources for Ukraine's reconstruction and recovery is impossible without implementing a thoughtful and effective investment policy. It should also be noted that the implementing a thoughtful and effective investment policy in Ukraine during full-scale war is also important for achieving a number of Sustainable Development Goals (SDGs) of the UN, also known as the Global Goals [49]. It is about decent work and economic growth (goal 8); peace, justice and strong institutions (goal 16); partnerships for the goals (goal 17). Active hostilities, which have been ongoing on the territory of Ukraine for more than two years, have caused the Europe's largest humanitarian crisis since World War II. In this regard, Ukrainian society was given such uncharacteristic global goals as no poverty (goal 1); clean water and sanitation (goal 6), and some others.

#### **Analysis of recent research and publications.**

The necessity of stimulating investment processes through state intervention (using monetary and fiscal policy) was first indicated by English economist John Maynard Keynes at the beginning of the 20th century [24]. Issues of the formation and development of state regulation of investment activities have been studied by representatives of various economic schools, including A. Smith, D. Ricardo, K. Marx, J.-M. Keynes, E. Domar, E. Hansen, R. Harrod, R. Solow, and others. Among modern foreign scientists, M. Jonka, D. Markowitz, H. Johnson, W. Sharpe, J. Bailey, G. Alexander should be noted [45]. Among recent studies, it should be noted [50-58].

In Ukraine, investment policy has been studied by S. Aptekar [43], V. Bessedin, S. Bila, M. Bilopol'sky [43], L. Borshch [3], A. Galychynsky, V. Heyets, B. Danylyshyn [7], I. Datsii [7], M. Denysenko, A. Dehtyar, M. Koretsky [7], Y. Makohon, M. Chumachenko [43], V. Fedorenko, and others.

**Highlighting previously unsolved parts of the general problem.** Despite the large number of works dedicated to Ukraine's investment policy, research on state regulation of investment activities in conditions of full-scale war is of utmost relevance today. The war has created and continues to create new challenges for investors that cannot be solved by the investors alone. A series of important measures need to be taken at both the state and international levels.

#### **Formulation of the purpose of the article.**

Objective of the article is to analyze Ukraine's investment policy in conditions of full-scale Russian aggression and to justify possible directions for its improvement based on modern foreign approaches. The implementation of this goal boils down to the following **research tasks**: analyze the main measures taken by Ukraine to promote investment in the economy during the full-scale war; outline the prospects for Ukraine's investment policy based on the experience of other countries.

**The main material of the research and explanation of scientific results.** It should be noted that there is currently no legislatively approved definition of the term "state investment policy." The Law of Ukraine "On Investment Activity" uses the formulation "state regulation of investment activity" [13]. Additionally, the concepts of "state investment policy" or "investment policy of the state" are not very widespread in foreign scientific literature. Therefore, in defining the concept of "state investment policy," one can mainly rely only on post-Soviet scientific developments. Without aiming to conduct an in-depth theoretical analysis, we will present only some definitions of this concept (Fig. 1).

As we can see, state investment policy always involves actions or measures taken by the state aimed at increasing investment attractiveness and forming a favorable investment climate in the country, activating investment activities and processes, stimulating investment development, realizing investment potential, attracting investment resources, etc.

Over the past two years, Ukraine has taken a number of important measures that, even in the conditions of a full-scale war, ensure the inflow of investments into the state's economy.

**1. Priority sectors and industries of the economy** have been identified to stimulate investment attraction in them. With the beginning of the full-scale war, Ukraine completely changed its views on the definition and list of priority economic sectors. If previously priority was given to sectors aimed at meeting societal needs for high-tech, competitive, environmentally friendly products, and high-quality services [14], in the current realities, sectors ensuring the livelihoods of citizens and strengthening the state's defense capabilities have become extremely important. These sectors will become the locomotive for the recovery of the Ukrainian economy in the future (Table 1). Among such sectors are military-tech (high-tech weapons); metallurgy, mining, and mechanical engineering; agriculture and the food industry; IT sector and startups. Special attention will also be given to supporting the energy sector, retail trade, housing and communal services, and production working on mobilization orders. If all other sectors effectively developed in Ukraine before



## DEFINITIONS OF "STATE INVESTMENT POLICY"

A set of legal, administrative, organizational, and economic measures and levers of the state aimed at expanding and activating **investment processes** in different regions, sectors, and industries of the economy. The main tasks of investment policy, as one of the most important factors in stimulating the country's socio-economic development, are creating a favorable investment climate and stimulating the inflow of capital investments into production; investment support for the structural restructuring of the economy; mobilizing all sources of investment resources and their effective use; stimulating the development of the industrial sector of the economy; ensuring GDP growth and creating conditions for increasing internal investment resources [17]

A set of measures to increase the level of involvement of the available **investment potential** in the reproduction process, creating optimal conditions for **investment**, ensuring the sustainable development of the country based on joint **investment activities** of the state and private business entities [5]

State activities aimed at creating favorable regulatory and economic conditions for **investing** in fixed capital, forming the necessary financial resources for enterprises and organizations for **investment development** [1]

A system of measures that determine the volume, structure, and main directions of all **investments** of various forms (physical, financial, material, intangible, intellectual) to ensure high economic development rates through the concentration of **investments** on those **investment projects** on which high production growth rates, balance, and efficiency of the economy depend, as well as the achievement of maximum product and income growth per unit of expenditure [45]

A set of measures that state and local government authorities form and use in the process of managing **investment activities**; the object of such policy is investment activity; the subjects are state management and local government bodies at all levels [39]

A set of measures that ensure the formation of a favorable national **investment climate** and business environment in the country aimed at achieving the maximum high effect from the state's invested resources in any form; creating conditions for the priority development of sectors and industries of the economic complex, ensuring equal competitive basis for cooperation on global investment markets; creating conditions for the balanced development of regions and sectoral economic complexes and maintaining a balance of interests of all socio-social groups in the country [3]

Fig. 1. Some definitions of the concept of "state investment policy" (compiled by the authors)

Comparative characteristics of priority sectors of the Ukrainian economy before and after the start of the full-scale war (compiled by the authors)

Before 2022	After 2022
<b>Priority sectors</b>	
aimed at meeting societal needs for high-tech, competitive, environmentally friendly products, high-quality services implementing state policies for developing production and export potential, creating new jobs [14]	ensuring the livelihoods of citizens and strengthening the state's defense capabilities, becoming the locomotive for the recovery of the Ukrainian economy [25; 38]
<b>Priority sectors list</b>	
<p>1. <i>Agro-industrial complex</i>: production, storage of food products, including baby food, and biofuel production oriented towards import substitution.</p> <p>2. <i>Housing and communal services</i>: creation of waste management facilities (household, industrial, and those generated from mining and processing of minerals and production of electrical and thermal energy); construction, reconstruction, and technical re-equipment in the field of heat supply, centralized water supply, and sewage.</p> <p>3. <i>Mechanical engineering complex</i>: production of new and import-substituting types of computers, electronic and optical products, machinery and equipment, electrical equipment, vehicles, and other transport means.</p> <p>4. <i>Transport infrastructure</i>: construction, reconstruction, and technical re-equipment in the field of transport infrastructure.</p> <p>5. <i>Resort and recreational sector and tourism</i>: construction of resort-recreational facilities and tourist infrastructure.</p> <p>6. <i>Processing industry</i>: import-substituting metallurgical production.</p> <p>7. <i>Pharmaceutical industry</i>: production of medicines and medical products [33]</p>	<p>1. <i>Military-tech (high-tech weapons)</i>.</p> <p>2. <i>Metallurgy, mining, and mechanical engineering</i>.</p> <p>3. <i>Agriculture and food industry</i>.</p> <p>4. <i>IT sector and startups</i>.</p> <p style="text-align: center;">+</p> <p>energy sector, construction industry, medical sector, retail, education, and science, transport, and logistics [28; 38]</p>

the war, military-tech is a new sector in the state's focus of development. Today, Ukraine acts as a large testing ground: military products are developed, manufactured, and immediately tested in action. Moreover, security issues will permeate all areas of public life even after the war. According to Ukraine's Minister of Economy Yulia Svyrydenko, "this is our main priority now, based on the reality we have" [25; 38]. A survey conducted by the "Rating" group showed that modern Ukrainians consider several other sectors to be priorities, especially in the post-war period: construction, the medical sector, education and science, transport, and some others [28].

**2. Measures to reduce war risks for foreign and domestic investments are taken.** The main issue troubling both Ukrainian and foreign investors during the full-scale war is the issue of insuring war risks. The international community has already developed several ways to insure investments against war risks (Fig. 2).

The Multilateral Investment Guarantee Agency (MIGA), part of the World Bank Group, is currently the largest international organization dealing with political risk insurance caused by political instability, state expropriation, and conflicts. At the end of 2022, the agency allocated \$30 million to Ukraine

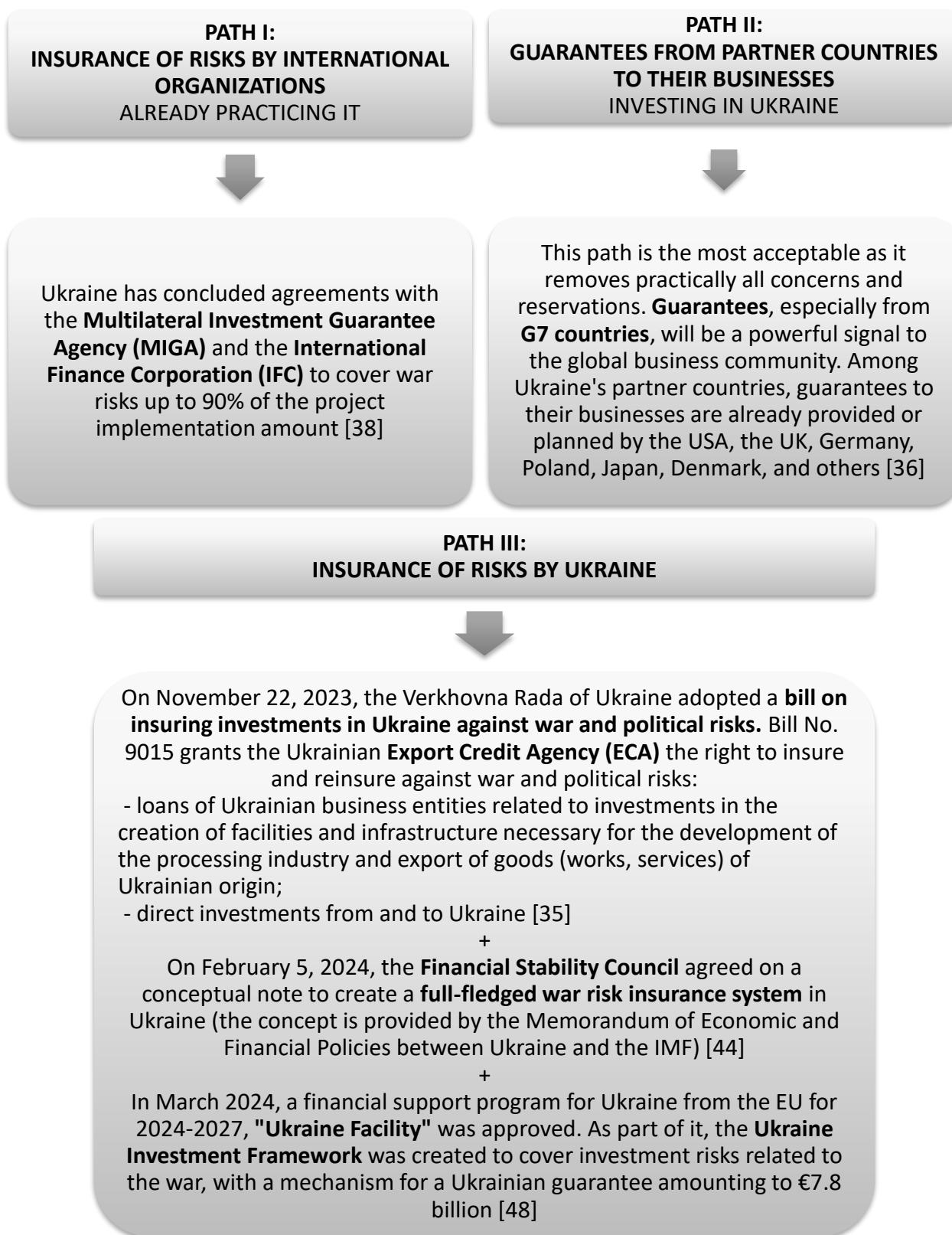


Fig. 2. Ways to insure investments in the Ukrainian economy against war risks (compiled by the authors)

for a pilot project on investment insurance. The investment guarantee mechanism allows investors planning to invest in the Ukrainian economy to purchase a special insurance policy. Then, in the event of a force majeure situation, the agency, as an insurance company, will reimburse the losses. The \$30

million amount was determined by the available free funds MIGA had at that time. Only foreign investors planning to invest in Ukraine could participate in this project. It was expected that in 2023, the amount of similar projects would reach \$1 billion. However, the project was suspended due to the lack

of reinsurance opportunities [26; 31].

Nonetheless, cooperation between Ukraine and MIGA continued. In early 2023, *the agency directed €100 million for one year to "Raiffeisen Bank International AG"* to insure risks, primarily investment risks of its subsidiary "Raiffeisen Bank Ukraine," the largest private bank in Ukraine with foreign capital [31]. At the end of 2023, Ukraine and MIGA agreed to *create a working group* to attract additional financing for insuring investments in Ukraine against war risks [29].

Overall, since February 2022, MIGA has provided Ukraine with insurance guarantees amounting to \$196 million. To address the lack of funds for insuring investments against war risks, in early 2023 MIGA established the *Support to Ukraine's Reconstruction and Economy (SURE) Trust Fund*. Japan, the UK, and Norway, contributing \$23 million, \$25.3 million, and \$22 million respectively, became the fund's donors [4; 6; 31]. Among the fund's latest measures is the approval of a 10-year *insurance package amounting to \$9.1 million* for the M10 industrial park project in Lviv region in 2023 [29].

Another investment financial instrument developed by the International Finance Corporation (IFC), part of the World Bank Group, is the *allocation of \$1 billion to Ukraine*. IFC usually does not finance more than 30 % of the cost of investment projects. Another 40 % will be financed by another international bank [26].

Additionally, the Ukrainian Government expects the launch of a property risk insurance fund from the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) [40]. In summer 2023, *EBRD and Privatbank signed a €60 million guarantee agreement* for financing Ukrainian businesses [10].

*International investment insurance programs by partner countries of Ukraine* include the following (Fig. 3).

Regarding the financial coverage of these insurance guarantees, a possible option is the use of Russian assets that were frozen (potentially confiscated) during the implementation of anti-Russian sanctions [36]. There has been progress in this direction. In April 2024, the Council of Europe supported a resolution calling for the confiscation of frozen Russian assets to benefit Ukraine. Through the "Prozorro.Sale" online auctions, the assets of former subsidiaries of Russian banks JSC "MR Bank" (former "Sberbank") and PJSC "Prominvestbank" were sold for UAH 5 billion [6].

An important step in insuring domestic investments against war risks was the adoption of bill No. 9015 at the end of 2023, granting *the Ukrainian Export Credit Agency (ECA) the right* to insure and reinsure not only foreign but also Ukrainian investors within the country against war and political

risks. Now, a domestic investor investing in export-oriented enterprises can apply to ECA or a collaborating bank or insurance company and obtain investment insurance. ECA also has the right to reimburse expenses to insurance companies insuring water vessels in Ukraine's internal and territorial waters and insure grain corridors (in partnership with international insurance broker Marsh McLennan). Insuring maritime transport of agricultural goods during the war should significantly support Ukraine's economy, keep the Black Sea open for international trade, and guarantee the supply of agricultural products to needy countries. Marsh McLennan is expected to insure water vessels up to \$50 million. In November 2023, UAH 800 million was allocated to compensate for maritime transport risks. The limiting factor for ECA's activities in insuring Ukrainian investments is its limited own capital (UAH 1.9 billion). Therefore, issues of increasing the charter capital and finding additional funding sources are acute [31; 37]. Currently, the Ministry of Economy of Ukraine is negotiating with MIGA, the U.S. International Development Finance Corporation, and the European Bank for Reconstruction and Development, as well as with donors within the *Multi-agency Donor Coordination Platform for Ukraine* regarding the allocation of \$100 million for reinsuring Ukrainian ECA and \$500 million for international trust funds for insurance and reinsurance [9].

In March 2024, the EU financial support program for Ukraine "*Ukraine Facility*" was adopted. According to this program, €50 billion will be allocated for 2024-2027 to support recovery and implement key reforms necessary for Ukraine's EU accession [48]. Ukraine Facility includes the *Ukraine Investment Framework (UIF)* aimed at mobilizing investments for Ukraine's recovery and development. UIF, with €9.3 billion, will offer various risk-sharing instruments, blended finance, and grants. For this purpose, a *Ukrainian guarantee mechanism of €7.8 billion* has been created to cover risks associated with investors' activities during the war. UIF is expected to attract up to €40 billion of public and private investments [6].

As noted by the U.S. Special Representative for Ukraine's Economic Recovery, Penny Pritzker, Ukraine's insurance premium market is currently about \$3 billion (compared to \$100 billion in Poland). New risk management mechanisms covering cargo, static assets, and even civil aviation are being developed; legal and other conditions are being created to implement better risk management tools and reduce risks, preparing the Ukrainian market for significant foreign direct investments [6].

**3. Ensuring Investors with Reliable Information about the Country's and Regions' Investment Potential.** According to Prime Minister of

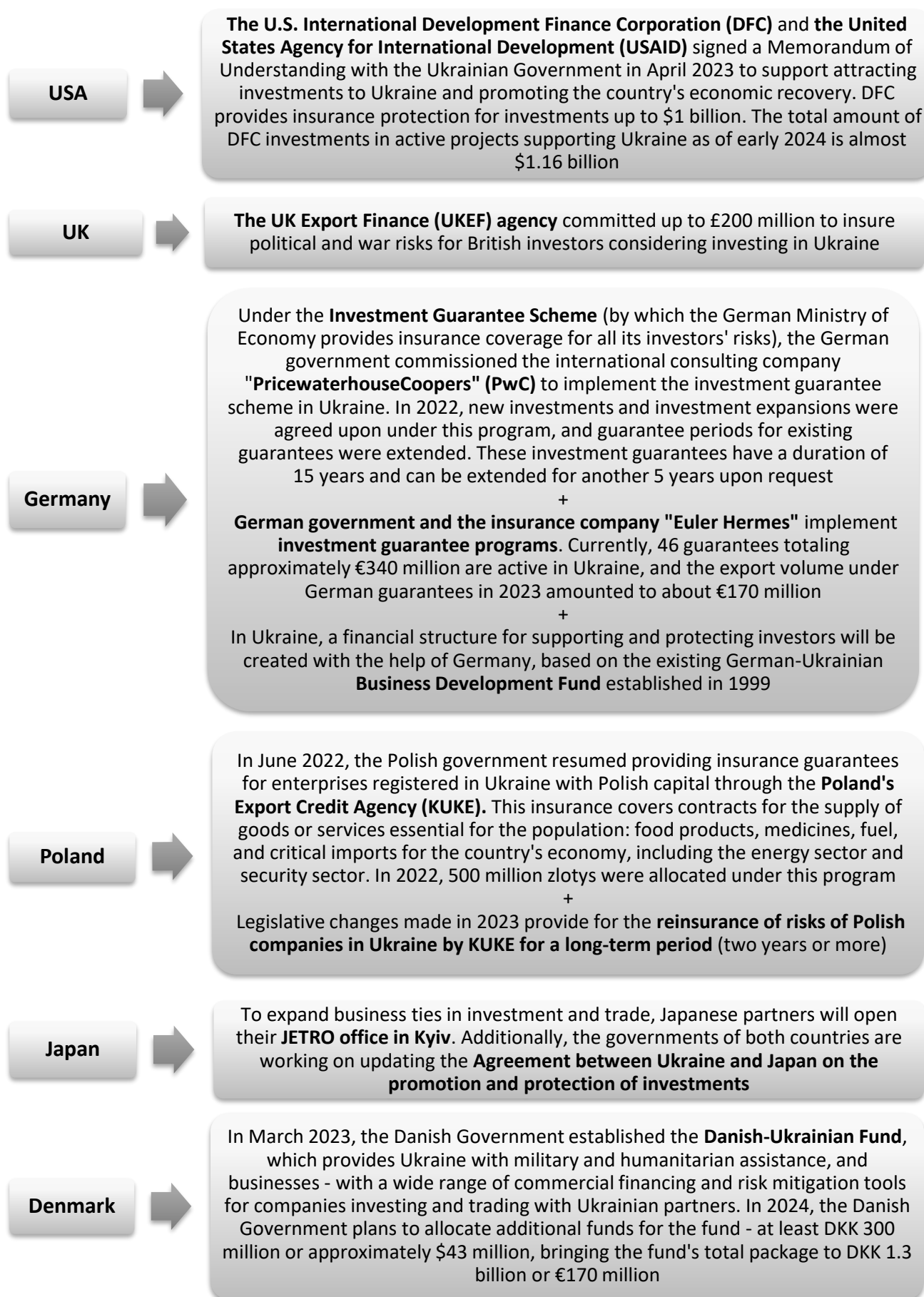


Fig. 3. International insurance programs by partner countries for businesses investing in Ukraine (compiled by the authors based on [6; 11; 31; 32])



Fig. 4. Examples of investment passports of administrative divisions of Ukraine at different levels [18-22]

Ukraine Denys Shmyhal, the unrealized investment potential of Ukraine has amounted to \$63 billion over the years of independence [27]. One of the reasons for such a huge scale of unrealized investment potential is the lack of information for potential investors about all investment opportunities in Ukraine. Despite the fact that most regions, districts, and territorial communities have investment passports (Fig. 4), there was no single platform where all the necessary information for an investor would be collected in one place.

To solve this problem, the "Advantage Ukraine" campaign was developed with the support of the President of Ukraine and the advertising holding WPP to attract investments in the Ukrainian economy. An important part of it was the "Advantage Ukraine" information platform for attracting foreign investments, which gathered over 500 investment projects and opportunities worth over \$400 billion in ten economic sectors. The platform was presented by Volodymyr Zelensky in September 2022 at the opening of the New York Stock Exchange before the leaders of the world's largest companies [46]. According to this platform, the largest number of investment projects is offered in innovative technologies (over 2,000), and the agricultural sector has the

highest innovative potential (\$177 billion) (Fig. 5). An important positive aspect is that the platform operates with the support of the USAID "Competitive Economy of Ukraine" program, and it receives funding from the European Bank for Reconstruction and Development, the International Finance Corporation, the European Investment Bank, and several other international organizations [30].

As of 2023, the "Advantage Ukraine" platform works with over 130 investment projects totaling \$67 billion in sectors such as construction and engineering, including the production of building materials and equipment, design work; energy, including the production of "green" energy, hydrogen, and bi-methane; logistics and modernization of transport infrastructure; the agricultural sector, including deep processing and full utilization of waste; extraction of critical minerals and the production of products from them, including the establishment of a full cycle of lithium-ion battery and electric vehicle production; healthcare and the pharmaceutical sector [30]. The most interest in investment projects on the platform is shown by investors from the UK, the USA, Turkey, China, Germany, and Poland [38].

Another informational measure by the Government of Ukraine, implemented with the support

### **1. DEFENSE INDUSTRY**

**(\$43 billion investment potential, 10+ projects/opportunities)**

- The defense industry of Ukraine is a strategically important sector and a large employer in Ukraine. After working for several decades mostly for the arms export markets, in 2014 it has moved significantly into increased Ukrainian military procurement

### **2. METALLURGY AND METALWORKING**

**(\$26 billion investment potential, 20+ projects/opportunities)**

- Ukraine is among the countries with expertise in high-technology metallurgical processes and full-cycle production of titanium and titanium-containing products. Ukraine holds an estimated 6.5 billion tonnes of crude iron ore reserves. There is a huge potential for direct reduced iron market and green metallurgy

### **3. POWER INDUSTRY**

**(\$177 billion investment potential, 50+ projects/opportunities)**

- Traditionally, Ukraine has a powerful and developed energy sector, including gas, electricity, hydro, coal and nuclear. Ukraine's renewables sector is poised for rapid growth. Creating balancing capacities and development of the energy storage system are promising directions for investments

### **4. AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

**(\$34 billion investment potential, 300+ projects/opportunities)**

- Historically known as the "bread basket of Europe", Ukraine is set to become the "food basket" of the world. With 33% of the world's black soil concentrated in Ukraine, a favorable climate and proximity to key markets, Ukraine is becoming an agriculture export powerhouse with huge processing opportunities

### **5. PHARMACEUTICAL INDUSTRY**

**(\$19 billion investment potential, 30+ projects/opportunities)**

- Pharma in Ukraine is the industry which combines a long history of development with innovations. This industry is among the leaders of investment. Ukrainian pharmaceutical companies keep up to international standards, most of the production capacities have been partially restored and obtained GMP

### **6. NATURAL RESOURCES**

**(\$5.6 billion investment potential, 10+ projects/opportunities)**

- Ukraine has extremely rich and complementary mineral resources in high concentrations and close proximity to each other. The country has abundant reserves of coal, iron ore, natural gas, manganese, salt, oil, graphite, sulfur, kaolin, titanium, nickel, magnesium, and mercury

### **7. LOGISTICS AND INFRASTRUCTURE**

**(\$123 billion investment potential, 30+ projects/opportunities)**

- Ukraine's geographic location makes it an important transit corridor for trade. Logistics is one of the most important sectors of economy, with extensive railway and highway networks, sea and river ports, airports

### **8. FURNITURE & WOODWORKING INDUSTRIES**

**(\$5 billion investment potential, 40+ projects/opportunities)**

- Ukraine, being the geographical center of Europe, having a large resource base combined with a free trade agreement with the EU, has all the prerequisites to become the European center of the furniture business and wood processing

### **9. INNOVATIONS AND TECHNOLOGIES**

**(\$11 billion investment potential, 2000+ projects/opportunities)**

- Ukraine is the first country to digitalize most of its personal official and government-related paperwork. Ukraine ranks 4th in worldwide volume of mobile device powered financial transactions. Ukraine's number of crypto users puts it to the 4th place in the world with legalized mining and cryptocurrency ecosystem

### **10. INDUSTRIAL MANUFACTURING**

**(\$16 billion investment potential, 20+ projects/opportunities)**

- Industrial manufacturing is an important sector of the Ukrainian economy. Large network of mechanical engineering enterprises in Ukraine produce turbines and electrical generators, railway cars, mining and agricultural equipment, machine tools, aircraft engines, production equipment for the light and food industries

Fig. 5. Investment menu of the platform «Advantage Ukraine» (compiled by the authors based on [46])

of experts from the Tony Blair Institute and KSE Institute, is the *development of a guide with practical explanations and advice for international investors*. The document, developed based on the results of the Ukraine Business Compact launch meeting held in March 2024, contains answers to key investor questions and all the necessary information about Ukraine's investment opportunities and advantages [6].

**4. Continuous Development and Improvement of Investment Activity Infrastructure.** The subjects of Ukraine's investment activity infrastructure include special (free) economic zones, industrial parks, technoparks, scientific parks, business centers, business incubators, investment funds, and joint investment institutions [42]. The Government of Ukraine pays special attention to industrial parks, offering significant tax benefits to foreign investors for their use [6]. The Law of Ukraine "On Industrial Parks" defines them as territories equipped with appropriate infrastructure according to urban planning documentation, where participants can engage in

economic activities in the processing industry, waste processing (excluding disposal), alternative energy, energy storage, as well as scientific and technical activities, information and electronic communications under special conditions. Industrial parks are created to achieve the following tasks: 1) attracting investments and developing Ukraine's economy; 2) leveling regional economic development and improving the quality of life of Ukraine's population; 3) implementing innovative and energy-saving technologies; 4) creating new jobs; 5) ensuring sustainable development and environmental protection [12; 23].

As of May 2024, there are 76 industrial parks in Ukraine, including one under occupation (the "Eastern Region" in Luhansk Oblast) and one in the active combat zone ("Lyman" in Donetsk Oblast). There are several industrial parks not included in the Industrial Parks Register. The largest number of industrial parks is registered in Lviv Oblast (15). There are no industrial parks in Kharkiv, Kirovohrad, Mykolaiv, Kherson, Zaporizhzhia Oblasts, and the Autonomous Republic of Crimea (Fig. 6) [16].

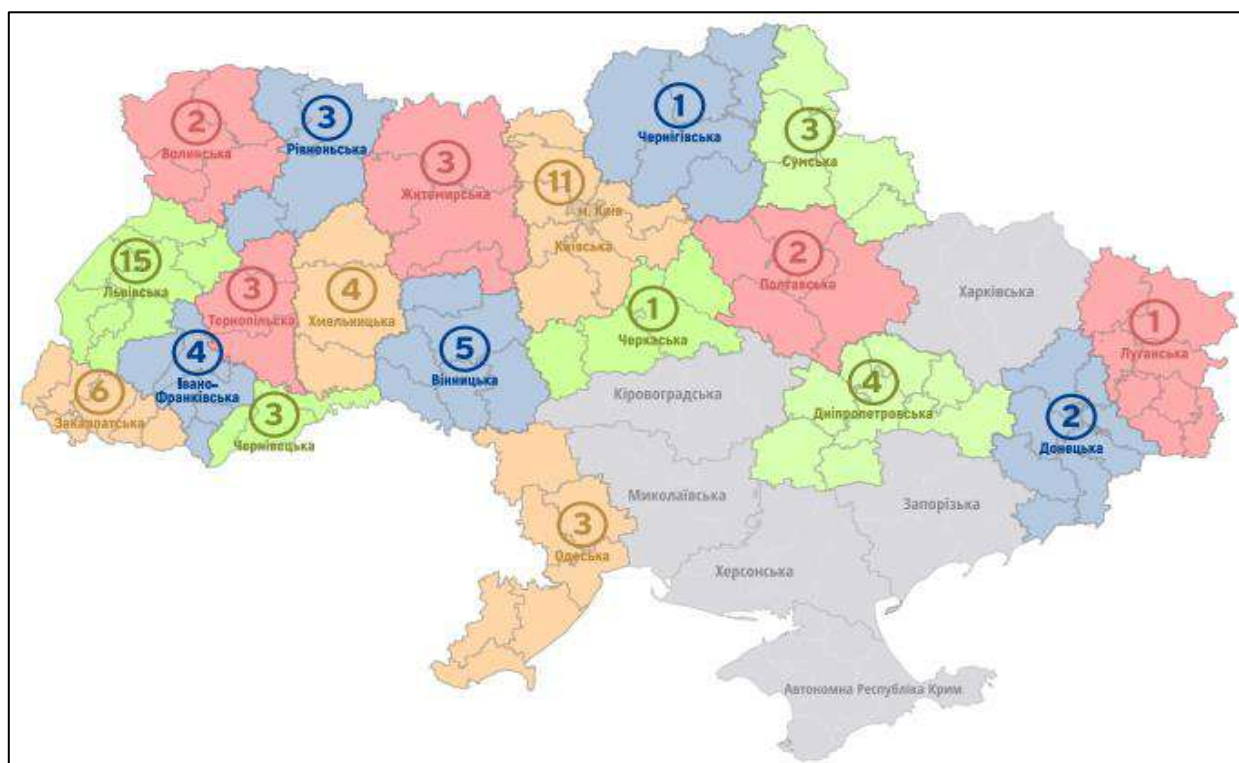


Fig. 6. Industrial parks of Ukraine as of May 2024 [16]

During 2022-2023, a record 28 industrial parks were registered, even during the full-scale Russian invasion, including "VinIndustry" and "Dnister" (Vinnytsia Oblast), "Volodymyr" (Volyn Oblast), "EcoSteel" (Dnipropetrovsk Oblast), "Malyn-West" (Zhytomyr Oblast), "Uzhhorod," "Western Industrial," "Friendly Wind Technology," and "BF Terminal" (Zakarpattia Oblast), "ISKRA" and "Galicia" (Ivano-Frankivsk Oblast), "L-Town Park" and Eco-Industrial Park "Universal Industry" (Kyiv Oblast),

Eco-Smart Industrial Park "Galit," "Dolina Stryi," "Signee," "Core Industry," and "InPark Boryslav" (Lviv Oblast), "Ekoport" (Odesa Oblast), "Smart Tech Industry" (Poltava Oblast), "Hampy UA" and "Formentor" (Rivne Oblast), "Western Ukrainian Industrial HUB" (Ternopil Oblast), "Krasyliv Technopark" and Carbon-Neutral Eco Agro HUB "Horodok" (Khmelnitskyi Oblast), "Mensky" (Chernihiv Oblast), "Energy of Bukovyna" and "Khotyn Invest" (Chernivtsi Oblast) [16].



**5. Other Measures of Investment Policy.** During 2022-2023, in the conditions of the full-scale war, Ukraine and its partners took several important steps that positively impacted the state's investment image. Ukraine acquired the status of an EU candidate member; the EU countries and some other states canceled tariffs and quotas on Ukrainian exports; a transport visa-free regime with the EU was introduced; deferral of tax and customs payments, as well as reporting submission, was implemented; digitization of public services was carried out; the Ukrainian energy system was included in the unified European energy system; Ukrainian businesses demonstrated a high level of flexibility and adaptability, and the country – high resilience and loyalty, etc [15]. A reform aimed at reducing industrial pollution and achieving European environmental standards is being implemented, a necessary condition for international investors to invest in Ukrainian projects. As a result, in 2023, the volume of foreign direct investments in the Ukrainian economy (\$4.25 billion) exceeded even some pre-war years' figures. At the same time, according to international experts, Ukraine can attract up to \$200 billion in private investments. [6].

To support entrepreneurs-investors in regions affected by the war or under the threat of hostilities, Ukraine exempted them from rent payments for several months. In other regions, state property tenants were given a 50% discount (25% for renting entire property complexes). Relocated enterprises paid a symbolic UAH 1 per m<sup>2</sup> for the first six months. Currently, Ukraine is actively implementing the "Made in Ukraine" economic policy, under which UAH 45 billion is provided to support manufacturers [6].

Additionally, to promote investments, Ukraine resumed privatization, deepened deregulation processes, and actively harmonized Ukraine's current legislation with EU norms, particularly improving the customs and tax systems, creating conditions for quick investments. Amendments were made to the law on so-called "investment nannies," expanding the range of potential investors. The preferences previously given to investment projects from €20 million now apply to projects from €12 million lasting up to five years. The list of economic sectors where such projects can be implemented was also expanded: processing industry, extraction of minerals for further processing or enrichment, transport, logistics, education, scientific activities, healthcare, waste management, art, culture, tourism, sports, electronic communications. In 2024, UAH 3 billion was allocated for this program in Ukraine's budget. The total support volume that investors can receive from the state is up to 30% of the investment project's value [6; 8].

Potential investors are offered: exemption from

customs duties and VAT when importing equipment, 10-year exemption from corporate profit tax, equal tax and customs benefits for residents of registered industrial parks, etc [46].

To establish a constant direct dialogue between the government and business, a new economic platform called "Made in Ukraine" was created at the beginning of 2023 as part of the economic policy of the same name. This online service is expected to help the state assess the level of entrepreneurs' satisfaction with public services and identify existing obstacles to business activity in Ukraine and address urgent issues based on entrepreneurs' feedback [44].

By the end of 2024, the *Ukraine Development Fund* is planned to be launched. Its activities will focus on implementing significant capital-intensive investment projects for Ukraine's recovery [2].

**Conclusions.** Solving the problems of an unfavorable investment climate and attracting the necessary investment resources for Ukraine's reconstruction and recovery is impossible without implementing a thoughtful and effective investment policy. Over the past two years, Ukraine has taken several important steps that, even in the conditions of a full-scale war, ensure the inflow of investments into the state's economy (\$4.25 billion in 2023). Priority sectors and industries for stimulating investment have been identified; measures to reduce war risks for foreign and domestic investments are being implemented; work is being done to provide investors with reliable information about the country's investment potential; the infrastructure of investment activities is constantly developing and improving, etc. Improving the investment climate in the Ukrainian economy requires comprehensive, including socio-geographical, studies of the advanced foreign experience of countries that have moved from industrial to post-industrial and informational economies. Without considering this experience, it is impossible to quickly and successfully overcome the difficulties of developing the Ukrainian economy, especially weakened by military actions on its territory. After all, the fourth industrial revolution, actively taking place in the leading countries of the world, is radically changing the "landscape" of the structure of economic and social development. Radical changes are taking place in the structure of the economy, the labor market, the social sphere, social relations, etc. At the beginning of the 21st century, the leading countries of the world are actively transitioning to the so-called "new economy," "knowledge economy," "creative economy." It is the knowledge economy that increasingly determines the competitiveness of sectors of economic potential of countries, regions, etc. This problem lies in the object-subject field of social geography, requiring urgent research and will be further studied by the authors.



27. Нерозкритий інвестиційний потенціал України становить \$63 мільярди [Електронний ресурс] // Укрінформ. – 06. 11. 2020 р. – Режим доступу : <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3131061-nerozkritij-investicijniy-potencial-ukraini-stanovit-63-milardi-smigal.html>
28. Перспективні галузі економіки, прогнози розвитку після війни [Електронний ресурс] // YC.Market. – 26 січня 2024 року. – Режим доступу : <https://blog.youcontrol.market/pierspektivni-ghaluzi-iekonomiki-proghnozi-rozvitku-pislia-viini/>
29. Перун В. Україна і MIGA створюють робочу групу для швидшого залучення коштів на страхування інвестицій [Електронний ресурс] / В. Перун // LB.ua. – 13 листопада 2023 року. – Режим доступу : [https://lb.ua/economics/2023/11/13/584131\\_ukraina\\_i\\_miga\\_stvoryat\\_robochu\\_grupu.html](https://lb.ua/economics/2023/11/13/584131_ukraina_i_miga_stvoryat_robochu_grupu.html)
30. Платформа Advantage Ukraine працює з понад 130 проектами вартістю \$67 мільярдів [Електронний ресурс] // Укрінформ. – 18. 08. 2023 р. – Режим доступу : <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3749907-platforma-advantage-ukraine-pracuje-z-ponad-130-proektami-vartistu-67-milardiv.html>
31. Покришка Д. Страхування інвестицій від воєнних ризиків в Україні [Електронний ресурс] / Д. Покришка, Т. Гейко // Національний інститут стратегічних досліджень. – 05. 06. 2023 р. – Режим доступу : <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/strakhuvannya-investytsiy-vid-voennykh-ryzykiv-v-ukraini>
32. Приймак І. І. Страхування інвестицій від воєнних ризиків: сутність, необхідність та перспективи розвитку в Україні [Електронний ресурс] / І. І. Приймак, Н. А. Тимків // Економіка та суспільство. – 2024. – Вип. 59. – Режим доступу : <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3377/3304>
33. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 843-р від 14 серпня 2013 р. «Про затвердження переліку пріоритетних галузей економіки»: втрачає чинності від 17. 03. 2023 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/843-2013-%D1%80#Text>
34. Оновлена оцінка потреб України на відновлення та відбудову. ПРЕС-РЕЛІЗ № 2024/ECA/063 [Електронний ресурс] // WORLD BANK. – 15 лютого 2024 року. – Режим доступу : <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>
35. Савчук О. Важливий крок до страхування інвестицій через Експортно-кредитне агентство України [Електронний ресурс] / О. Савчук // INTEGRITES. – 14. 12. 2023 р. – Режим доступу : <https://www.integrites.com/uk/publications/adoption-of-bill-no-9015-a-significant-step-in-ukraines-economic-recovery/>
36. Свириденко Ю. Країна можливостей: чому інвестор прийде в Україну [Електронний ресурс] / Ю. Свириденко // Українська правда. – 29 вересня 2022 року. – Режим доступу : <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/09/29/691997/>
37. Сирота Д. Страхування інвестицій та воєнних ризиків в Україні [Електронний ресурс] / Д. Сирота // Сирота, Дзів, Мельник та партнери. – 12. 01. 2024 р. – Режим доступу : <https://sdm-partners.com/novyny/insurance-of-investments-and-military-risks-in-ukraine/>
38. Уряд робить ставку на розвиток чотирьох пріоритетних галузей, які стануть локомотивом для відновлення української економіки [Електронний ресурс] // Урядовий портал – 21 жовтня 2022 року. – Режим доступу : <https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-robyt-stavku-na-rozvytok-chotyrokh-prioryetnykh-haluzei-taki-stanut-lokomotyvom-dlia-vidnovlennia-ukrainskoi-ekonomiky-iuliia-svirydenko>
39. Удалих О. О. Управління інвестиційною діяльністю промислового підприємства / О. О. Удалих. – К. : ЦУЛ, 2006. – 292 с.
40. Ухвалений закон про страхування інвестицій від воєнних і політичних ризиків сприятиме залученню внутрішніх інвесторів та забезпечить підтримку української економіки [Електронний ресурс] // Урядовий портал. – 22 листопада 2023 року. – Режим доступу : <https://www.kmu.gov.ua/news/ukhvalenyi-zakon-pro-strakhuvannya-investytsii-vid-voennykh-i-politychnykh-ryzykiv-spryiatyme-zaluchenniu-vnutrishnykh-investoriv-ta-zabezpechyt-pidtrymku-ukrainskoi-ekonomiky-iuliia-svirydenko>
41. Федорчук О. В. Теоретичні підходи до визначення державної інвестиційної політики [Електронний ресурс] / О. В. Федорчук // Теорія та практика державного управління. – 2019. – № 1 (64). – С. 70-81. – Режим доступу : <https://periodicals.karazin.ua/tpdu/article/view/20654/19400>
42. Федюк В. Інструменти та механізми підтримки інвестиційної діяльності / В. Федюк [Електронний ресурс] // Державне агентство з інвестицій та управління національними проектами України. – Режим доступу : <https://svitppt.com.ua/ekonomika/instrumenti-ta-mehanizmi-pidtrimki-investicijnoi-diyalnosti.html>
43. Чумаченко М. Г. Інвестиційна політика в Україні: досвід, проблеми, перспективи / М. Г. Чумаченко, С. С. Аптекарь, М. Г. Білопольський, Л. О. Абсава, В. І. Артемов; ред.: М. Г. Чумаченко; Акад. екон. наук України. – Донецьк : Юго-Восток, 2003. – 291 с.
44. Шабельніков А. Захист інвестицій від воєнних ризиків: що робить держава [Електронний ресурс] / А. Шабельніков // Національна асоціація адвокатів України. – 12. 03. 2024 р. – Режим доступу : <https://unba.org.ua/publications/8914-zahist-investicij-vid-voennykh-rizikiv-sho-robit-derzhava.html>
45. Яценко А. В. Формування інвестиційної політики зі стратегічних позицій розвитку України [Електронний ресурс] / А. В. Яценко // Інвестиції: практика та досвід. – 2010. – № 8. – С. 12-17. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd\\_2010\\_8\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2010_8_5)
46. Advantage Ukraine [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://advantageukraine.com/ua/>
47. Arons S. Ukraine Reconstruction May Cost \$1.1 Trillion, EIB Head Says [Електронний ресурс] / S. Arons // Bloomberg. – 21. 06. 2022. – Режим доступу : <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-06-21/ukraine-reconstruction-may-cost-1-1-trillion-eib-head-says>
48. Ukraine Facility [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/>
49. UNDP. The SDGs in action. URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
50. Bilgin Mehmet Huseyin, Gozgor Giray & Karabulut Gokhan (2018, September). How Do Geopolitical Risks Affect Government Investment? An Empirical Investigation. Defence and Peace Economics, 31 (5), 550-564. URL: <https://doi.org/10.1080/10242694.2018.1513620>
51. Bocquillon Pierre, Doyle Suzanne, James Toby S., Mason Ra, Park Soul & Rosina Matilde (2024, April). The effects



21. Investment passport of Dyakovytsia territorial community. Dyakovytsia territorial community. URL: [https://dyakovytsia.org.ua/sites/default/files/inline-images/1\\_3.png](https://dyakovytsia.org.ua/sites/default/files/inline-images/1_3.png) [in Ukrainian].
22. Zaporizhzhia Investment Passport. City Development Institute of Zaporizhzhia, Municipal Institution of Zaporizhzhia City Council. URL: <https://www.irmzp.org.ua/wp-content/uploads/2023/06/InvestPass-Zaporizhzhia-2023-web.pdf> [in Ukrainian].
23. Niemets, L. M., & Sehida, K. Yu. (Eds.) (2017). *The innovative-investment potential as the regional competitiveness base (a case study of Kharkiv region)*. Kharkiv, Ukraine : V. N. Karazin KhNU [in Ukrainian].
24. Keins, Dzh.-M. (1936). *The General Theory of Employment, Interest, and Money*. Biblioteka im. L. Kanishchenka Zakhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu – L. Kanishchenko Library of West Ukrainian National University. URL: [http://library.wunu.edu.ua/files/EVD/book\\_keyns\\_otzpd.pdf](http://library.wunu.edu.ua/files/EVD/book_keyns_otzpd.pdf).
25. Ministry of Economy of Ukraine defined the priority sectors that require special support during the war (2022). Ministry of Economy of Ukraine. URL: <https://www.me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=cbdccfec-285d-43b0-9068-28876b470d45&title=MinekonomikiViznachiloPrioritetniGaluzi-SchoPotrebuiutOsoblivoiPidtrimkiPidChasViini> [in Ukrainian].
26. The Ministry of Economy Is Introducing Several Investment Attraction Mechanisms in Cooperation with MIGA and the World Bank (2022). Government portal: Official website. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/minekonomiky-zaprovadzhuie-dekilka-mekhanizmi-v-zaluchennia-investytsii-u-spivpratsi-z-miga-ta-svitovym-bankom> [in Ukrainian].
27. Unrealized investment potential of Ukraine is \$63 billion (2020). Ukrinform. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3131061-nerozkritij-investicijnij-potencial-ukraini-stanovit-63-milardi-smigal.html> [in Ukrainian].
28. Promising sectors of the economy, forecasting development after the war (2024). YC. Market. URL: <https://blog.youcontrol.market/pierspektivni-ghaluzi-iekonomiki-proghnozi-rozvitku-pislia-viini/> [in Ukrainian].
29. Perun, V. (2023). Ukraine together with MIGA agreed on the creation of a working group to speed up the investor insurance process. LB.ua. URL: [https://lb.ua/economics/2023/11/13/584131\\_ukraina\\_i\\_miga\\_stvorvat\\_robochu\\_grupu.html](https://lb.ua/economics/2023/11/13/584131_ukraina_i_miga_stvorvat_robochu_grupu.html) [in Ukrainian].
30. The Advantage Ukraine platform works with more than 130 projects worth \$67 billion (2023). Ukrinform. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3749907-platforma-advantage-ukraine-pracue-z-ponad-130-proektami-vartistu-67-milardiv.html> [in Ukrainian].
31. Pokryshka, D., & Heiko, T. (2023). Insurance of investments against war risks in Ukraine. National Institute for Strategic Studies. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/strakhuvannya-investytsiy-vid-voyennykh-ryzykiv-v-ukrayini> [in Ukrainian].
32. Pryimak, I. I., & Tymkiv, N. A. (2024). Insurance of investments against war risks: essence, necessity and prospects. *Economy and society*, 59. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3377/3304> [in Ukrainian].
33. Order of the Cabinet of Ministers «On approval of the list of economy priority sectors» from August 14, 2013, № 843-r (March 17, 2023). Verkhovna Rada of Ukraine. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/843-2013-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
34. Ukraine rapid damage and needs assessment (RDNA3) (2024). Pres-Reliz № 2024/ECA/063. World Bank. URL: <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released> [in Ukrainian].
35. Savchuk, O. (2023). Important step to investment insurance through Export Credit Agency of Ukraine. *Integrites*. URL: <https://www.integrites.com/uk/publications/adoption-of-bill-no-9015-a-significant-step-in-ukraines-economic-recovery/> [in Ukrainian].
36. Svyrydenko, Yu. (2022). Ukraine is a country of great opportunities: why do foreigners invest in Ukraine. *Ukrainian Pravda*. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/09/29/691997/> [in Ukrainian].
37. Syrota, D. (2024). Insurance of Investments and War Risks in Ukraine. Syrota, Dzis, Melnyk ta partnery – Syrota Dzis Melnyk & partners. URL: <https://sdm-partners.com/novyny/insurance-of-investments-and-military-risks-in-ukraine/> [in Ukrainian].
38. The government is betting on development in four priority industries that will become the Ukrainian economy's engine for the recovery (2022). Government portal: Official website. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-robyt-stavku-na-rozvytok-chotyrok-priorytetnykh-haluzei-iaki-stanut-lokomotyvom-dlia-vidnovlennia-ukrainskoi-ekonomiky-iuliiia-svyrydenko> [in Ukrainian].
39. Udalykh, O. O. (2006). *Management of investment activities of an industrial enterprise*. Kyiv, Ukraine: TsUL [in Ukrainian].
40. Adopted law on investment insurance against war and political risks will help attract domestic investors and support Ukraine's economy (2023). Government portal: Official website. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/ukhvalenyi-zakon-pro-strakhuvannia-investytsii-vid-voienykh-i-politychnykh-ryzykiv-spryiatyme-zaluchenniu-vnutrishnikh-investoriv-ta-zabezpechyt-pidtrymku-ukrainskoi-ekonomiky-iuliiia-svyrydenko> [in Ukrainian].
41. Fedorchak, O. V. (2019). Theoretical approaches to the definition of state investment policy. *Theory and Practice of Public Administration*, 1 (64), 70-81. URL: <https://periodicals.karazin.ua/tpdu/article/view/20654/19400> [in Ukrainian].
42. Fediuik, V. (2013). Tools and mechanisms to support investment activity. State Agency for Investment and National Projects of Ukraine. URL: <https://svitppt.com.ua/ekonomika/instrumenti-ta-mekhanizmi-pidtrimki-investicijnoi-diyalnosti.html> [in Ukrainian].
43. Chumachenko, M. H., Aptekar, S. S., Bilopolskyi, M. H., Absava, L. O., & Artemov, V. I. (2003). *Investment policy in Ukraine: experience, problems, prospects*. Donetsk, Ukraina: Yuho-Vostok [in Ukrainian].
44. Shabelnikov, A. (2024). Protecting investments against war risks: what the state does. Ukrainian National Bar Association. URL: <https://unba.org.ua/publications/8914-zahist-investicij-vid-voennih-rizykiv-sho-robit-derzhava.html> [in Ukrainian].
45. Yatsenko, A. V. (2010). Formation of investment policy from strategic positions of development of Ukraine. *Investments: practice and experience*, 8, 12-17. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd\\_2010\\_8\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2010_8_5) [in Ukrainian].

46. Advantage Ukraine. <https://advantageukraine.com/ua>. URL: <https://advantageukraine.com/ua/> [in Ukrainian].
47. Arons, S. (2022). *Ukraine Reconstruction May Cost \$1.1 Trillion, EIB Head Says*. Bloomberg. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-06-21/ukraine-reconstruction-may-cost-1-1-trillion-eib-head-says>
48. Ukraine Facility. URL: <https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/> [in Ukrainian].
49. UNDP. *The SDGs in action*. URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
50. Bilgin Mehmet Huseyin, Gozgor Giray & Karabulut Gokhan (2018, September). *How Do Geopolitical Risks Affect Government Investment? An Empirical Investigation*. *Defence and Peace Economics*, 31 (5), 550-564. URL: <https://doi.org/10.1080/10242694.2018.1513620>
51. Bocquillon Pierre, Doyle Suzanne, James Toby S., Mason Ra, Park Soul & Rosina Matilde (2024, April). *The effects of wars: lessons from the war in Ukraine*. *Policy Studies*, 45 (3-4), 261-281. URL: <https://doi.org/10.1080/01442872.2024.2334458>
52. Getzner Michael (2020, May). *Regional development and foreign direct investment in transition countries: a case-study for regions in Ukraine*. *Post-Communist Economies*, 32 (6), 813-832. URL: <https://doi.org/10.1080/14631377.2020.1745564>
53. Heidbreder Eva G. (2024, February). *Withering the exogenous shock: EU policy responses to the Russian war against Ukraine*. *West European Politics*, 47 (6), 1392-1418. URL: <https://doi.org/10.1080/01402382.2023.2291971>
54. Olsen Robert A. (2019, January). *Investment Risk: The Experts' Perspective*. *Financial Analysts Journal*, 53 (2), 62-66. URL: <https://doi.org/10.2469/faj.v53.n2.2073>
55. Rabinovych Maryna (2019, April). *EU's development policy vis-à-vis Ukraine after the Euromaidan: securitisation, state-building and integration*. *East European Politics*, 35 (3), 332-350. URL: <https://doi.org/10.1080/21599165.2019.1604338>
56. Raik Kristi, Blockmans Steven, Osypchuk Anna & Suslov Anton (2024, January). *EU Policy towards Ukraine: Entering Geopolitical Competition over European Order*. *The International Spectator – Italian Journal of International Affairs*, 59 (1), 39-58. URL: <https://doi.org/10.1080/03932729.2023.2296576>
57. Szczepanska Kamila, Barbasiewicz Olga & Voytsekhovska Viktoriya (2024, July). *Responding to the crisis: Japan's changing foreign policy and ODA to Ukraine (2014–2023)*. *The Pacific Review*. URL: <https://doi.org/10.1080/09512748.2024.2369191>
58. Teremetskyi Vladyslav, Valihura Volodymyr, Slatvinska Maryna, Bryndak Valentyna & Gutsul Inna (2024, January). *Tax policy of Ukraine in terms of martial law*. *Policy Studies*, 45 (3-4), 293-309. URL: <https://doi.org/10.1080/01442872.2024.2306958>

## Інвестиційна політика України в умовах повномасштабної війни: першочергові заходи та перспективи на майбутнє

Наталія Гусєва<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент кафедри соціально-економічної географії і  
регіоналістики імені Костянтина Немця

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна;

Олексій Немець<sup>1</sup>

аспірант кафедри соціально-економічної географії і  
регіоналістики імені Костянтина Немця

Вирішення проблем несприятливого інвестиційного клімату та залучення необхідних для відбудови і відновлення України інвестиційних ресурсів неможливе без впровадження продуманої та ефективної інвестиційної політики. Дана стаття присвячена дослідженню інвестиційної політики України в умовах повномасштабної російської агресії та обґрунтуванню можливих напрямів її вдосконалення на основі сучасних зарубіжних підходів. За два останні роки Україна, спираючись на досвід зарубіжних країн, які вже мають досвід регулювання інвестиційної діяльності в умовах воєнного стану, зробила ряд важливих заходів, які навіть в умовах повномасштабної війни забезпечують приток інвестицій в економіку держави (4,25 млрд. дол. в 2023 році). Визначено пріоритетні сфери і галузі економіки для стимулювання залучення інвестицій до них, впроваджуються заходи із зменшення воєнних ризиків для іноземних і вітчизняних інвестицій, проводиться робота із забезпечення інвесторів достовірною інформацією про інвестиційний потенціал країни, постійно розвивається і вдосконалюється інфраструктура інвестиційної діяльності. Серед інших заходів державної інвестиційної політики слід відзначити: відновлення приватизації, поглиблення дерегуляційних процесів, гармонізація чинного законодавства України з нормами ЄС, зокрема щодо вдосконалення митної та податкової систем, створення умов для швидких інвестицій, внесення змін до закону про так званих «інвестиційних нянь», що розширює коло потенційних інвесторів тощо. Також було зроблено ряд важливих кроків, які позитивно вплинули на інвестиційний імідж держави. Так, Україна набула статусу кандидата на членство в ЄС; країни ЄС та деякі інші країни скасували мита і квоти на український експорт; було введено транспортний безвізовий режим з ЄС; відстроено сплату податкових та митних платежів, а також подачі звітності; проведено діджиталізацію державних послуг; українську енергосистему включено до об'єднаної енергосистеми Європи; український бізнес проявив досить високий рівень гнучкості та адаптивності, а країна – високу стійкість і лояльність тощо.

**Ключові слова:** інвестиції, державна інвестиційна політика, Україна, повномасштабна війна, пріоритетні галузі економіки, страхування інвестицій від воєнних ризиків, інвестиційна платформа «Advantage Ukraine», інвестиційний паспорт, інвестиційний потенціал, індустриальні парки, Ukraine Facility, креативна економіка, суспільна географія, цілі сталого розвитку.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 15 квітня 2024 р.

Прийнята 17 травня 2024 р.

## Ethno-tourism potential of the Shaki-Zagatala economic region: opportunities and challenges

Zaur Imrani <sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor,

<sup>1</sup> Institute of Geography named after Academician Hasan Aliyev, Baku, Azerbaijan,

e-mail: [zaur\\_imrani@mail.ru](mailto:zaur_imrani@mail.ru),  <https://orcid.org/0000-0002-0606-3753>;

Bayimkhanim Huseynova <sup>1</sup>

PhD student, Junior Researcher,

e-mail: [nane\\_huseynova@yahoo.com](mailto:nane_huseynova@yahoo.com),  <https://orcid.org/0000-0003-0975-0302>

### ABSTRACT

**Problem statement.** The ethnic tourism potential of the Shaki-Zagatala economic region, which is one of the regions with a rich ethnic composition of Azerbaijan, the usage possibilities of ethno-tourism and the emerging problems were investigated in the research paper. Studying the ethno-tourism opportunities of the region is fairly important in terms of recognition of the area from an ethnic point of view, employment of the local population and protection of ethno-diversity.

**Purpose.** The primary aim of the research is to study the current state of ethnic tourism in the region, explore the possibilities of using it, and for this, conduct a SWOT analysis and prepare a development model for eliminating the emerging problems. It is also necessary to explore potential areas for ethno-tourism in the region and prepare an ethno-tourism route for this.

**Research methods.** To carry out research in the area, literature and archive materials were examined, statistical materials were obtained, structural-functional analysis, generalization, and historical and geographic modelling methods were used. Along with this, field research works were also conducted to get to know the region more closely and to study cultural-heritage tourism opportunities.

**Research results.** As a result of the conducted research, it was found that the region has a very rich ethnic composition and it is possible to witness this diversity in all districts. Although the region has rich ethno-tourism opportunities, they are still underutilized. This is due to the extremely low level of production and social infrastructure in the economic region. Unequivocally, although the social infrastructure is convenient in the ethno-diverse villages located near the district centres, the quality of the infrastructure decreases while moving away from the district centre. The second essential problem of the region is the lack of guest houses and hotels for overnight stays in the area or the location of most of them in the district centre and adjacent villages.

**Conclusion.** Taking into the general situation, it is possible to develop tourism, especially ethno-tourism, in the Shaki-Zagatala economic region, which is relatively backward in terms of sustainable development. To ensure the comfort of the tourists coming to this region, the construction or repair of roads along the ethno-tourism route, and the organization of catering and accommodation services are among the main priorities. The development of this type of tourism in the region will eliminate the problem of unemployment among the population in these places, assist in increasing the income of the population, and play a special role in protecting the ethnic diversity of the country and putting it on the map.

**Keywords:** Azerbaijan, Shaki-Zagatala, ethnic minorities, ethnic tourism, ArcGIS, cultural heritage, SWOT, development model.

**In cites:** Imrani Zaur, Huseynova Bayimkhanim (2024). Ethno-tourism potential of the Shaki-Zagatala economic region: opportunities and challenges. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 215-230. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-15>

**Introduction and research status.** The Republic of Azerbaijan is among the countries distinguished by the diversity of the national-ethnic composition of its population. Representatives of more than 20 ethnic and national minorities have settled in the country. The primary reason why the country's national and ethnic composition is so diverse is the migration processes that took place in the area historically, the invasion of the area by foreign invaders and the settlement of the peoples who took refuge in the ancient lands of Azerbaijan. Shaki-Zagatala economic region is one of the regions of the country that is distinguished by the diversity of its national and ethnic composition. About 17,0% of the population of the economic regions are constituted by national and ethnic minorities [46]. This indicates the high opportunity of using the ethno-tourism potential of the area.

Before studying the ethno-tourism possibilities of the Shaki-Zagatala economic region, it is necessary to look at the explanation of the term "ethnic". According to historical sources, it can be enunciated that the word "ethnic" was a term used in Ancient Greece, which was used by the Dorians, Ionians and others to distinguish ethnic groups from each other [13]. The term was later used to refer to non-Jewish groups. In the middle of the 15th century, Jewish and non-Christian groups began to be called "ethnic peoples" [18]. Based on the above-mentioned, it can be enunciated that the usage area of the term "ethnic" has gradually decreased. This was probably related to the integration of civilization, globalization and the creation of a new innovative technological society.

**But what is ethno-tourism or ethnic tourism?** According to some researchers, ethnic tourism

is a type of tourism that aims to visit places of birth, relatives or friends's residences and it can be identified with nostalgia [26]. Ethno-tourism is a type of cultural-heritage tourism, which means understanding the cultures of different peoples [14; 42]. According to R. Wood, ethno-tourism is the interest of tourists in various forms of intercultural interaction [21; 31]. Ethno-tourism is also defined as a type of tourism in which people are motivated by the search for exotic cultural experiences [16]. According to L. Yang, ethnic tourism has emerged as a tool used by many countries to facilitate economic and cultural development and to help preserve ethnic heritage [33; 34; 35]. This branch of tourism has gained popularity since the end of the 20th century. The term ethnic tourism was first used in 1977 by D. Smith. D. Smith defined this type of tourism as the communication of "unusual" traditions of locals, especially "exotic" peoples to the public [24; 25]. This idea can be accepted correctly because it is known that today in many countries and regions of the world, the concept of "ethnicity" is promoted to attract tourists, earn income and bring foreign currency into the country [12]. Currently, ethno-tourism is widely used in many countries of the world for the purpose of ensuring economic and cultural development [8]. Generally speaking, tourism strengthens ethnic identity by promoting ethnic cultures, traditions, and ethnic events such as festivals, etc. [24; 25]. This, in turn, helps ethnic minorities to convey their traditions to the world, as well as to earn income. Undoubtedly, ethnic tourism is used in many countries of the world, and the main purpose of its use is to facilitate economic and cultural development and to help preserve ethnic heritage.

In our modern times, quite a lot of research has been done on how ethno-tourism affects the host country [32; 29; 27; 25; 17, 23]. Some studies have shown that ethno-tourism can have negative effects such as cultural heritage and environmental destruction [3; 4; 5; 6; 15; 25; 30]. Although ethno-tourism provides social and economic opportunities for a country or region, it can also negatively affect the lives and culture of ethnic groups. The commodification and marketing of ethnicity can cause anxiety among ethnic minorities. In many places, there is growing concern about how to balance the use of ethnicity as a tourist attraction with the preservation of ethnic minority cultures and the promotion of the ethnic group [22]. According to V. Berghe, ethno-tourism creates a situation similar to a "human zoo". In other words, their photos, videos and lifestyles are taken without their permission [28]. Taking these into account, it is necessary to use ethno-tourism in such a way that ethnic groups make efforts to develop this type of tourism and their socioeconomic interests are ensured. One of the main factors that is

important to consider here is the ability of ethnic groups to use ethno-tourism as their source of income. In areas with dense populations of ethnic groups, a small number of ethnic groups present their handiwork for visiting tourists, show the methods of its preparation, and host visitors in their homes. In addition, many ethnic groups perform national dances and serve national foods for visiting guests. In this case, it is possible to attract the interest of tourists, especially foreign tourists. Surely, the satisfaction and interest of tourists affect the number of tourists who can come in the following years. The issue of the promotion of ethnic tourism and ethnic groups of that area has a great role. That is, by showing their national values to tourists, ethnic groups can support the economic development of both themselves and the area they live in, and play an important role in the creation of new job opportunities.

It should also be noted that ethnic tourism is a multifaceted sector, a type of tourism with various options for development, such as rural tourism, national dance, national music, and so on [19; 20]. This type of tourism is highly dependent on the knowledge and values of the local people. Ethno-tourism is ideal for community-based tourism enterprises and has the potential for smart partnerships with established entrepreneurs. Local ownership of ethno-tourism products is easy to achieve and boosts the local economy. Small- and medium-scale ethno-tourism products are usually booked and paid for locally, thereby reducing capital outflows from the country and community [2]. That is, the local population can use their knowledge and skills to sell their local products and receive product orders from foreign countries. In this way, they can establish their small businesses to ensure their income and to promote the development of the area where they live. From this point of view, it is very important to study the national ethnic composition of the area, their customs and ways of turning these abilities into "marketable products".

As in the world countries, a lot of work has been done in the field of protecting the ethnic characteristics and cultures of ethnic minorities in Azerbaijan [11]. However, scientific research works related to ethnic tourism were not carried out at a sufficient level, and ethno-tourism was not promoted at a sufficient level, which was evident in the number of ethnic tourism enthusiasts and tourists who came to Azerbaijan.

The essential purpose of the research is to study the ethnic tourism potential in the Shaki-Zagatala economic region, to use this potential to increase the socio-economic power of the region and to prepare a development model to overcome the problems encountered. Moreover, the analysis of socio-cultural



issues related to ethno-tourism and the preparation of a suitable strategy for the development of this field of tourism in the Shaki-Zagatala economic region were considered. Therefore, the following tasks have been set for this:

- studying the ethnic composition and determining the modern settlement areas of ethnic minorities;
- compiling historical and cultural monuments and museums related to minority ethnic groups, mapping the obtained data and studying their traditions (music, folklore, cuisine, etc.);
- development of a special development model for determining ways of using ethno-tourism and solving problems;
- analysis of socio-cultural issues related to ethno-tourism and preparation of a development strategy for the field of ethnic tourism.

**Theoretical and practical importance of the research work.** The rich natural conditions of the area, the wealth of historical and cultural monuments, as well as the diversity of the ethnic composition can stimulate the development of ethno-tourism in the area. This indicates the importance of research from a theoretical point of view. Theoretically, numerous Azerbaijani scientists have studied the natural, historical and ethnic richness of the area. As an example, Z.T. Imrani, K.Z. Zeynalova, G.J. Javadov, N.R. Jafarova and others can be mentioned.

The development of ethno-tourism in the region can directly affect the preservation of historical monuments, the creation of new job opportunities

for the population based on ethnic tourism, and the development of social infrastructure and service areas, which indicates the high practical importance of the research.

**Material and methods.** The research work was carried out mainly in three stages. The first stage is the acquisition of literature and archive materials; the second stage is conducting field research; and the third stage is the preparation of the settlement map of ethnic groups and the map of historical and cultural objects and tourism routes based on the conducted research (Figure 1).

In the first stage of the research work, it is necessary to become familiar with the terms of tourism, including ethno-tourism, to study the ethno-tourism potential of Azerbaijan, to get acquainted with the works of scientists conducting scientific research in this field in Azerbaijan and around the world. Thus, in the research of the historical part of the research work, mainly the works of G.J. Javadov (2000), Z.M. Bunyadov (1989), F. Mammadova (2021) and other scientists, the collection of Azerbaijani toponyms, to study the development of the tourism sector in Azerbaijan, as well as ethnic tourism Z.T. Imrani's (2016, 2021), E.A. Ismayilova's (2017) scientific-research works, the data of the state statistics committee to assess the development dynamics of the tourism sector in the country, in the study of ethnic tourism on a world scale and in obtaining data in this field L. Yang, G. Wall (2013, 2023), J. Henderson (2003), R. Wood, D. Camison, J. Ryan, M. Aiken, E. Ismayilova (2017) and others, to conduct

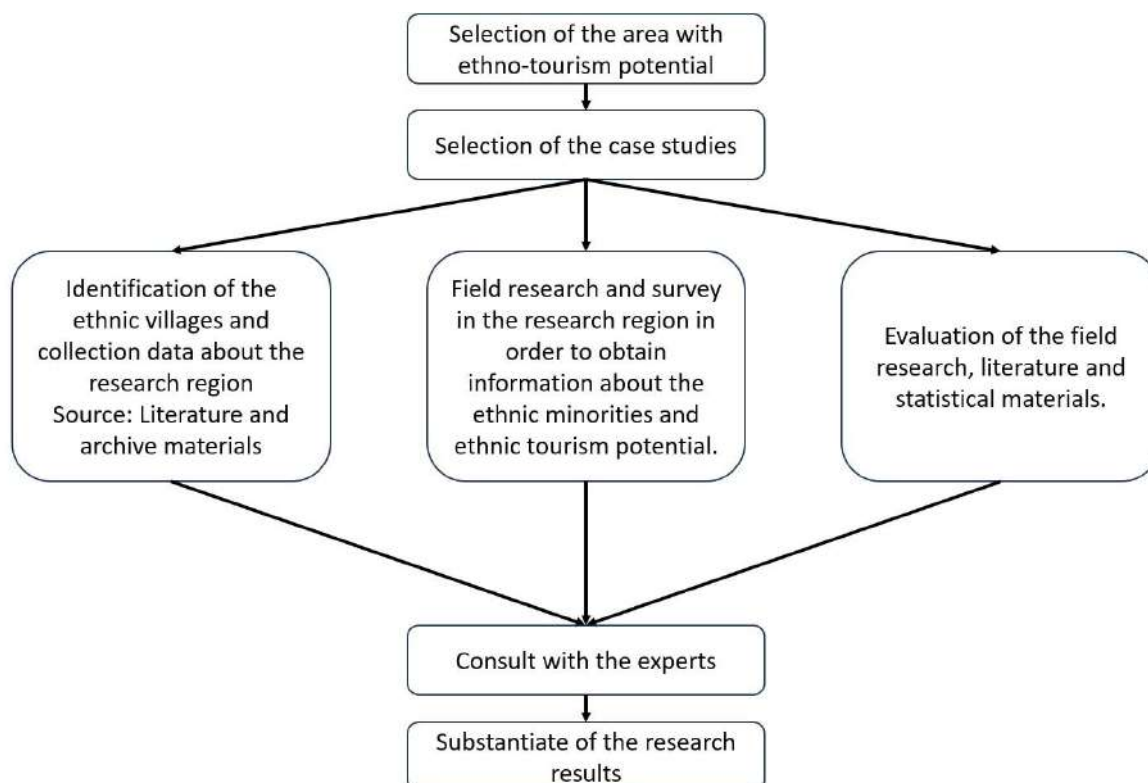


Fig. 1. Research procedure

SWOT analysis A. Harbiankova (2022), L. Gertsbergin (2022) and others research were scrutinised.

The second stage of the research is based on field research in the Shaki-Zagatala economic region during October-November 2023. With the help of local communities, the ethnicity of the economic region, the tourism potential of villages and settlements were studied, the current situation was closely familiarized with the local population, and the opinions and suggestions of the local population were recorded. The questionnaire was conducted in all administrative districts included in the economic

region, especially in the villages of these districts densely populated by ethnic minorities. During the survey process, 500 questionnaires were distributed to 5 ethnic groups (Avar, Tsakhur, Lezgin, Udi, Inghiloi) and 480 of these questionnaires were answered. In addition, teachers, executive representatives, mayors and people who organize tours to the area as amateurs participated in the survey.

According to the result of the survey (Table 1), it can be concluded that the region has a rich ethno-tourism potential and its development in the region may create several opportunities for the locals.

Table 1

Ethnic minorities' perception about ethnic tourism potential and its economic impact in the economic region

Statements*	Yes	No	Not sure	Total
Your village has the ethno-tourism (ET) potential	89%	11%	0%	100%
ET promotes local economic development	85%	12%	3%	100%
ET creates more business opportunities	78%	21,8%	0,2%	100%
ET improves living standards	77%	22%	1%	100%
ET increases locals' income	69%	20%	1%	100%
ET improves social infrastructure	88%	9,7%	2,3%	100%

\*The survey was conducted at the villages where most of the population was accounted for by ethnic minorities and rich in the culture.

The third stage is the selection of ethnically diverse villages of the region, determination of the natural and cultural-heritage potential of the surrounding areas of the villages, preparation and justification of ethno-tourism routes, and as a result of this, the preparation of maps.

The research work was carried out using several methods. Thus, conventional methods, such as comparative analysis to compare tourism indicators in the region, a historical method to investigate the distribution and settlement of ethnic groups in the area, field research method to get to know the current situation in the region; non-conventional methods, such as SWOT analysis, cartographic (ArcGIS) for data mapping, and modelling methods for developing a development model were used.

**Research area.** Shaki-Zagatala economic region stretches along the southern foothills of the Greater Caucasus Mountains and covers the north-western part of the Republic of Azerbaijan. There are 6 cities, 7 small towns, and 336 rural settlements in the economic region. The total area of the region is 8,8 thousand km<sup>2</sup>, and its population is 623,6 thousand people [38; 47]. In addition to Azerbaijanis, representatives of more than 10 minority ethnic groups have settled in the region. Avars mainly settled in the Balakan and Zagatala districts, Lezgins mainly in the Gabala, Shaki, and Oghuz districts, Tsakhurs in the Zagatala and Gakh districts, and Inghilois mainly in the Gakh and partially in the Balakan districts [9]. Turning to the national-ethnic composition of the population, Azerbaijanis account

for 83,1% of the population, and these figures are 7,9% for Avars, 4,0% for Lezgins, 2,2% for Tsakhurs, 1,6% for Georgians and Inghilois, 0,6% for Udis, and 0,6% for other ethnic and national minorities (Figure 2) [46].

Having various national and ethnic compositions has affected the traditional lifestyle of the population settling in any area, the formation of the natural-historical structure, the preservation of the cultural heritage, etc., which causes the interest of tourists visiting the economic region, stimulates their tourism activities for understanding [41].

**Result and discussion.** Shaki-Zagatala economic region is one of the developed areas of the Republic of Azerbaijan in terms of tourism. The tourism sector has high socio-economic and political potential and can increase and develop the effective activity of the state and various regions [1].

If we look at the dynamics of tourism indicators in the economic region, the number of hotels and similar enterprises in the region increased in the last decades, and the number of rooms doubled. In the same way, an increase in the one-time capacity, the number of accommodated persons and the number of overnight stays was recorded (Table 2). Based on the data, it can be enunciated that the Gakh, Gabala and Shaki districts have a special role in tourism indicators in the economic region.

As for the amount of income and expenses obtained from hotels and similar enterprises in the Shaki-Zagatala economic region, it can be said that the amount of both income and expenses increased

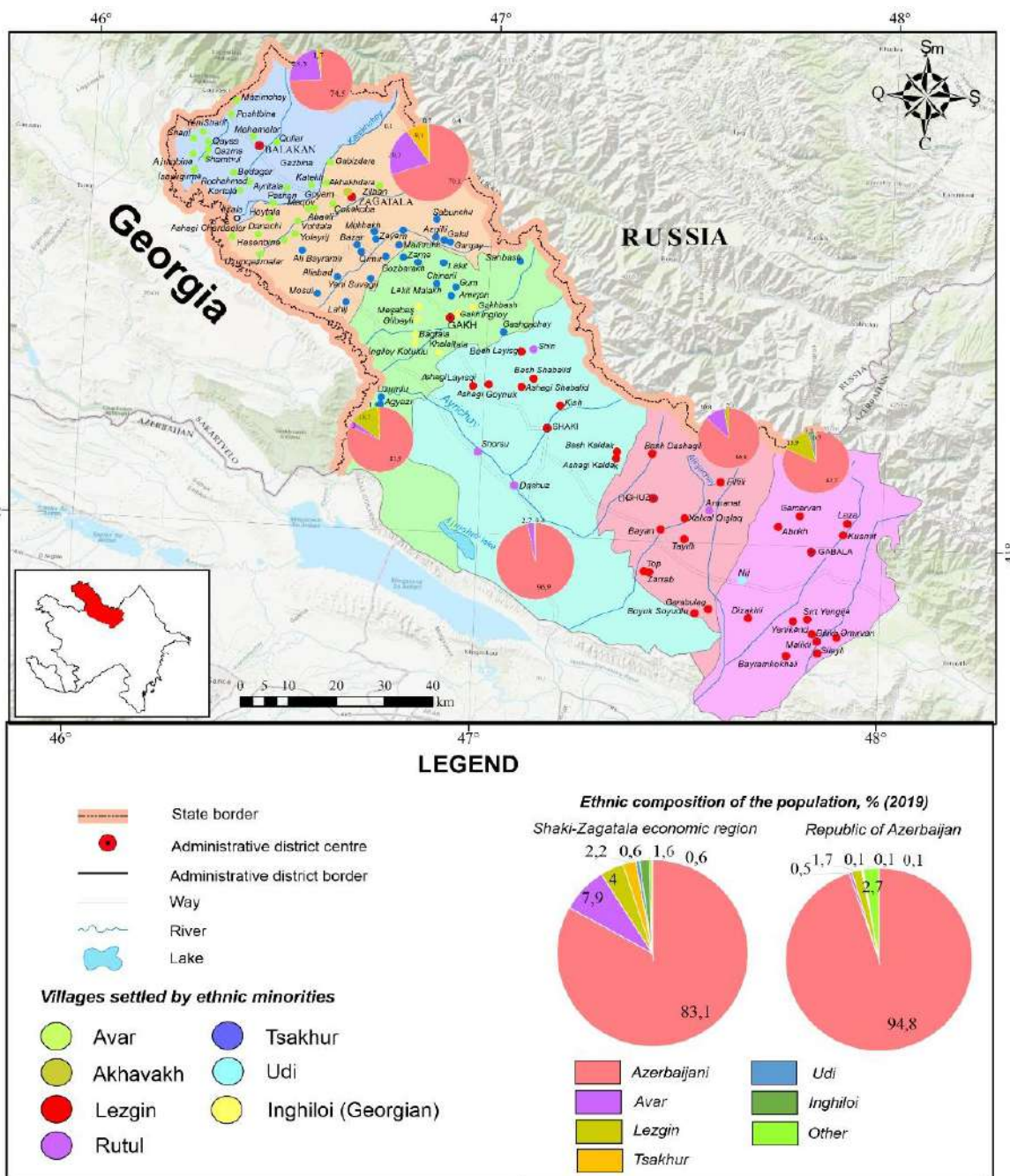


Fig. 2. National and ethnic composition map of the research area

Table 2

The main tourism indicators of the Shaki-Zagatala economic region

Districts	The number of hotels			The number of rooms			One-time capacity			The number of accommodated persons			The number of overnight stays		
	2010	2015	2022	2010	2015	2022	2010	2015	2022	2010	2015	2022	2010	2015	2022
Balakan	1	3	3	24	99	95	48	216	208	582	2363	3498	582	6544	5110
Gakh	10	11	18	212	225	331	484	564	862	3327	3525	13347	21194	13582	21771
Gabala	10	9	23	267	196	1157	602	503	2725	24330	5909	98728	25666	7653	171998
Oghuz	3	3	3	43	62	62	113	138	138	2668	1095	1312	2668	1194	1312
Shaki	15	17	18	269	320	354	576	785	786	6319	12826	7104	7471	15293	10152
Zagatala	11	11	13	155	170	178	357	377	395	4554	5562	8853	5293	6798	10245
Region	50	54	78	970	1072	2177	2180	2583	5114	41780	31280	132842	62874	51064	220588

Source: (Regions of Azerbaijan, 2023).

in the economic region in the last decades, and in 2022, the income in other regions except the Balakan district exceeded the costs (Table 3). Based on the indicators, although tourism in the region has developed compared to other regions of the country, there are still serious problems in the general tourism sector.

The presented indicators cover the general tourism sector in the Shaki-Zagatala economic region. Economic indicators related to ethnic tourism are generally not registered. Moreover, ethnic tourism has been developed only in a few villages of the

economic region. Although the ethnic composition of the population in the urban places is complex, the main part of the population is constituted by Azerbaijanis. In the settlements, the population of only three settlements consists of ethnic minorities. These are the settlements of Gabaghchol of the Balaken district, Nij settlement of the Gabala district, and Aliabad settlement of the Zagatala district. Among the villages, 39 in the Zagatala district, 29 in the Balakan district, 23 in the Gakh district, 13 in the Oghuz district, and 12 villages in the Shaki district are distinguished by their ethnic composition [10].

Table 3

Incomes and expenses of the hotel and hotel-type enterprises in the Shaki-Zagatala economic region

Districts	Incomes of hotels and hotel-type enterprises (in thousand manats)			Expenses of hotels and hotel-type enterprises (in thousand manats)		
	2010	2015	2022	2010	2015	2022
Balakan	9,4	344,4	324,3	10,6	570,7	535,2
Gakh	648,4	569,2	1839,3	524,7	450,7	1292,6
Gabala	717,5	382,8	28613,4	776,6	328,2	25113,6
Oghuz	132,1	56,0	109,1	78,3	68,1	98,6
Shaki	2210,5	1068,9	1103,3	609,6	3636,2	940,7
Zagatala	276,0	212,8	360,8	242,4	206,5	326,0
By region	3993,9	2534,1	32350,2	2242,2	5260,4	28306,7

Source: (Tourism in Azerbaijan, 2023).

Although there are several villages with a rich ethnic composition in the Shaki-Zagatala economic region, the tourism potential and opportunities of all of them are not at the level that they should be included in the ethnic tourism centres. Any historical monument, buildings, folklore group, museum, etc., which will reflect the history and culture of the ethnic minorities, are necessary for the development of tourism opportunities in these villages. There are no such important tourist facilities in some villages.

The Nij settlement is particularly different from the other settlements with touristic opportunities in the region. In other settlements, these opportunities are almost non-existent. Thus, the Nij settlement of Gabala district is mainly inhabited by Udis. This settlement received the status of a village until 2005, and then a settlement. Approximately 60% of the population of the town are Udis, and the rest are Azerbaijanis and Lezgins [39]. Nij settlement is far from the district centre, it is located 40 km away from Gabala district.

There is a lot of information about the history of the Udis living in the town. One of them is the fact that the Udis are descendants of the Utis, one of the 26 tribes living in Ancient Caucasian Albania [43]. The Udis settling in the Nij settlement worship the Orthodox branch of Christianity, while the remaining population of the settlement (Lezgins and Azerbaijanis) worship the Muslim religion. About the religious beliefs of the Udis, Z.Bunyadov writes

that when the Arabs occupied the lands of Azerbaijan, there was an attempt to subjugate the tribes living in the territory of Azerbaijan, including the Udis, to the Orthodox Church [37]. As a result, the Albanian language is excluded from being the language of worship. As a sign of protest, the Udis worshipped in their temples for many years, and in their own homes after the abolition of the Albanian temples. There are currently three churches operating in the Nij settlement. One of them is the Church of Jotaari, named after St. Elysæus, and the others are the churches of Tsilin and Bulun. In addition, one of the interesting tourist objects in Nij settlement is the “Azerbaijan Udi heart” located in the Gojabeyli neighbourhood. “Azerbaijan Udi Heart” ethnographic park museum was established in 2018 based on the decree of the President of the Republic of Azerbaijan. Covering an area of more than 3,5 ha, the park museum houses exhibits that reflect the history and lifestyle of Udis. The centre was built on a wooden house at the end of the 17th century. Apart from that, visitors can get acquainted with modern Udi language books at the centre (Figure 3).

“Mayovka” is one of the main holidays of Udi considered among the Caucasian peoples. The people of Udi have their Caucasian clothes, national cuisine and traditions. Common Caucasian elements, especially Azerbaijani elements, prevail in the style of clothing of Udis. With a very rich cuisine, the Udis are said to have 60 types of food [44].



*Azerbaijan Udi Heart*



*Jotaari Church*



*Tsilin Church*



*Bulun Church*

Fig. 3. Historical and cultural monuments of the Nij settlement  
 Note: The photographs were taken by the authors during the research.

However, it should be noted that there are no inns, hotels or guesthouses for tourists to spend the night in the town of Nij.

If we analyze the ethno-tourism potential of the villages, we will see that the Ititala village of the Balakan region is particularly different. The village is located 26 km from the district centre and is inhabited by Muslims. The village of Ititala was founded in 1863 by Inghilois who moved from the Aliabad settlement of the Zagatala district [40]. There is a mosque in the village. In addition, the people of the village have their national clothes and cuisine. National costumes of the Christian Inghilois, especially women's clothing, are quite different from Azerbaijani women's clothing. However, the wedding customs of Muslim Inghilois are very similar to those of Azerbaijanis. Nuts are usually added to the dishes in Ingiloylari cuisine.

Katekh village in the Balakan district is very rich in terms of ethnic tourism. It is located 19 km from the district centre, and its population consists of Avars. In the village, in addition to getting acquainted with the culture of the Avars, visitors can also visit the Katekh temple, which is one of the historical remains of ancient Caucasian Albania. The temple located in the territory of the Zagatala reserve is located a few kilometres from the Katekhchay River. However, it is quite difficult to visit here and the temple is about to collapse.

Gakh district is also very different with its ethnic richness. The main ethnic groups of the region are Tsakhurs and Christian Inghilois. Tsakhurs settle

in the Aghyazi, Uzumlu, Amirjan, Ashaghi Malakh, Gum, Gashgachay, Lakit, Zarna, Chinarli, Lakit Malakh, Lakit Kotuklu and Saribash villages of Gakh district, and Ingilois settle in the Ingiloy-Kotuklu, Gakhingiloy, Gakhbash, Meshabash, Boyuk Alatamir, Kichik Alatamir, Garamesha, Ketgushan, Khalftala, Baghtala and other villages.

Among the villages inhabited by Tsakhurs, the village of Gum stands out for its specificity. According to the local population, the village located 8 km away from the city centre and 650 m above sea level was the village where Nizami Ganjavi (famous Azerbaijani poet) lived. A statue of Nizami Ganjavi was erected in the village near the village cemetery (located in the schoolyard). In addition, there are monuments such as Sirt Castle, Gum Basilica and others in the village [48]. In the upper part of the village of Gum, there is the Sirt fortress, which was built for defence in the 18th century, and in the heart of the mountains, there is a monument called Takhta Gaya. [51]. The Gum basilica is identified with the temple built in the Gomenc settlement whose name was mentioned by Movses Kaghankatvatsi in his "History of Albania". It is believed to have been built on the orders of the Albanian king Vachagan III Pious on the site where the Palestinian Christian missionary Elisey was killed by firefighters [45] (Figure 4).

Other interesting villages in the Gakh district are Lakit and the neighbouring villages of Lakit Malakh and Lakit Kotuklu. There are remains of an ancient Albanian temple 1 km away from the village



*Katekh temple*



*Gum basilica*



*Nizami Ganjavi's statue*



*Sirt castle*

Fig. 4. Historical and cultural monuments of the Gakh district.  
*Note:* The photographs were taken by the authors during the research.

of Lakit. In the village of Lakit Kotuklu, there are the remains of the monastery “Seven Church”. Currently, it is possible to see only the ruins of the monastery, which is in a dilapidated state, which is of great interest to tourists.

In the past, the “Big Day” holiday was celebrated in all Tsakhur villages, including these villages. We have no information about the exact date of that holiday. The holiday was celebrated later in the “Ramadan holiday” and the Tsakhurs would cook pastries at home and share them when they visited their loved ones at the cemetery. In addition to the “Big Day” holiday, Tsakhurs also celebrated the “Seyran” holiday. This holiday usually coincided with spring. During the holiday, the Tsakhurs went out into the mountains singing songs. However, after the 1950s and 1960s, some of these customs were forgotten after ethnic groups mingled with local Azerbaijanis.

Saribash is one of the villages considered to be a tourist village of Azerbaijan and is mainly inhabited by the Tsakhurs. Saribash village was formed as a settlement in the 14th century, and the first permanent residents were Jalairs [36]. However, after 1556, local Azerbaijani and Tsakhurs (immigrating from Dagestan) families moved to the village [40]. Historically, 300-350 families settled in the Saribash village, and in 2013, the number of families decreased to 24 [49]. The population of the village, which is located at a distance of 18 km and an altitude of 1605 meters in the Gakh district, is more than 100 people. The social infrastructure in the vil-

lage is inadequate. It is very difficult to visit the settlement due to the condition of the roads. This hinders the development of ethnic tourism in the area. Undoubtedly, there are numerous obstacles to the development of ethnic tourism, and the remote location of the settlement is one of them. Since the mentioned village is located far away, it is quite difficult to go to that village. This is because the road infrastructure is quite inconvenient.

In the Gakh district, the villages inhabited by Inghilois are also important from the point of view of ethnic tourism. Thus, the village of Gakh Ingiloy stands out among these villages. The village population is made up of Christian Inghilois. The church of St. Georgia was built on the territory of the village in 1888 and is protected by the Ministry of Culture of the Republic of Azerbaijan [11].

Another village - Ititala is located on the banks of the Katekh River, in the Alazan-Ayrichay depression. The village was built in 1863 by families who moved here from Aliabad village of Zagatala district [40]. From the village of Ititala to the village of Kortala, along the river bank, the ruins of the city of Khanjaritan, belonging to the Albanian state, covering the IV-I centuries BC, have been discovered. At the same time, “Shalala” and “Grandmothers” folklore groups operate in the mosque (built in 1905) in the village under the religious community and culture house.

Totally, there are 7 churches in the Gakh district. Two of them (Allahverdi Church, Kumruk Temple) are located in the city of Gakh, one in the

village of Bagtala (Holy Virgin Church), one in the village of Gakh Ingiloy (St. George Church), one in the village of Meshabash (St. Michael Church), one

in the village of Alibayli (St. Nino Church), and the other in the village of Ingiloy Kotuklu (the Holy Trinity Church) (Figure 5).

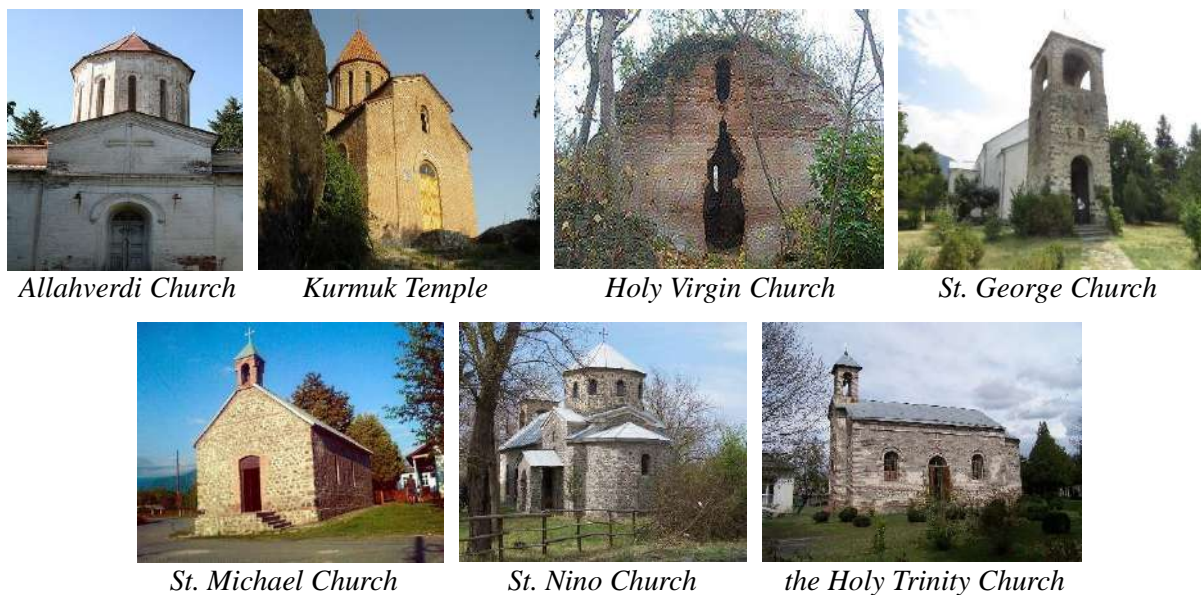


Fig. 5. Temple and churches located in the Gakh district.

Note: The photographs were taken by the authors during the research.

The role of Lezgins in ethnic tourism in the Gabala district is undeniable. They settled in villages such as Amirvan, Abrikh, Gamarvan, Kusnet, Yenikand, Dizakhli, Bilikh, Sileyli, Malikli, Syrt Yengice, Laza, and Bayramkokhali. But in these villages, they live mixed with Azerbaijanis. Although almost many of their villages have ancient temples, most of these temples have been destroyed by natural processes, and the rest are used as storage places by the villagers. Villages inhabited only by Lezgins, such as Laza, Gamarvan, Amirvan, etc., have their national costumes, folk groups and national cuisine.

The name Lezgins can be mentioned in the development of ethnic tourism in the Shaki and Oghuz districts. They settle in the Ashagi Goynuk, Ashagi Dashagil, Bash Kaldak, Ashagi Kaldak, Bash Layisgi and Ashagi Layisgi, Kish (part of the population of the village is constituted by Lezgins), Bash Shabalid and Ashagi Shabalid of the Shaki district; Filfili, Shirvanli, Bayan, Gumlug, Khalkhal Gishlag, Boyuk Soyudlu, Garabulag, Top, Zarrab, Bash Dashagil, Tayifli and other villages of the Oghuz district.

A small part of Kish village is made up of Lezgins. Tourists coming to the village can get acquainted with the national culture of the Lezgins and visit the Albanian temple, which reflects the history of Azerbaijan. The temple is protected by the state and is in good condition. Behind the temple, a statue of Thor Heyerdahl, who visited Azerbaijan and studied the ethnic minorities, is erected (Figure 6).

Rutuls living in the Shaki and Oghuz districts mainly live in the Shin, Shorsu, Dashuz and Kobar

Zayzid villages of the Shaki district, and in the Armenat village of the Oghuz district. Rutuls are one of the ancient Albanian tribes included in the territory of the Albanian state. A small part of the Rutuls, who are mainly engaged in nomadic animal husbandry, are engaged in agriculture.

The villages of Yeni Suvagil, Ali Bayramli, Galal, Gargay, Gozbarakh, Mamruk, Alasgar, Jimjimax, Mukhax, Zayam, Gimir, Findigli, Bazar, Meshlesh, Azgilli, Sabunchu, Lahij and other villages of Zagatala district are settled by Tsakhurs, and the village of Mazikh is settled by Avars.

Yeni Suvagil village, which is called the “eye of the Tsakhurs” by the local population, stands out among the villages of Zagatala. In this village, the population mainly speaks Tsakhurian and Azerbaijani languages. The local population has its folklore group.

Mazikh village is located 14 km from the district centre. In the village, besides getting acquainted with the national culture of the Avars, visitors can also visit the ancient Avar cemetery dating back to the 18th and 19th centuries. There are about 40 Avar graves in the cemetery (Figure 7).

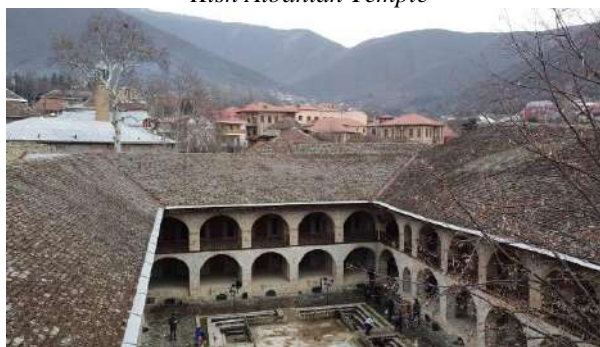
If we look at the grouping of various districts in the economic region according to their ethnic tourism potential, Gabala district differs greatly in terms of the number of hotels and historical-cultural monuments, and Zagatala region in terms of the diversity of ethnically diverse settlements and ethnic groups. According to the general assessment of all criteria, the Gakh and Shaki regions are in second place. According to these indicators, the Oghuz dis-



*Statue of Thor Heyerdahl*



*Kish Albanian Temple*



*Caravansarai*

**Fig. 6.** Historical and cultural monuments of the Shaki district  
*Note:* The photographs were taken by the authors during the research.



**Fig. 7.** Ancient Avar cemetery in the Mazikh village  
*Note:* The photographs were taken by the authors during the research.

trict ranks last (Figure 8).

To develop ethnic tourism in the Shaki-Zagatala economic region, first of all, ethno-tourism routes should be prepared. The ethnic tourism routes we offer can be organized as follows (Figure 9):

1. Balakan district:

a) Balakan city (Juma mosque, Galach Muhammed castle)-Katekh village (Katekh church, Katekh towers)-Mazikh village (Zagatala district) (ruins of the Albanian monument belonging to the



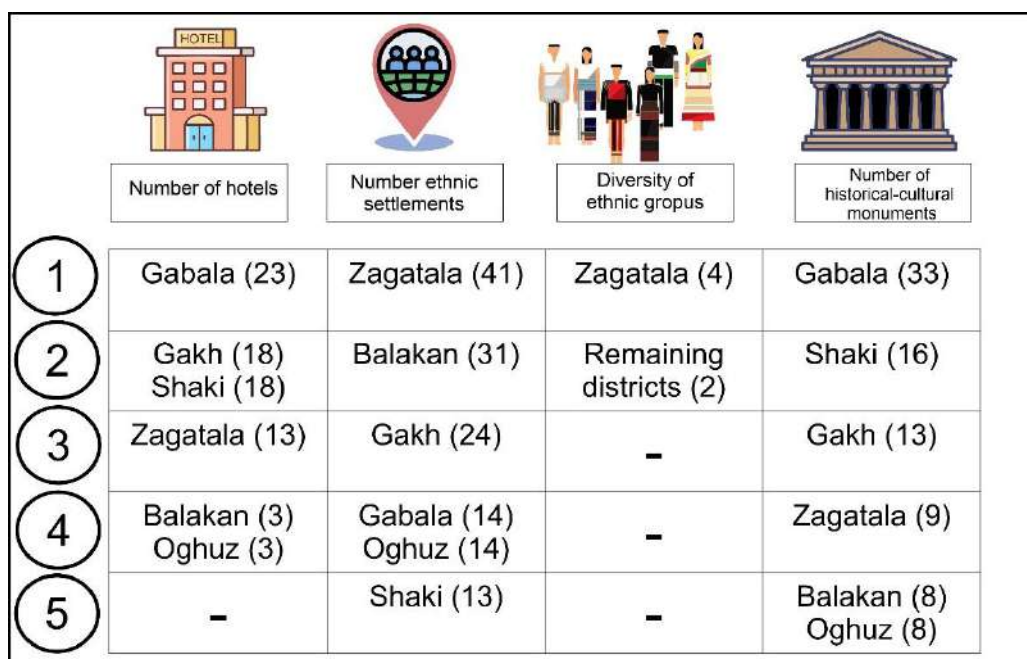


Fig. 8. Grouping of districts according to their ethnic tourism potential

VI-VII centuries, Avar cemetery dating back to the XVIII-XIX centuries);

b) Balakan city-Gullar village (Arilighbina church, Pari castle)- Mahamalar village (Murtuz castle, “Tabassum” dancing group)-Talalar village (Talalar church)-Tulu village (Tulu church)-Poshtbina village-Mazimchay village (Mazimgaray church).

2. Gakh district:

a) Gakh city (Allahverdi church, Torpagala archaeological site)-Gakh Ingiloy village (St.George church)-Gakhash village (ovdan (step well for freshwater consumption))-Aghchay village (Boy castle, Girl castle)-Ilisu village (Jinli castle, Castle complex, Shamil castle, Sumug castle, Ulu bridge)-Saribash village (the most remote mountain village in the region);

b) Gakh city-Meshabash village (St.Michael Church)-Boyuk Alatomir village-Kichik Alatomir village-Alibayli village (St. Nino church)-Baghtala village (St. Virgin church);

c) Gakh city-Gum village (Gum basilica, mosque belonging to the XVIII century, Sirt castle)-Chinarli village (The settlement was created in the 17th century as a result of the settlement of people who migrated from the Tsakhur district of the Republic of Dagestan in a place called Chinarli and was named after the area where it was built);

d) Gakh city-Lakit village (“Seven Church” monastery complex)-Lakit Malakh village-Lakit Kotoklu village (monastery).

3. Gabala district:

a) Gabala city (an ancient defensive fortress, the octagonal mosque dating back to the 19th centu-

ry)-Kusnat village (man-made Pottery and printing)-Laza village;

b) Gabala city-Dashja village-Mirzabayli village (religious community)-Nij settlement (Udi heart, castle dating back to the IV-IX centuries, St.Elisæus church, Church of St. Mary the Mother, Tsilin church, Juma mosque);

c) Gabala city-Zaraghan village-Aydingishlag village-Boyuk Pirali village-Soltannukha village-Boyuk Amili village (Albanian temple)-Dizakhli (Piasharif castle)-Shamli village-Shafili village-Chukhur Gabala village-Bayramkokhali (Ustajan castle).

4. Oghuz district:

a) Oghuz city (Lower Quarter Synagogue, Upper Quarter Synagogue, St.Elisæus Basilica, St.Elisæus Church, Albanian Temple)-Khalkhal Gishlag village-Armanat village (Gavurlar castle)-Khalkhal village;

b) Oghuz city-Bayan village-Karimli village (mausoleum dating back to the 15th century)-Padar village -Sinjan village (mosque belonging to the XVIII century)-Khachmaz Gishlag village-Khachmaz village -Filfili village (Surxaykhan castle).

5. Shaki district:

a) Shaki city (Shaki Khan palace, Juma mosque, Gilahli mosque, Little minaret mosque, Khan mosque, Imam Ali Mosque, Omar Efendi Mosque, Nukha Trinity Church, Caravansarai)-Kichik Dahna village-Boyuk Dahna village;

b) Shaki city-Goxmug village-Okhud village-Kish village (Kish Temple, Maiden Tower, “Galasan-gorasan” castle);

c) Shaki city -Shorsu village-Dashuz village;

- d) Shaki city-Ashaghi Goynuk village-Bash Layisgi village-Shin village-Bash Goynuk village.
- 6. Zagatala district:
  - a) Zagatala city (Zagatala Castle, Zagatala Church)-Ashaghi Tala village (Omar Efendi Shrine, Tomb)-Aliabad settlement (Inghiloi folklore ensemble)-Yeni Suvagil village (Folklore house);

- b) Zagatala city-Magov village (“Hudulki” folklore group)-Danachi village (Kalantaroba Mosque, Hasanoba Mosque, Tinavazoba Mosque);
- c) Zagatala city-Mukhakh village-Chobankol village-Gozbarakh village-Mamrukh village (Mosque belonging to the XVII century, Mamrukh temple).

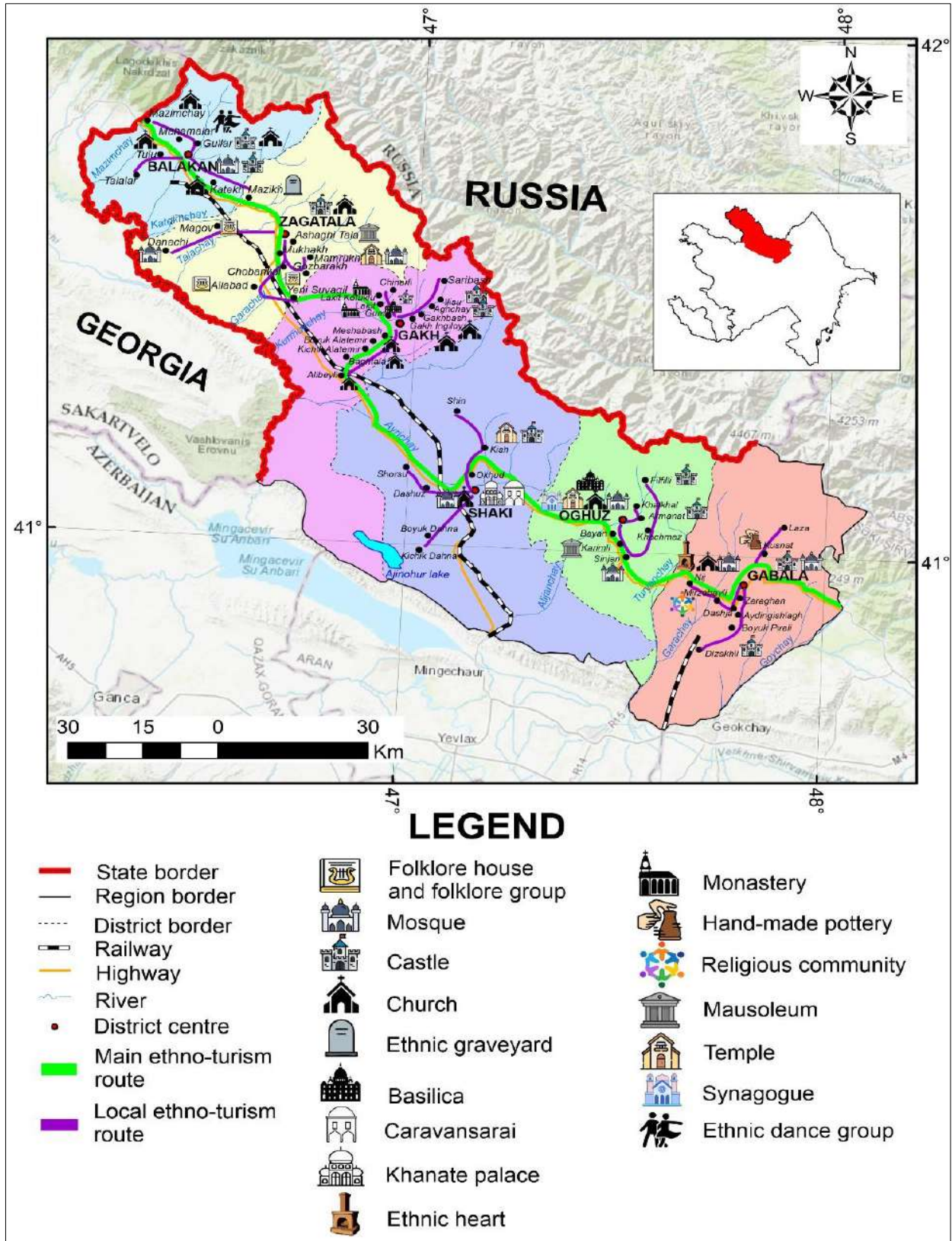


Fig. 9. Ethnic tourism route map of the economic region

To develop ethnic tourism in the region and overcome the problems that have arisen in the field of ethnic tourism, before developing a development model, it is necessary to get to know the ethnic tourism resources of the region more closely. For this, it was considered more appropriate to use SWOT analysis first. Because SWOT analysis is considered one of the main tools for strategic analysis of rural areas [7]. SWOT analysis can be used not only for the study of the necessary aspects for the economic development of rural areas but also for the study of their strengths and weaknesses in areas such as ethnic tourism.

The ethnic-tourism potential of the area was analyzed based on the results of the field research conducted in the area and the survey materials conducted among the local population. If we look at the results of the analysis, it can be seen that the main strengths of the Shaki-Zagatala economic region from the point of view of ethno-tourism are its rich ethnic composition, the presence of a historical and ethnographic centre, the use of individual residential houses as overnight accommodation for tourists, the organization of festivals and holidays, and so on. However, despite this, there are many weaknesses in the ethnic tourism of the economic region, and these problems mainly manifest themselves in the context of the location of ethnically diverse villages far from the district centres, their location in mountainous areas, non-operation of hotels, low quality of the service sphere, and other problems. Along with the possibilities of organizing festivals for the development of ethnic tourism in the economic region, the local population working in this field, and strength-

ening the economic potential of villages due to ethnic tourism, there are many dangerous sides. These are mainly the concerns of the ethnic groups about the coming tourists and the promotion of their culture in a negative way (Figure 10).

The development of ethnic tourism in the area can directly help the development of the region. As a result of the survey, it was found that one of the main problems of the population is unemployment. For this reason, the development of the sector that can create additional activity opportunities in the region can create conditions for employing the population. Because one of the main features of ethnic tourism is its role in creating jobs. In many cases, ethno-tourism creates employment in or near people's homes [2]. As a result, the population does not need to migrate to obtain income, that is, the income of the population is provided in their place of residence. In this case, migration processes from villages to cities or abroad may be prevented. This is especially important for areas with ethnic diversity. Because migration of the population in such areas can result in the destruction or disappearance of ethnic diversity. From this point of view, with the aim of developing ethnic tourism in the region we have studied, a development model for ways and possibilities of their elimination by studying the existing problems was developed (Figure 11).

In the prepared development model, 6 primary indicators were proposed for the development of ethnic tourism. The most important of them is conducting publicity work in the field of the development of ethnic tourism. The essential goal of these publicity works is to increase the income of the po-

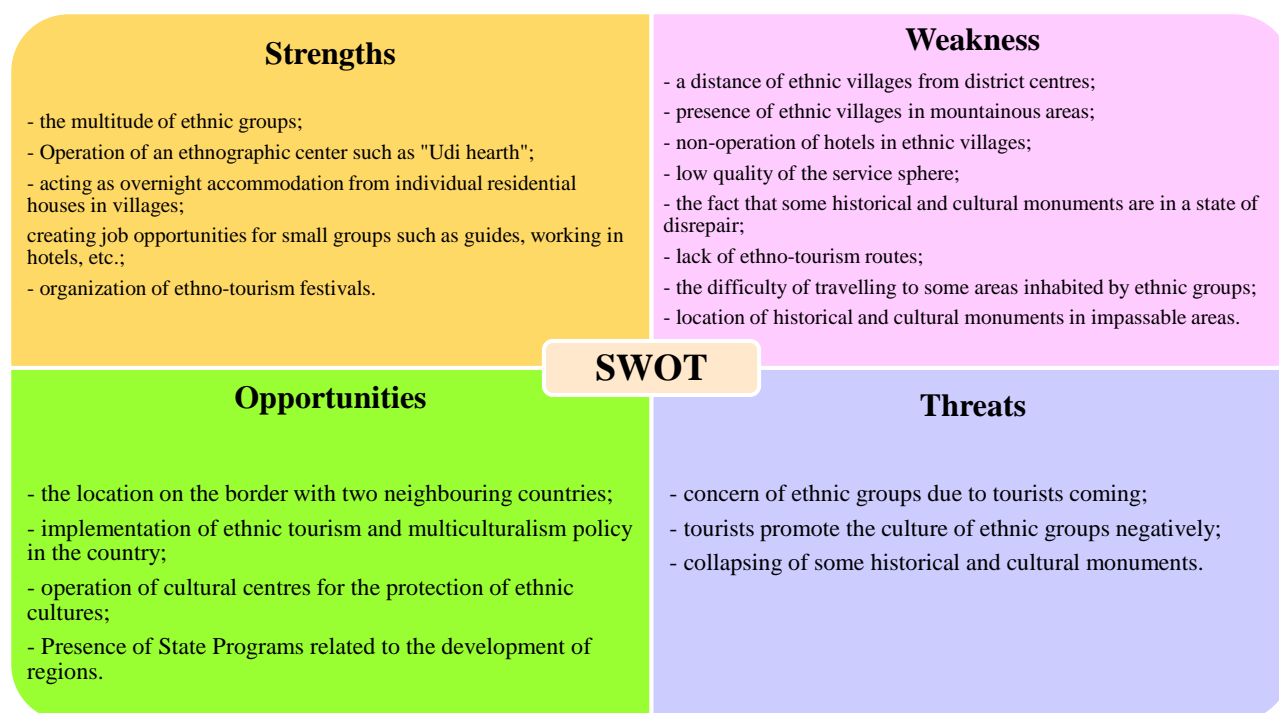


Fig. 10. Analysis of the ethnic tourism potential in the settlement of the region by SWOT analysis



Fig. 11. A development model of the ethnic tourism.

*Note:* the model was developed by Z.T. Imrani and B.A. Huseynova based on the opportunities and problems in the field of ethno-tourism.

pulation and promote the region. The second primary indicator is the construction of roads to villages with poor road infrastructure for the development of this field in the region, as well as the organization of accommodation facilities such as village houses, hostels, hotels, etc., as well as catering services for the accommodation of tourists. It is important to organize festivals once a year, as well as to increase the number of folklore and dance groups, to familiarize visitors with the historical and cultural monuments in the area, as well as to get to know the traditions of ethnic groups. One of the most important points is the appointment of ethno-tourism routes suitable for the area and guides who can provide information about the history, culture and ethnic characteristics of ethnic groups.

**Conclusion.** The Shaki-Zagatala economic region has a rich history and is distinguished by the diversity of its ethnic composition. The share of tourism indicators in the area has increased in recent years, but it is impossible to say based on the statistical materials that there is an increase or decrease related to individual tourism indicators. As a result of the survey, it can be said that the number of people who come to the area for ethno-tourism is not

high. The main destination of those who come for ethno-tourism is the settlement of Nij (Udi hearth). Poor or non-existent accommodation and catering services in the villages of the region cause tourists to return to the centre of the region and spend the night there. One of the important conditions for the proper organization of tourism routes in the region is the organization of village houses and accommodation in villages.

As a result of the conducted field research, it was found that some historical and cultural monuments located in the region are used as storage places by the villagers, and some are destroyed. In general, dance and folklore groups operate in several villages (Mahamalar, Magov, Yeni Suvagil) to promote the culture of ethnic groups, but most of the villages do not have these groups.

To develop ethno-tourism in the region, a SWOT analysis of the area was conducted and a development model was developed based on it. The development of this type of tourism in the area is very important in providing the local population with work opportunities, in promoting the culture of ethnic groups, and at the same time in protecting their national-ethnic characteristics.

#### References

1. Berestok, A.A. (2015). *Tourist image of Sumy region (Based on sociological research)*. V.N. Karazin Kharkiv National University. 43, 101-106.
2. Bolnick, S. (2003). *Promoting the Culture Sector through Job Creation and Small Enterprise Development in SADC Countries: The Ethno-tourism Industry*. Geneva: International Labour Organization. 79.

3. Cohen, E. (1987). *Tourism: A Critique*. *Tourism Recreation Research*, 12(2), 13-18. <http://dx.doi.org/10.1080/02508281.1987.11014508>
4. Cohen, E. (1988). *Authenticity and commoditization in tourism*. *Annals of Tourism Research*, 15, 371–386. [https://doi.org/10.1016/0160-7383\(88\)90028-X](https://doi.org/10.1016/0160-7383(88)90028-X)
5. Esman, M. (1984). *Tourism as ethnic preservation: The Cajuns of Louisiana*. *The Annals of Tourism Research*, 11, 451–467. [https://doi.org/10.1016/0160-7383\(84\)90031-8](https://doi.org/10.1016/0160-7383(84)90031-8)
6. Greenwood, D. J. (1989). *Culture by the pound: An anthropological perspective on tourism as cultural commoditization*. 2, 171-185.
7. Harbiankova, A., Gertsberg, L. (2022). *Information Model for Sustainable Rural Development*. *Energies*. 15(11), 1-15. <https://doi.org/10.3390/en15114009>
8. Henderson, J. (2003). *Ethnic heritage as a tourist attraction: The Peranakans of Singapore*. *International Journal of Heritage Studies*. 9(1), 27–44. <https://doi.org/10.1080/1352725022000056613>
9. Huseynova, B.A. (2021). *National-ethnic characteristics of demographic development in the northern regions of Azerbaijan (on the example of the Shaki-Zagatala economic-geographical region)*. *Geography and tourism*. 64, 70-77. <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2021.64.70-77>
10. Huseynova, B.A. (2023). *Depopulation of the Ethnic Diverse Mountain Villages in the Northwestern Part of Azerbaijan and the Development of a Sustainable Rural Development Model*. *Regional Geosystems*, 47(1), 34–48. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-1-34-48>
11. Huseynova, B.A. (2022). *Etho-tourism potential of the Gakh district. Multicultural values and development problems of tourism in the Caspian littoral states*. 114-119.
12. Jamison, D. (1999). *Tourism and ethnicity: The brotherhood of coconuts*. *Annals of Tourism Research*, 26(4), 944–967. [https://doi.org/10.1016/S0160-7383\(99\)00042-0](https://doi.org/10.1016/S0160-7383(99)00042-0)
13. McInerney, J. (2003). *Hellenicity: Between ethnicity and culture by Jonathan M. Hall*. *The International History Review*, 25(3), 636-638. <https://doi.org/10.2307/40109402>
14. King, B. (1994). *What is ethnic tourism? An Australian perspective*. *Journal of Tourism Management*. 15(3), 173-176. [https://doi.org/10.1016/0261-5177\(94\)90101-5](https://doi.org/10.1016/0261-5177(94)90101-5)
15. Klieger, P.C. (1990). *Close encounters: "Intimate" tourism in Tibet*. *Cultural Survival Quarterly*, 14(2), 38–42.
16. Li, X., Xie, C., Morrison, A.M., Nguyen, T.H. (2021). *Experiences, Motivations, Perceptions, and Attitudes Regarding Ethnic Minority Village Tourism*. *Sustainability*. 13, 23-64. <https://doi.org/10.3390/su13042364>
17. Li, Y., Li, R. (2002). *On the institutional environment and innovation of China's tourism planning*. *Tourism Tribune*, 17(3), 26-30.
18. Mathias, B. (2015). *Ethnicity and Ethnic Groups: Historical Aspects*. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. 2(8), 136-141. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.62015-9>
19. Niemets, L., Sehida, K., Lohvinova, M., Kraynukov, O., Kliuchko, L. (2018) *Rural Tourism in Ukraine: Peculiarities and Trends of Development*. *Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain)*. P. 290-301. URL: <https://ibima.org/accepted-paper/rural-tourism-in-ukraine-peculiarities-and-trends-of-development/>
20. Niemets L., Kandyba Yu., Kobylin P., Kostrikov S., Dobrovolskaya N., Telebienieva Ie. (2021). *Integral Assessment of Ethnic Tourism in Ukraine: Resource Provision and Regional Features*. *Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Cordoba, Spain)* P. 2077-2083. URL: <https://u.pcloud.link/publink/show?code=kZnoamXZkmWu5WL4oKu11pUI7owucy5MxBfk#folder=9238065447&tpl=publicfoldergrid>
21. Picard, M., Wood, R. (1997). *Tourism, Ethnicity and the State in Asian and Pacific Societies*. USA: University of Hawai Press, 259.
22. Ryan, C., Aicken, M. (2005). *Indigenous tourism: the commodification and management of culture*. Amsterdam: Elsevier 284. <https://doi.org/10.4324/9780080914008>
23. Sari, C., Sehida, K., Çakir, G., & Telebienieva, I. (2023). *Features of the local community involvement in the social tourism development (case study – Serik district, Antalya, Turkey)*. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (59), 221-236. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-16>
24. Smith, V.L. (1992). *Hosts and guests*. *American Behavioral Scientist*. 36(2), 187-199. <https://doi.org/10.1177/0002764292036002006>
25. Smith, V.L. (1989). *Hosts and Guests: The Anthropology of Tourism*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 341.
26. Sokoloenko, A.V., Mazurova, A.V. (2015). *Tourist branding Project of Kharkiv region districts: Ethno-cultural aspect*. *V.N. Karazin Kharkiv National University*. 43, 174-183.
27. Swain, M. (1993). *Women producers of ethnic arts*. *Annals of Tourism Research*. 20, 32-51.
28. Van den Berghe, P. (1992). *Tourism and the ethnic division of labor*. *Annals of Tourism Research*, 19, 234-249. [https://doi.org/10.1016/0160-7383\(92\)90079-5](https://doi.org/10.1016/0160-7383(92)90079-5)
29. Wood, R.E. (1993). *Tourism, culture and the sociology of development*. London: Routledge. 23.
30. Wood, R.E. (1997). *Tourism, ethnicity, and the state in Asian and Pacific societies*. Honolulu: University of Hawaii Press. 259.
31. Wood, R.E. (2010). *Touristic ethnicity: A brief itinerary*. *Ethnic and Racial Studies*, 21(2), 218–241. <https://doi.org/10.1080/014198798329991>
32. Xia, Z, Hu, W. (2001). *The consideration about current tourism planning*. *Journal of Higher Correspondence Education (Natural Sciences)*, 14(3), 45-49.

33. Yang, L. (2007). *Planning for Ethnic Tourism: Case Studies from Xishuangbanna, Yunnan, China. Ontario: A thesis presented to the University of Waterloo in fulfilment of the thesis requirement for the degree of Doctor in Philosophy in Planning*, 370.
34. Yang L. (2011). *Ethnic tourism and cultural representation. Annals of Tourism Research*. 38(2), 561-585. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2010.10.009>
35. Yang, L., Wall, G. (2023). *Ethnic Tourism: Impacts, Challenges and Opportunities (1st ed.)*. Routledge. 238. <https://doi.org/10.4324/9781003373964>
36. Abbasov, N.Z. (2000). *Ancient Azerbaijani land - Gakh*. Baku: 172 [in Azerbaijani].
37. Bunyadov, Z.M. (1989). *Azerbaijan in the VII-IX centuries*. Baku: 336 [in Azerbaijani].
38. *Demographic indicators of Azerbaijan-2023*. (2023). Baku: State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. 593 [in Azerbaijani].
39. Eminov, Z.N. (2005). *Population of Azerbaijan*. Baku: 558 [in Azerbaijani].
40. *Encyclopedic dictionary of Azerbaijani toponyms*. (2007). In 2 Vol. 1st Vol. Baki: 304 [in Azerbaijani].
41. Imrani, Z.T., Rahimov Y.R. (2018). *The role of new ecotourism facilities in the sustainable development of the Shaki-Zagatala economic-geographic region. Journal of Geography and Natural Resources*. 2(8). 75-80 [in Azerbaijani].
42. Ismayilova, E.A. (2017). *Historical and cultural tourism*. Baki.: 272 [in Azerbaijani].
43. Javadov G.J., Huseynov R. (1999). *Udis (historical and ethnographic essay)*. Baki.: 256 [in Azerbaijani].
44. Javadov, G.J. (2000). *Ethnic and national minorities of Azerbaijan*. Baku.: 436 [in Azerbaijani].
45. Moisey, K. (2006). *History of Albania*. Baku: 296 [in Azerbaijani].
46. *Population census materials in the Republic of Azerbaijan-2019*. (2022). Baku: State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. XXI Vol. 810 [in Azerbaijani].
47. *Regions of Azerbaijan-2023*. (2023). Baku: State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. 865 [in Azerbaijani].
48. Soltanov, H.B. (2015). *Tourism in the Republic of Azerbaijan and its development*. Baku: AzTU, 476 [in Azerbaijani].
49. Tahirzada R. (2013). *Saribash and Saribashins*. Baku: 484 [in Azerbaijani].
50. *Tourism in Azerbaijan (2023)*. Baku: State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. 100 [in Azerbaijani].
51. *Arkhitektura Azerbaydzhana (Epokha Nizami) (1947)*. M.-Baku: Gosudarstvennoye arkhitekturmoye izdatel'stvo Akademii arkhitektury SSSR. 444.

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

## Етнотуристичний потенціал Шаки-Загатальського економічного району: можливості та проблеми

Заур Імрані<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент,

<sup>1</sup> Інститут географії імені академіка Гасана Алієва, Баку, Азербайджан;

Байімханім Гусейнова<sup>1</sup>

аспірант, мол. наук. співробітник

Шекі-Загатальський економічний район розташований у північно-західній зоні країни і відрізняється різноманітністю етнічного складу. У дослідженні досліджено потенціал етнічного туризму Шекі-Загатальського економічного району, одного з регіонів з багатим етнічним складом, та можливості його використання, а також проблеми, що виникають. Основною метою дослідження є вивчення сучасного стану етнічного туризму в регіоні, вивчення можливостей його використання, усунення виникаючих проблем на науковій основі та проведення для цього SWOT-аналізу. Дослідницьку роботу проводили з використанням методів історичного, порівняльного аналізу, географічного моделювання та інших. Крім того, були проведені польові дослідження та проведено опитування населення. В результаті проведених досліджень в районі є багато населених пунктів, що відрізняються за своїм етнічним складом. Проте етнотуристичний потенціал регіону використано недостатньо. Основна проблема неможливості розвитку етнічного туризму в регіоні пов'язана з низьким рівнем соціальної інфраструктури. Особливо в регіоні очевидні такі проблеми, як недостатня популяризація етнічного туризму, мала кількість готелів, погане обслуговування громадського харчування тощо. В результаті можна розвивати туризм, особливо етнотуризм, у відносно відсталому з точки зору сталого розвитку Шекі-Загатальському економічному районі. Для забезпечення комфорту туристів, які приїжджають до цього регіону, одними з основних пріоритетів є будівництво або ремонт доріг уздовж маршруту етнотуризму, організація послуг харчування та проживання. У цих місцях це усуває проблему безробіття серед населення, сприяє збільшенню доходів населення та може відігравати особливу роль у захисті етнорізноманіття країни та донесення його до світу.

**Ключові слова:** Азербайджан, Шаки-Загатала, етнічні меншини, етнічний туризм, ArcGIS, культурна спадщина, SWOT, модель розвитку.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 23 лютого 2024 р.

Прийнята 3 травня 2024 р.

## Trends in the 30-day minimum winter runoff of rivers flowing out of lake Sevan

*Varduhi Margaryan*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Physical Geography and Hydrometeorology,  
<sup>1</sup> Yerevan State University, Yerevan, Armenia,

e-mail: [vmargaryan@ysu.am](mailto:vmargaryan@ysu.am),  <https://orcid.org/0000-0003-3498-0564>;

*Svitlana Reshetchenko*<sup>2</sup>

PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Physical Geography and Cartography,  
<sup>2</sup> V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine,

e-mail: [s.reshetchenko@karazin.ua](mailto:s.reshetchenko@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0003-0744-4272>;

*Vahram Vardanyan*<sup>1</sup>

DSc (Engineering), Professor of the Department of Geophysics,

e-mail: [v.vardanyan@ysu.am](mailto:v.vardanyan@ysu.am),  <https://orcid.org/0000-0002-1501-9543>;

*Hovakim Frunzikyan*<sup>3</sup>

Chief Specialist<sup>3</sup> Ministry of Environment

«Environmental Impact Expertise Center» SNCO, Yerevan, Armenia,

e-mail: [h.frunzikyan@mail.ru](mailto:h.frunzikyan@mail.ru)

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** Studies of trends in the minimum 30-day winter runoff of rivers flowing out of the lake. Sevan has acquired great practical importance and significant interest from the point of view of calculating the ecological flow, due to the increased use of water resources for various types of economic activities, in particular, in connection with the development of the economy, hydropower, irrigation, population growth and improving living standards. Calculations of the minimum runoff are especially relevant in relation to solving the problems of water supply to settlements, industrial and agricultural enterprises, as well as assessment of irrigation norms of agricultural plots.

**The aim of the work.** Analysis and assessment of trends in the minimum 30-day winter runoff of rivers flowing out of the lake Sevan.

**Methods.** The following methods were used in the work: mathematical-statistical, correlation, cartographic, extrapolation, interpolation, spatial analysis, analogy.

**Results.** During the research, the characteristics of the winter minimum 30-day water consumption for the entire observation period were calculated for hydrological posts on the rivers of the lake Sevan basin, which have a number of observations for 40 years or more. Supply curves are constructed, the values of the winter minimum 30-day runoff are estimated, with security of 90, 95 and 99.5% for 12 sites. The values of the flow rates, its coefficients of variation (Cv) and asymmetry (Cs) are determined. The analysis of the temporal distribution of the studied hydrological characteristics was carried out, the coefficients of the linear trend of the minimum 30-day winter runoff were determined. Close correlations have been obtained between the values of the average monthly minimum water consumption and the minimum 30-day winter water consumption. These dependencies can be used to predict the minimum 30-day winter water consumption of the rivers of the territory under consideration. It is established that for the rivers of the lake Sevan basin is characterized by synchronicity of fluctuations in annual and winter runoff. It was revealed that most of the rivers flowing into the lake Sevan (by more than 58% of posts), there is an increase in the amount of winter runoff, i.e. a positive trend in its change. Based on the results obtained, a distribution map of the linear trend coefficients of the minimum 30-day winter runoff in m<sup>3</sup>/sec / 10 years with an observation period from december to march was constructed.

**Keywords:** Armenia, rivers of the Lake Sevan basin, low-water, 30-day winter minimum runoff, statistical characteristics, linear trend coefficient.

**In cites:** Margaryan Varduhi, Reshetchenko Svitlana, Vardanyan Vahram, Frunzikyan Hovakim (2024). Trends in the 30-day minimum winter runoff of rivers flowing out of lake Sevan. Visnyk V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 231-239. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-16>

**Introduction.** For the effective and safe use of river resources, it is necessary to assess the water resources of the territory or specific water bodies, determine the maximum, minimum, and other characteristic water consumption, assess the impact of economic activity on the river regime, on dangerous hydrological processes [1-5].

For water management purposes, it is important to assess the main hydrological characteristic for the winter, which limits the possibility of taking water

from the river – the minimum average monthly flow rate. It is the winter runoff and its minimum values that can serve as the lower limit for the use of water resources in the territory of this catchment area, which should be taken into account when planning the location of water-intensive industries.

Minimum water consumption belongs to the category of basic hydrological characteristics widely used in the practice of hydrological calculations. At the same time, the average 30-day (monthly) and

daily water consumption are most often used in calculations, although sometimes minimum 5-, 7- or 10-day water consumption is used. In case of prevention of any interruptions or reduction of water supply in the water supply of industrial enterprises, the minimum average daily water consumption is applied in the calculations. Estimated security is usually assigned in the range of 75-97% [4-7].

Characteristics of minimum runoff are used in sectors such as hydropower, biotechnology, water transport, agriculture, construction design, reclamation and fisheries. In connection with the ongoing climate change urgent problem of assessing the implications of these changes is becoming for the water-dependent industries [9-11, 14].

The purpose of this work is to calculate the rate of minimum 30-day winter river water flow, coefficients of variability ( $C_v$ ) and asymmetry ( $C_s$ ), minimum expenses of various security, to analyze and evaluate the patterns of distribution of changes in the minimum 30-day winter expenses of the rivers of the lake Sevan basin in the series of long-term observations.

**Materials and methods of research.** In the course of the research, the relevant literary sources were analyzed and used [18, 20, 23, 25-26, 28-29]. The change in the values of the minimum 30-day winter river runoff was analyzed according to long-term observations in twelve river channels flowing into Lake Sevan, differing in physical and geographical conditions of runoff formation and catchment area.

In recent decades, there have been significant increases in flow-forming climatic indicators (temperature and precipitation, especially liquid precipitation during the cold period), which led to intra-annual uneven river flow and an increase in winter low-water runoff [11-13]. An analysis of the long-term dynamics of the 30-day winter minimum runoff illustrates a stable increase in values for most of the studied rivers. The ongoing climate changes lead to the transformation of the water regime of rivers [19, 22, 24].

For most rivers, similar transformations of the intra-annual flow distribution are observed. There is a redistribution of runoff during the year, characterized by an increase in winter low-water runoff and a reduction in spring flood costs. The depth of freezing is a factor regulating the ratio of winter and spring runoff. When it decreases, the layer of winter runoff-forming moisture increases, and, as a result, winter runoff increases and spring runoff decreases. In general, an increase in natural flow regulation improves water use conditions in low-water seasons, but a decrease in spring flooding creates a problem with filling reservoirs, and this should be taken into account when developing measures to adapt to cli-

mate change.

The hydrologic simulation results reveal climate change as the dominant factor and land cover change as a secondary factor in regulating future river discharge. The combined effects of climate and land cover changes will slightly increase river discharge in summer but substantially decrease discharge in winter. This impact on water resources deserves attention in climate change adaptation planning [16].

As initial data, the work uses data from long-term observations of water consumption for the period from the date of the opening of hydrological posts up to 2020. The processing of instrumental data from 12 hydrological posts of the "Center for Hydrometeorology and Monitoring" of the SNCO of the Ministry of Environment of the Republic of Armenia was carried out.

The following methods were used in the study: mathematical and statistical, extrapolation, interpolation, correlation, cartographic, as well as methods of analysis and analog.

**Results and discussion.** A characteristic feature of the water regime of the rivers of the lake Sevan basin is a long and stable low-water period. On the rivers of the studied territory, minimal water consumption is observed during the summer-autumn and winter low-water periods. In this paper, only the minimum 30-day river water consumption of the winter period is discussed.

The main parameters of the distribution of the minimum river flow are the norm, coefficients of variation and asymmetry, and water consumption of various levels. These runoff characteristics are determined in relation to the minimum 30-day runoff. At the same time, observations over a long period of time were used as initial information. The main determining factors of the minimum flow are climatic and hydrogeological conditions, under the influence of which the territory under consideration is characterized by an uneven distribution of river flow (table 1).

From the data in the table. 1 it can be seen that small values of the  $C_v$  coefficient of variation are observed on rivers with a relatively large underground supply – Masrik, Karchaghbyur, Gavaraget. Relatively high values are observed on rivers fed by rain and meltwater, as well as on small rivers.

In nine rows, the values of the coefficients of variation are less than 0.30, and in the rest - from 0.30 to 0.60. The average value of the coefficient of variation for the entire lake Sevan basin is 0.31. For winter minimum average monthly river water expenditure ( $Q$ ), such variation values are quite small, so, it can be assumed that winter minimum average monthly expenditure is quite stable and has relatively small risk values. The coefficient of asymmetry of the  $C_s$  series, in contrast to the coefficient of var-



Statistical characteristics of the minimum 30-day discharge of the waters of the rivers of the lake Sevan basin for the period from the XI to the III month

River – point	$Q$ , $m^3/sec$	Flow modulus, $l/s \cdot km^2$	$C_v$	$C_s$	$C_v/C_s$	Calculation error standard			Security water consumption %, $m^3/sec$		
						$\bar{\sigma}$	$\sigma_{C_v}$	$\sigma_{C_s}$	90	95	99.5
Dzknaget - Tsovag-yugh	0.17	2.06	0.42	2.15	0.20	0.009	0.06	>0.29	0.111	0.108	0.106
Drakhtik - Drakhtik	0.065	1.66	0.50	1.20	0.42	0.008	0.04	0.46	0.030	0.025	0.016
Pambak - Pambak	0.075	3.68	0.28	0.94	0.30	0.006	0.04	>0.35	0.052	0.047	0.037
Masrik - Tsovak	2.36	3.51	0.19	-0.06	-3.17	0.091	0.02	>0.34	1.801	1.64	1.22
Karchaghbyur - Karchaghbyur	0.90	7.76	0.17	0.31	0.55	0.035	0.02	0.31	0.754	0.705	0.584
Vardenis - Vardenik	0.54	4.62	0.29	0.29	1.00	0.041	0.04	>0.34	0.366	0.305	0.150
Martuny - Geghovit	0.66	7.81	0.29	0.34	0.85	0.036	0.01	0.31	0.423	0.365	0.227
Argichi - Getashen	2.20	6.01	0.25	1.12	0.22	0.089	0.03	>0.27	1.60	1.49	1.25
Tsaghkashen – Vaghashen	0.49	5.30	0.23	-0.57	-0.40	0.018	0.02	>0.42	0.345	0.305	0.202
Личк – Личк	1.58	47.9	0.34	0.95	0.36	0.207	0.08	>0.46	0.971	0.866	0.672
Bakhtak– Tsaghkar	0.16	1.11	0.60	0.71	0.85	0.019	0.07	0.33	0.043	0.027	0.005
Gavaraget – Noratus	2.77	5.93	0.14	0.20	0.70	0.053	0.02	>0.25	2.28	2.12	1.71

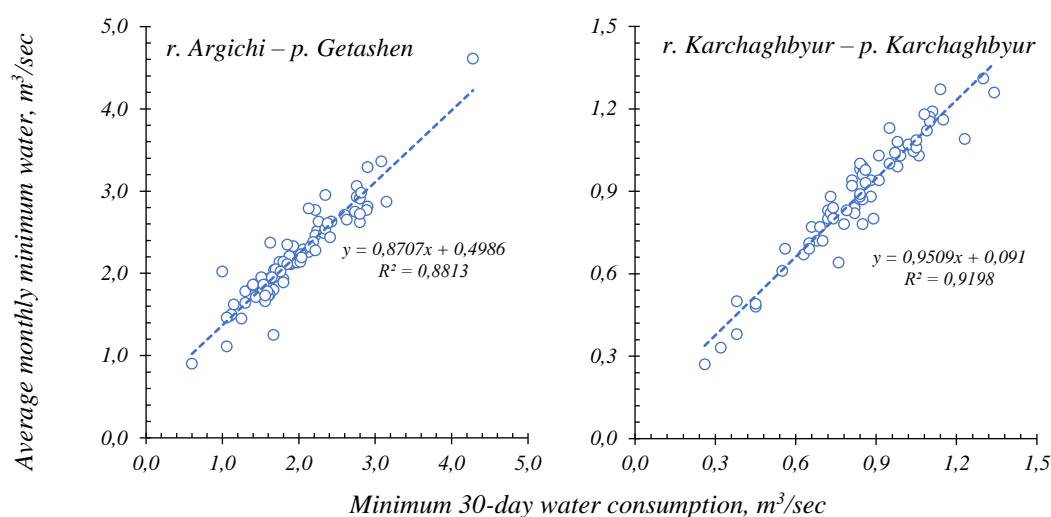


Fig. 1. Correlation between the values of the average monthly minimum water consumption of the winter period and the winter minimum 30-day water consumption

iation, has large values. The average value of the asymmetry coefficient is 0.65. For all 12 points under discussion, the ratio of the coefficients of asymmetry and variation does not exceed one, with the exception of the Masrik River.

Strong correlations were obtained between the values of the average monthly minimum water consumption and the minimum 30-day winter water consumption (fig. 1). It can be used to predict the minimum 30-day winter water consumption.

To determine the synchronicity of fluctuations in the values of annual and seasonal runoff, an analysis of the average annual and 30-day values of the minimum runoff of the winter period was carried out. Conducting such an analysis is due to the fact that the low-water runoff is an integral part of the

annual runoff and determines the close relationship between these values. A comparison of the values of the annual runoff and the 30-day values of the minimum runoff of the winter period illustrates a certain interdependence in changes in these values (fig. 2). It has been established that the synchronicity of fluctuations in annual and winter runoff is characteristic of the rivers of the lake Sevan basin. The maximum synchronicity of fluctuations in annual and winter runoff is typical for rivers with predominantly underground feeding.

Calculations have shown that there is an increase in the volume of winter runoff in most rivers flowing into Lake Sevan (by more than 58% of the posts), i.e. a positive trend in its change. Linear trend coefficients of the minimum 30-day winter

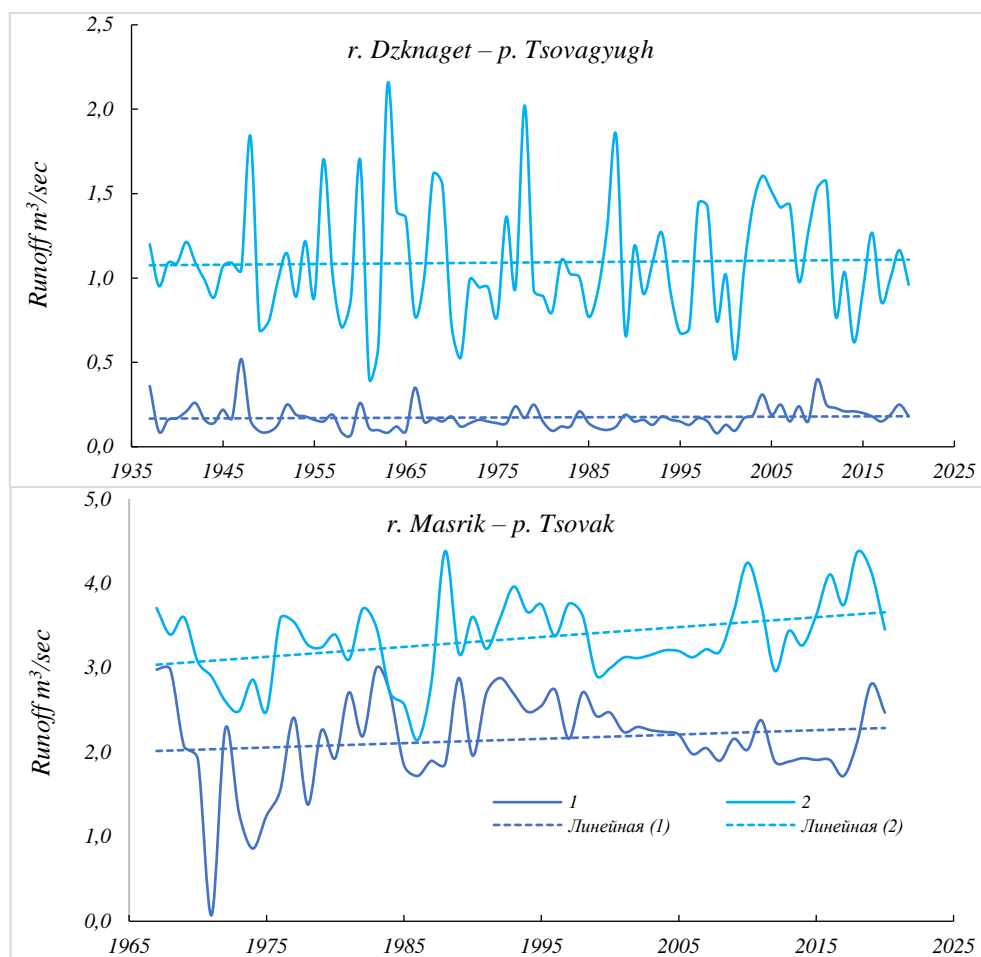


Fig. 2. Change in the values of the 30-day minimum runoff of the winter low-water (1) and annual runoff (2) in  $\text{m}^3/\text{sec}$ .

runoff ( $\text{m}^3/\text{sec} / 10$  years) rivers of the lake. Sevan basin is represented by a map that gives a visual representation of its distribution throughout the studied area (fig. 3). As can be seen from the figure, the regional specificity of the distribution of the minimum 30-day winter runoff of the winter low-water is confirmed by the spatiotemporal heterogeneity in dynamics. The values of the linear trend coefficient of the minimum 30-day winter runoff for the rivers of the studied lake Sevan basin is located in the ranges from  $-0.162$  to  $+0.124 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years.

The most significant changes in the minimum 30-day winter runoff are observed in the Argichi rivers ( $+0.124 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years) and the Lichk ( $-0.162 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years). On the Karchaghbyur river, the linear trend coefficient of the minimum 30-day winter runoff is  $+0.046 \text{ m}^3 / \text{sec} / 10$  years, on the Drakhtik, Martuni, Tsaghkashen rivers –  $+0.010$ – $+0.020 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years, on the slag and Pambak rivers – from  $+0.001$  to  $+0.010 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years. In general, an increase of runoff of winter low-water has an important practical significance, since the amount of runoff during this period is a limiting factor for guaranteed and sustainable water consumption.

In the basins of the Masrik, Vardenis, Lichk, Bakhtak and Gavaraget rivers, the minimum 30-day winter runoff decreases over the entire observation period. At the same time, on the Vardenis River, the linear trend coefficient of the minimum 30-day winter runoff is  $0.045 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years, on the Masrik, Bakhtak and Gavaraget rivers – from  $0.009$  to  $0.025 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years. Such rivers should be the focus of attention all the more in connection with the maintenance of the ecological flow of the river by appropriate measures.

Studies show that the increase in minimum winter water consumption, observed since the second half of the 70s, is due to an increase in winter air temperature, that is, climate change. Characteristic features of climate change for the Lake Sevan basin is an increase in air temperature in the near-surface layer, especially significant in November – March, with minor changes in the temperature of the warm period and a slight increase in precipitation [16, 17, 21]. The main climatic factor contributing to the increase in minimum winter runoff is the increase in winter air temperature. The main factors influencing the increase in winter river runoff are a decrease in the depth of soil freezing and, accordin-

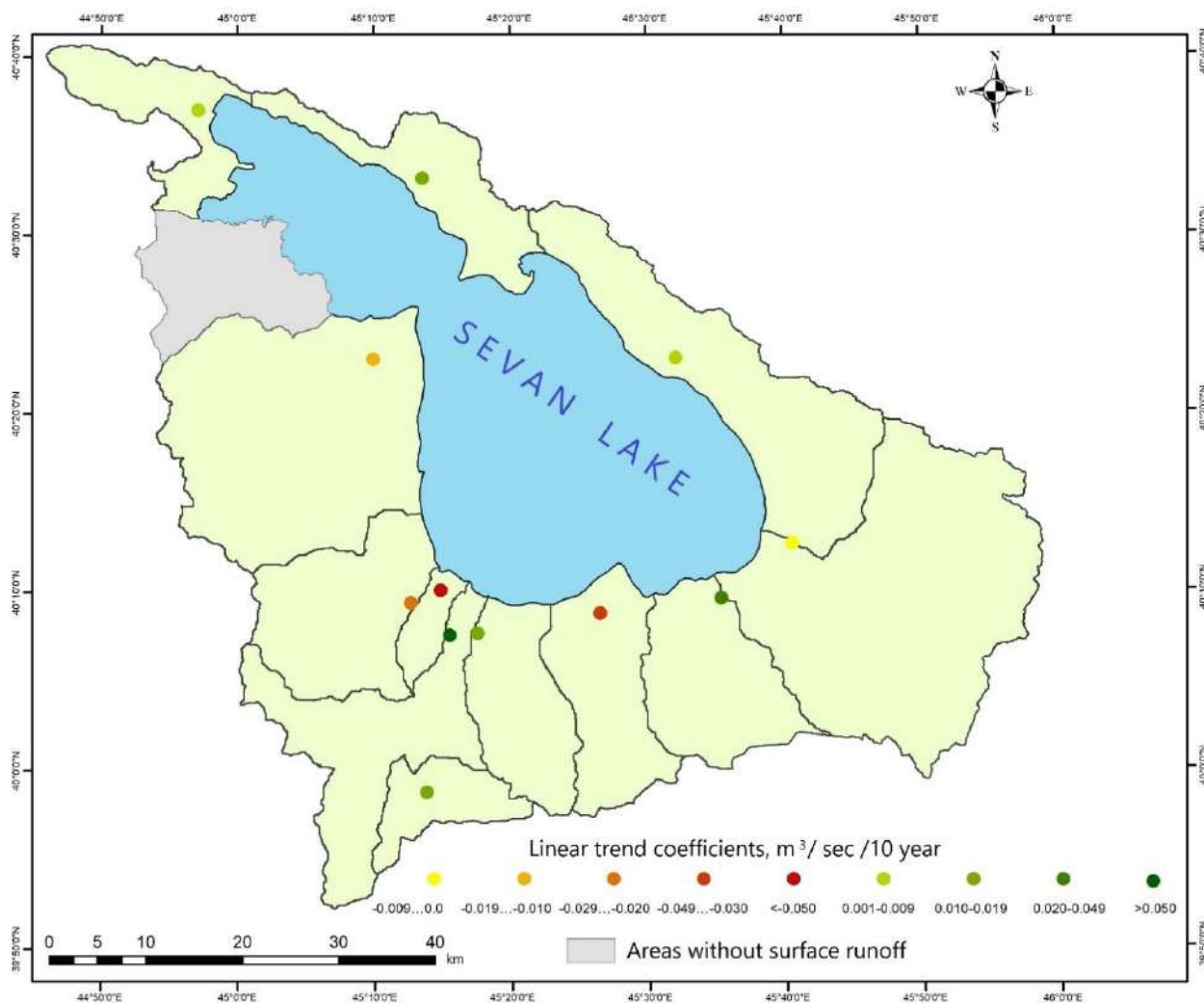


Fig. 3. Distribution of the linear trend coefficients of the minimum 30-day winter runoff in  $\text{m}^3/\text{sec} / 10$  years for the entire observation period (December – March). The lake Sevan basin.

gly, the migration of moisture in winter to the freezing front and its accumulation in the frozen layer, the presence of thaws and an increase in autumn soil moisture. The impact of climatic changes caused by an increase in ambient temperature changes the heat and mass transfer in the active soil layer and reduces the depth of freezing.

**Conclusions.** Based on the results of the work performed, the following conclusions can be drawn.

As a result of the conducted research, a widespread uneven distribution of changes in the 30-day minimum runoff of winter low-water in the Lake Sevan river basin has been established, manifested mainly in an increase in the values of winter low-water.

The linear trend coefficient of this characteristic is practically for the majority of observation posts (more than 58% of posts) in the territory of the

lake Sevan basin is positive and does not exceed  $0.13 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years, at other observation posts (42% of posts) it has negative values.

At the same time, despite the predominance of unidirectional changes, the rivers of the studied basin are characterized by regional differences, primarily due to the area, density of the river network and the physical and geographical conditions of the catchment areas. The values of the linear trend coefficients of the minimum 30-day winter runoff for the studied rivers of the lake Sevan basin is in the range from  $-0.162 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years (Argichi) to  $+0.124 \text{ m}^3/\text{sec} / 10$  years (Lichk).

**Financing:** The research was supported by the Higher Education and Science Committee of MESCS Republic of Armenia (Research project № 24WS-1E035 and № 21T-1E215).

#### Bibliography

1. Бoльбот Г.В. Оцінка багаторічних коливань мінімальних витрат води річок басейну Сіверського Дінця / Г.В. Бoльбот // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Одеса, 2019. № 3 (54). С. 31-33. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghe\\_2019\\_3\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghe_2019_3_12)

2. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / За ред. В.К. Хільчевського. К.: Ніка-Центр. 2007. 184 с.
3. Гонченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки [Текст]. Одес. гідрометеорол. ін-т. Одеса : ТЕС, 2014. 484 с.
4. Гонцій М.В., Овчарук В.А., Куценко Л.В., Прокоф'єв О.М., Гоян Ю.О. Мінімальний водний стік району басейну річок Приазов'я в період літньо-осінньої та зимової межени. / М.В. Гонцій, В.А. Овчарук, Л.В. Куценко, О.М. Прокоф'єв, Ю.О. Гоян // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Одеса, 2021. № 2 (60). 18-26. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.2>
5. Гоян Ю.О., Гонцій М.В., Куценко Л.В. Особливості циклічності у коливаннях мінімального стоку у період межени на території Приазов'я за сучасних кліматичних умов / Ю.О. Гоян, М.В. Гонцій, Л.В. Куценко // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. Харків, 2020. С. 52-54.
6. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) [Текст] / В.В. Гребінь. К.: Ніка-Центр. 2010. 316 с.
7. Жовнір В.В., Гребінь В.В. Аналітичний огляд досліджень мінімального стоку води / В.В. Жовнір, В.В. Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Одеса, 2018. № 1 (48). С. 16-24.
8. Kouidri Sofiane, Megnounif Abdesselam, Ghenim Abderrahmane Nekkache. Long-term seasonal characterization and evolution of extreme drought and flooding variability in northwest Algeria / S. Kouidri, A. Megnounif, N. Ghenim Abderrahmane. // *Meteorology, Hydrology and Water Management*, 2019. № 7 (2). P. 63-71.
9. Куценко, Л.В. Дослідження дефіцитів водності та індексів посухи для зони недостатньої водності України / Л.В. Куценко // Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. Одеса, 2021. № 4 (62). С. 34-46. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.4.3>
10. Куценко Л.В., Овчарук В.А., Прокоф'єв О.М., Гонцій М.В., Андреевська Г.М. Мінімальний та екологічний стік річок у зоні недостатньої водності України / Л.В. Куценко, В.А. Овчарук, М.В. Гонцій, О.М. Прокоф'єв, Г.М. Андреевський // Екологічні науки. 2021. № 2 (35). С. 30-36. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.5>
11. Лобода Н.С. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В / Н.С. Лобода // Український гідрометеорологічний журнал. Одеса, 2014. № 15. С. 149-159. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj\\_2014\\_15\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2014_15_23)
12. Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В / Н.С. Лобода, З.Ф. Сербова, Ю.В. Божок // Український гідрометеорологічний журнал. 2014. № 15. С. 149-159. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj\\_2014\\_15\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2014_15_23)
13. Loboda N.S., Kozlov M.O. (2020). Assessment of water resources of the Ukrainian rivers according to the average statistical models of climate change trajectories RCP4.5 and RCP8.5 over the period of 2021 to 2050 / N.S. Loboda, M.O. Kozlov // *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2020. № 25. P. 93-104. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.09>
14. Ovcharuk V. Engineer substantiation of estimated characteristics of maximum rivers runoff during floods under climate change / V. Ovcharuk // *Ecological Significance of River Ecosystems*. Elsevier. 2022. P. 351-382. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85045-2.00018-2>
15. Optimization of Hydrographic and Water-management Regionalization of Ukraine according to World Approaches and Principles of the EU Water Framework Directive // *Hydrobiological Journal (USA)*. 2016. № 52 (5). P. 81-92. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v52.i5.90>
16. Chen H., Tong S., Yang H., Yang J. Simulating the hydrologic impacts of land-cover and climate changes in a semi-arid watershed / H. Chen, S. Tong, H. Yang, J. Yang // *Hydrological Sciences Journal*. IAHS LIMITED, Oxford, 2015. № 60(10). P.1739-1758. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.948445>
17. Margaryan V.G. (2020). Assessment of the features of extreme low temperatures of the surface air layer in the lake Sevan basin (Armenia) / V.G. Margaryan // *Izvestiya Tula State University. Earth Sciences*, 2020. № 3. P. 52-64.
18. Margaryan V., Sedrakyan A., Sayadyan H., Reshetchenko S., Dmitriiev S. Modern changes in climatic characteristics and winter minimum average monthly runoff in the basin of lake Sevan / V. Margaryan, A. Sedrakyan, H. Sayadyan, S. Reshetchenko, S. Dmitriiev // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology"*, 2023, (59). P. 178-189. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-13>
19. Martyniuk M., Ovcharuk V. Study the influence of zonal and azonal factors on the maximum flood runoff in the Vistula basin (within Ukraine) / M. Martyniuk, V. Ovcharuk // *International Baltic Earth Secretariat Publication*, 2020. № 18. P. 209.
20. Martyniuk M., Ovcharuk V. Determining the characteristics of the maximum runoff of the rare Acta Hydrologica Slovaca. 24. 1. Probability of exceeding the Vistula River basin within Ukraine / M. Martyniuk, V. Ovcharuk // *Ecology, neo-ecology, environmental protection and sustainable use of nature: proceedings VIII international. Science. Conf. young scientists. Kharkiv, Ukraine*, 2023. P. 229-231.
21. Martyniuk M., Ovcharuk V. Identification of areal with potential significant flood risk using specialized in the Vistula river basin within Ukraine / M. Martyniuk, V. Ovcharuk // *Acta Hydrologica Slovaca*, 2023. № 24 (1). P. 94-100. <https://doi.org/10.31577/ahs-2023-0024.01.0011>
22. Sedrakyan, A., Margaryan, V., Reshetchenko, S., & Dmitriiev, S. Physical meaning of temperature and evaluation of distribution laws (in the area of the Lake Sevan basin). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, 2023, (58), 231-240. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-18>

23. Smith L.C., Pavelsky T.M., MacDonald G.M., Shiklomanov A.I., Lammers R.B. Rising minimum flows in northern Eurasian rivers: A growing influence of groundwater in the high-latitude hydrologic cycle / L.C. Smith, T.M. Pavelsky, G.M. MacDonald, A.I. Shiklomanov, R.B. Lammers // *Journal of Geophysical Research. Biogeosciences*. 2007. № 112. <https://doi.org/10.1029/2006JG000327>
24. Renata J. Romanowicz. The Influence Of Climate Change On Hydrological Extremes: Floods Droughts October 2017 / J. Rena Romanowicz // *Floods Droughts October*, 2017. <https://doi.org/10.31988/SciTrends.3899>
25. Reshetchenko S. Dmitriiev S., Cherkashyna N., Goncharova L. (2020). Climate indicators of changes in hydrological characteristics (a case of the Psyol river basin) / S. Reshetchenko, S. Dmitriiev, N. Cherkashyna, L. Goncharova // *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, 2020. № 53. P. 176-189. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-12>
26. Tallaksen L.M. Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater / Tallaksen, L.M. Henny, 2004. 579 p.
27. Volchek A.A., Gryadinova O.I. Minimum runoff of the rivers of Belarus: monograph / A.A. Volchek, O.I. Gryadinova // *Brest. state University named after A.S. Pushkin. Brest: BrSU*. 2010. 169 p.
28. Šugareková M., Zeleňáková M. Flood risk assessment and flood damage evaluation—The review of the case studies / M. Šugareková, M. Zeleňáková // *Acta Hydrologica Slovaca*. 2021. № 22. 1. P. 156–163. <https://doi.org/10.31577/ahs-2021-0022.01.0019>
29. Шакирзанова Ж. Р., Погорелова М.П., Мостій А.С., Блага А.О., Стратійчук О.В. Методика прогнозування сезонного меженного стоку річок Півдня України для забезпечення сталого водокористування / Ж. Р. Шакирзанова, М.П. Погорелова, А.С. Мостій, А.О. Блага, О.В. Стратійчук. Одеса. 2021. С. 109-110.
30. Шакирзанова, Ж.Р. Довгострокові гідрологічні прогнози: конспект лекцій / Ж.Р. Шакирзанова. Одеса. 2010. 154 с.

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

#### References

1. Bolbot, G.V. (2019). Estimation of long-term fluctuations of the minimum water consumption of the rivers of the Seversky Donets basin. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. 3 (54), 31-33. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ghghge\\_2019\\_3\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ghghge_2019_3_12) [in Ukrainian]
2. Khilchevskoho V.K. (2007). Hydrological and hydrochemical characteristics of the minimum river runoff of the Dnieper basin. K.: Nika-Tsentr, 184. [in Ukrainian]
3. Hopchenko, Ye.D., Loboda, N.S., Ovcharuk, V.A. (2014). Hydrological calculations. Odesa: TES. 484. [in Ukrainian]
4. Goptsiy, M.V., Ovcharuk, V.A., Kushchenko, L.V., Prokofiev, A.N., Hoyan, Yu.A. (2021). Minimal water runoff of the Azov river basin area during summer-autumn and winter low-water periods. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*. 2 (60), 18-26. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.2> [in Ukrainian]
5. Hoian, Yu.O., Hoptsiy, M.V., Kushchenko, L.V. (2020). Peculiarities of cyclicity in the fluctuations of the minimum runoff in the period limited in the territory of the Azov Sea under modern climatic conditions. *Ecology, neoecology, environmental protection and balanced nature management*. Kharkiv, 52-54. [in Ukrainian]
6. Hrebin, V.V. (2010). Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape-hydrological analysis. K.: Nika-Tsentr, 316. [in Ukrainian]
7. Zhovnir, V.V., Hrebin, V.V. (2018). Analytical review of studies of minimum water runoff. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. 1 (48), 16- 24. [in Ukrainian]
8. Kushchenko, L.V. (2021). Research of water deficits and drought indices for the zone of insufficient water content of Ukraine. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 4 (62), 34-46. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.4.3>
9. Kushchenko, L., Ovcharuk, V., Prokofiev, O., Goptsiy, M., Andreevskaya, G. (2021). Minimal and environmental runoff of rivers in the zone of the insufficient water content of Ukraine. *Environmental science*. 2 (35), 30-36. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.5> [in Ukrainian]
10. Kouidri, Sofiane, Megnounif, Abdesselam, Ghenim, Abderrahmane Nekkache. (2019). Long-term seasonal characterization and evolution of extreme drought and flooding variability in northwest Algeria//*Meteorology, Hydrology and Water Management*. 7 (2). 63-71. [in Ukrainian]
11. Loboda, N.S. (2011). The impact of climate change on the water resources of Ukraine (modeling and forecasts based on climate scenarios). *Global and regional climate change*, 340-351. Available at: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/3771> [in Ukrainian]
12. Loboda, N.S., Serbova, Z.F., Bozhok, Yu.V. (2014). The impact of climate change on Ukraine's water resources in current and future conditions (according to the scenario of global warming A1B). *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 15, 149-159. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggi\\_2014\\_15\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggi_2014_15_23) [in Ukrainian]
13. Loboda, N.S., Kozlov, M.O. (2020). Assessment of water resources of the Ukrainian rivers according to the average statistical models of climate change trajectories RCP4.5 and RCP8.5 over the period of 2021 to 2050. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, (25), 93-104. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.09>

14. Ovcharuk, V. (2022). Engineer substantiation of estimated characteristics of maximum rivers runoff during floods under climate change: Ecological Significance of River Ecosystems. Elsevier. 351-382. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85045-2.00018-2>
15. Optimization of Hydrographic and Water-management Regionalization of Ukraine according to World Approaches and Principles of the EU Water Framework Directive. (2016). Hydrobiological Journal (USA). 52 (5), 81-92. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v52.i5.90>
16. Chen, H., S. Tong, H. Yang, J. Yang. (2015). Simulating the hydrologic impacts of land-cover and climate changes in a semi-arid watershed. Hydrological Sciences Journal. IAHS LIMITED, Oxford, Uk. 60(10): 1739-1758. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.948445>
17. Margaryan, V.G. (2020). Assessment of the features of extreme low temperatures of the surface air layer in the lake Sevan basin (Armenia). Izvestiya Tula State University. Earth Sciences. 3, 52–64.
18. Margaryan, V., Sedrakyan, A., Sayadyan, H., Reshetchenko, S., Dmitriev, S. (2023). Modern changes in climatic characteristics and winter minimum average monthly runoff in the basin of lake Sevan. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series “Geology. Geography. Ecology”, (59), 178-189. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-13>
19. Martyniuk, M., Ovcharuk, V. (2020). Study the influence of zonal and azonal factors on the maximum flood runoff in the Vistula basin (within Ukraine). International Baltic Earth Secretariat Publication, 18, 209.
20. Martyniuk, M., Ovcharuk, V. (2023). Determining the characteristics of the maximum runoff of the rare Acta Hydrologica Slovaca. 24. 1. Probability of exceeding the Vistula River basin within Ukraine. Ecology, neo-ecology, environmental protection and sustainable use of nature: proceedings VIII international. Science. Conf. young scientists (Kharkiv, Ukraine, 229–231).
21. Martyniuk, M., Ovcharuk, V. (2023). Identification of areal with potential significant flood risk using specialized in the Vistula river basin within Ukraine. Acta Hydrologica Slovaca. 24 (1), 94-100. <https://doi.org/10.31577/ahs-2023-0024.01.0011>
22. Sedrakyan, A., Margaryan V., Reshetchenko S., Dmitriev, S. (2023). Physical meaning of temperature and evaluation of distribution laws (in the area of the lake Sevan basin). Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series “Geology. Geography. Ecology”, (58), 231-240. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-18>
23. Smith, L.C., Pavelsky, T.M., MacDonald, G.M., Shiklomanov, A.I., Lammers, R.B. (2007). Rising minimum flows in northern Eurasian rivers: A growing influence of groundwater in the high-latitude hydrologic cycle. Journal of Geophysical Research. Biogeosciences. 112. <https://doi.org/10.1029/2006JG000327>
24. Renata, J. Romanowicz (2017). The Influence Of Climate Change On Hydrological Extremes: Floods Droughts October. <https://doi.org/10.31988/SciTrends.3899>.
25. Reshetchenko, S., Dmitriev, S., Cherkashyna, N., Goncharova, L. (2020). Climate indicators of changes in hydrological characteristics (a case of the Psyol river basin). Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series “Geology. Geography. Ecology”, (53), 176-189. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-12>
26. Tallaksen, L.M., Van Lanen, Henny. (2004). Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater.
27. Volchek, A.A., Gryadinova, O.I. (2010). Minimum runoff of the rivers of Belarus: monograph. Brest. state University named after A.S. Pushkin. Brest: BrSU. 169.
28. Šugareková, M., Zelenáková, M. (2021): Flood risk assessment and flood damage evaluation—The review of the case studies, Acta Hydrologica Slovaca. 22, 1, 156–163. <https://doi.org/10.31577/ahs-2021-0022.01.0019>
29. Shakirzanova, Zh. R., Pogorelova, M.P., Mostiy, A.S., Blaga, A.O., Stratiychuk, O.V. (2021). Methodology for forecasting the seasonal boundary runoff of rivers of the South of Ukraine to ensure sustainable water use. Second All-Ukrainian Hydrometeorological Congress: abstracts, 109-110. [http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/9319/1/LobodaNS\\_OvcharukVA\\_ShakirzanovaJR\\_Proceedings\\_Hydrometeorological\\_congress\\_2021\\_71-72.pdf](http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/9319/1/LobodaNS_OvcharukVA_ShakirzanovaJR_Proceedings_Hydrometeorological_congress_2021_71-72.pdf) [in Ukrainian]
30. Shakirzanova, Zh.R. (2010). Long-term hydrological forecasts: Lecture notes. Odesa: TPP Publishing House. [http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/98/1/ShakirzanovaZhR\\_Dovgostrokovi\\_gidrologichni\\_prognozy\\_KL\\_2010.pdf](http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/98/1/ShakirzanovaZhR_Dovgostrokovi_gidrologichni_prognozy_KL_2010.pdf) [in Ukrainian]

## Тенденції тридцятидобового мінімуму зимового стоку річок басейну озера Севан

**Вардуй Маргарян**<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент кафедри фізичної географії та гідрометеорології,

<sup>1</sup> Єреванський державний університет, Єреван, Вірменія;

**Світлана Решетченко**<sup>2</sup>

к. геогр. н., доцент кафедри фізичної географії та картографії,

<sup>2</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна;

**Вагран Варданян**<sup>1</sup>

д. техн. н., професор кафедри геофізики

**Ховакім Фрунзікян**<sup>3</sup>

<sup>3</sup> ДНКО «Центр експертизи впливу на навколишнє середовище»

Міністерства оточуючого середовища, Єреван, Вірменія

У роботі наводяться результати дослідження динаміки мінімального зимового стоку річок басейну озера Севан за тридцятидобовий період, що сьогодні має практичне значення в розрахунку екологічного стоку внаслідок посилення господарського використання водних ресурсів, гідроенергетики, іригації. Дослідження мінімального стоку є актуальним під час вирішення водогосподарських рішень для населених територій, промислових та сільськогосподарських підприємств, а також для визначення оцінки зрошувальних норм для польових ділянок. Аналіз та оцінка тенденцій зимового стоку на гідропостах річок басейну озера Севан проводилися за допомогою часових рядів мінімальних тридцятидобових витрат за період сорок років. Математико-статистичні, картографічні методи дозволили встановити особливості просторового розподілу показників на досліджуваній території. Побудовано криві живлення та визначено значення зимового мінімуму тридцятидобового стоку із забезпеченістю 90, 95, 99,5% для дванадцяти ділянок. Визначені значення витрат, коефіцієнти кореляції його варіацій ( $C_v$ ) та асиметрії ( $C_s$ ). Аналіз часового розподілу досліджуваних гідрологічних показників та коефіцієнти лінійного тренду мінімального зимового стоку вказують на тісний зв'язок між значеннями середньомісячного мінімального водоспоживання та мінімальним зимовим водоспоживанням. Для річок басейну озера Севан характерним є синхронність коливань річного та зимового стоку. На більшості річок (понад 58% постів) спостерігається збільшення значень зимового стоку, що не перевищує  $0,13 \text{ м}^3/\text{с}$  на 10 років, для решти постів (42%) спостерігається зворотна тенденція. Побудовані картографічні твори розподілу коефіцієнтів лінійного тренду мінімального зимового стоку за період з грудня по березень вказують на переважання односпрямованих змін на досліджуваних річках. Представлені річки басейну озера Севан мають регіональні відмінності в розподілі гідрологічних показників, що обумовлено площею, густотою річкової мережі та фізико-географічними особливостями водозборів. Значення коефіцієнтів лінійного тренду мінімального зимового стоку для річок басейну озера варіює в межах від  $0,162 \text{ м}^3/\text{с}$  на 10 років (Аргічі) до  $0,124 \text{ м}^3/\text{с}$  на 10 років (Лічок). Отримані залежності дозволяють поліпшити прогноз мінімального зимового водоспоживання досліджуваної території.

**Ключові слова:** Вірменія, річки басейну озера Севан, маловодний період, зимовий мінімум стоку за тридцять днів, статистичні характеристики, коефіцієнт лінійного тренду.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 7 квітня 2024 р.

Прийнята 11 травня 2024 р.

## Analysis of spatio-temporal allocation of snow cover on the territory of Vinnytsia region

Larysa Nedostrelova<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Meteorology and Climatology,

<sup>1</sup> Odessa State Environmental University, Odessa, Ukraine,

e-mail: [nedostrelova@ukr.net](mailto:nedostrelova@ukr.net),  <https://orcid.org/0000-0001-8532-0481>;

Maksym Nedostrelov<sup>1</sup>

PhD Student, Department of Ecology and Environmental Protection,

e-mail: [maximnedostrev@gmail.com](mailto:maximnedostrev@gmail.com),  <https://orcid.org/0009-0007-5407-811X>

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** Snow cover has a great influence on the climate, relief, hydrological and soil-forming processes, plant and animal life. It protects the soil from deep freezing and preserves winter crops, absorbs nitrogenous compounds, thus fertilizing the soil, adsorbs atmospheric dust and cools the surface layers of the air. Snow cover and its duration are social and economic important and affect the environment. Snow-related difficulties are a dangerous factor in the human environment, and more attention should be paid to the impact of snow on the economy or its great value as a natural resource. The investigation of the spatial distribution and temporal variability of the snow cover is an urgent and important issue, especially in the conditions of modern climate changes.

**The purpose** of the article is to establish the characteristics of the spatio-temporal distribution of snow cover in the territory of Vinnytsia region for the period 1996-2018 and the features of its characteristics at the beginning of the XXI century.

**Methods.** The data of daily meteorological observations on the height of the snow cover at the stations of the Vinnytsia region were used as the initial information. To characterize the height of the snow cover, its average values are calculated not for months, but for decades of winter months. Decadal heights and their repeatability by decade were calculated for each station for the period from 1996 to 2018 based on data on the distribution of snow cover height.

**Results.** The analysis of the spatio-temporal distribution of snow cover for the period 1996-2018 makes it possible to describe certain features of the formation of snow cover in the territory of Vinnytsia region: the snow cover in Vinnytsia region is formed in the third decade of October, with the exception of the Vinnytsia and Khmilnyk stations, where the appearance of snow cover begins in the second decades of October; disappearance occurs in the third decade of April throughout the region; decadal heights of snow cover have the maximum repeatability in the gradation from 0 to 5 cm; average decadal heights with the largest values from 10 to 13 cm were found in January and February at the stations of Bilopillia, Vinnytsia and Khmilnyk; the formation of stable snow cover on the territory of Vinnytsia region occurs in the second decade of November; the destruction was recorded from the second decade of March to the first decade of April.

**Scientific novelty and practical significance.** The article provides an analysis of the distribution of snow cover and features of its formation at the end of the 20th and the beginning of the 21st centuries on the territory of the Vinnytsia region. The snow cover has a significant impact on the branches of Ukraine's economy. Agriculture is the most sensitive to the features of snow cover formation, especially when it comes to overwintering of winter crops. One of the main agrometeorological factors that determine the overwintering of winter crops is the height of the snow, its spatial and temporal variability, the period of appearance and disappearance of the snow cover. We believe that our investigation can be used to clarify the forecast of the yield of winter crops in Vinnytsia.

**Keywords:** snow cover, decadal height of snow cover, dates of appearance and disappearance of snow cover, stable snow cover.

**In cites:** Nedostrelova Larysa, Nedostrelov Maksym (2024). Analysis of spatio-temporal allocation of snow cover on the territory of Vinnytsia region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 240-251. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-17>

**Formulation of the problem.** Snow cover is formed as a result of the accumulation of snow on the ground during the deposition of solid precipitation, raining, when most of the precipitation subsequently freezes, as well as the deposition of additions. Accumulation and ablation of snow cover depend mainly on atmospheric conditions and the state of the earth's surface. Determining atmospheric processes are precipitation, their deposition, condensation, turbulent heat- and moisture exchange, radiation balance and movement of air masses, relief features that affect the course of atmospheric processes and the creation of a wind shadow [1]. Observation of the snow cover consists of daily observations of the state of the snow cover and periodic surveys of

the state of the snow cover to determine the amount of snow and water in the natural landscape. The concept of "snow cover", in addition to the layer of snow formed on the surface of the soil, includes: layers of ice on the surface of the snow and soil, as well as melt water accumulated under the snow [2].

Snow cover has a great influence on the climate, relief, hydrological and soil-forming processes, plant and animal life. It protects the soil from deep freezing and saves winter crops, absorbs nitrogenous compounds, thus fertilizing the soil, adsorbs atmospheric dust, cools the surface layers of the air. Snow cover and its duration have social and economic importance and affect the environment [1]. Snow-related difficulties are the dangerous fac-



tor in the human environment, and more attention should be paid to the impact of snow on the domestic economy or its enormous value as a natural resource. The observation of the spatial distribution and temporal variability of the snow cover is an urgent and important question, especially in the conditions of modern climate changes. Agriculture is the most sensitive to the features of snow cover formation, especially when it comes to overwintering of winter crops. One of the main agrometeorological factors that determine the overwintering of winter crops is the height of the snow, its spatial and temporal variability, the period of appearance and disappearance of the snow cover. We believe that our investigation can be used to clarify the forecast of the yield of winter crops in Vinnytsia.

**Analysis of the recent investigations and publications.** Snow cover is formed as a result of a snowfall and has characteristics that are absolutely different from those, which were observed at the time of a snowfall. The temperature in a moment of the snow deposition affects the humidity, hardness and structure of the fresh fallen snow and, therefore, its stability during wind deflation [1, 3, 4]. According to the conclusions of leading experts on the climate change [5-8], under conditions of anthropogenic strengthening of the greenhouse effect, an increase in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere is expected by 2100, which will contribute to an increase in the average air temperature by 1.4–5.8 °C [5, 8-10]. The ongoing global climate changes cause concern for their multidirectional effects. When the climate changes, there is a change in natural resources, and these are not only purely climatic resources, but also those that depend on the state of the climate and are determined by its state. Consideration of climatically determined natural resources has always been given a great importance in those branches of the economy that are closely related to the state of weather and climate [6-8]. This is, first of all, an agro-industrial complex, in which the costs of producing agricultural products are determined by the appropriate set of climatically determined natural resources [8]. The snow cover plays a very important role in the agriculture of our country as a factor that provides soil moisture, as well as protection against the frost of the winter crops and other agricultural plants [11, 12]. The main agrometeorological factors that determine the overwintering of winter crops are: the height of snow, the minimum temperature of the soil at the depth of the tiller node in different periods of winter, the sum of negative air temperatures, the depth of soil freezing, the duration of the period with a snow height of more than 30 cm, the amount of precipitation of autumn and winter periods, etc. [11, 12]. The snow in the fields is very uneven. Under the influ-

ence of the wind in open fields, there is a significant transfer of snow from one part of the field to another. The more uneven distribution of snow is bigger, the lower its average height. It has been established that a snow depth of 10cm is sufficient for the preservation of the winter crops in severe frosts and it could be in the entire field with an average snow height of 30 cm. The duration of the period with snow also has a large spatial variability. Long stay of a thick layer of snow in the fields causes damage to plants due to washing away. With a significant thickness of snow and its long stay in the fields, the condition of winter crops depends on the speed of snow melting. The period of snow formation in the fields and its thickness significantly affect the depth of soil freezing, which also has significant spatial and temporal variability, but still less than the snow thickness [11].

The depth of freezing, which is determined by the height and nature of the snow cover, should be taken into account when laying pipelines, foundations of buildings, etc. The value of the density of the snow cover is included in construction calculations when determining snow loads on structures [11]. In the construction and exploitation of various structures and roads, snow cover is a negative factor that creates loads and drifts. However, the snow cover has a great positive value in the formation of climatic and hydrological regimes [8]. The largest reserves of water in the snow accumulate before the beginning of the spring snowmelt. The water supply in the snow cover is the great practical interest for the national economy. The degree of intensity of melting of the snow cover and the amount of water in it determine the amount of spring drain, floods, and the amount of moisture in the soil. The distribution of water reserves in the snow cover on the territory of Ukraine is characterized by its decrease from north to south, what is the same regularity as the distribution of the height of the snow cover [11, 12]. Snow cover is an important source of soil moisture in the spring. The spring melting of snow in the circumstances of Ukraine causes floods, which plays a major role in the regime of surface water and in economic life [8, 11, 12].

In the circumstances of one climatic region, snow accumulates from year to year in a certain way, characterized by the specific landscape conditions [11, 13, 14]. The nature of the snow cover is directly dependent on local conditions [3, 4, 14, 15-17]. In the cold period of the year, part of the precipitation falls in the form of snow on the territory of the country. The first snow rarely lays all winter. More often it repeatedly melts and then falls out again [14, 16-18]. In the flat part of the country, the average height of the snow cover at the end of November doesn't exceed 3 cm. From November to

December, there is a slight increase in the height of the snow cover and an increase in the area of its distribution [13, 14, 19, 20]. In the central and western regions of Polissia and the forest steppe, as well as in the north of the steppe zone, at the end of December its height increases to 10cm. In January, the increase in the height of the snow cover from decade to decade occurs more intensively compared to December, except for the steppe, where its thickness is almost doesn't increase. In February, there is a further increase of the snow layer with approximately the same intensity as in January. Stable snow cover is formed in the northeastern part of Polissia and forest steppe, where the date of its establishment should be attributed to the middle of December, and in the western and central areas of these zones - to the end of December and the beginning of January. The destruction of the stable snow cover and its dismount going faster than its formation. In general, the destruction of the stable snow cover occurs in the steppe zone at the end of February and the beginning of March, in the forest-steppe zone in the middle of March and in the extreme northeast of the country - at the end of March. The intensity of destruction of the stable snow cover and its descent depend on the local conditions. The number of days with snow cover varies widely in the flat part of the territory of Ukraine. The values decrease from north to south [3, 4, 13, 18].

**Highlighting previously unsolved parts of the common problem.** The presence of the snow cover, its spatial and temporal distribution significantly affect the areas of the Ukrainian economy. At the same time, the characteristics of the snow cover depend on meteorological conditions and circulation processes, which can differ significantly in different regions of the country. Snow cover as a natural resource is actively changing under the influence of the increase in temperature in the winter season and the transformation of precipitation fields. In the conditions of modern climate changes, it is necessary to carry out complex investigations, analysis and forecast of changes in climatically conditioned natural resources [6-8]. As mentioned above, in addition to meteorological conditions, the occurrence of snow cover depends on the landscape, relief, orography and other features of the area. Accordingly, the investigation of regional conditions for the formation and distribution of snow cover is relevant in matters of adaptation to new natural conditions and softening the consequences of these changes.

**The purpose** of the article is to analyze the spatio-temporal distribution of snow cover on the territory of the Vinnytsia region for the period 1996-2018 and the features of its characteristics at the beginning of the XXI century. The data of daily meteorological investigations of the height of the snow

cover at the stations of Vinnytsia were used as the initial information.

**Presentation of the main investigation material.** Vinnytsia region is located in the forest-steppe zone of the central part of Right-bank Ukraine. The land area is 2,606.4 thousand hectares, i.e. 98% of the total area of the region, the rest (2%) is occupied by inland waters. In the west it borders Chernivtsi and Khmelnytskyi, in the north with Zhytomyr, in the east with Kyiv, Kirovohrad and Cherkasy, in the south with Odesa regions of Ukraine and the Republic of Moldova, including part of the border with unrecognized Transnistria. The region occupies almost 4.5% of the territory of Ukraine [21]. The Southern Bug River divides the territory of the region into two parts: the left bank, which belongs to the Dnieper Upland, and the right bank, the Podolia Plateau. The surface of Vinnytsia is a raised plateau that descends in the direction from the northwest to the southeast. Most of the territory of the Vinnytsia region is located within the boundaries of the Ukrainian crystalline shield. The modern relief of the region is mainly a wavy, hilly plain, branched by numerous river valleys, ravines and banks, especially in the region of Transnistria. In the central part of the region, the South Bug River flows from the northwest to the southeast, and the Dniester River flows along the southwestern border of the region. The rivers are used for small shipping and as sources of hydropower. 69 reservoirs and 4,827 ponds have been created in the region.

Vinnytsia region is characterized by forest steppe landscapes. The forests are dominated by broad-leaved tree species: hornbeam, maple, linden, oak, ash. The herbaceous vegetation is characterized by great diversity, there are only about a thousand species of wild plants.

Vinnytsia is located in a temperate climate zone. The climate of the region is moderately continental. A mild, long summer with a sufficient amount of moisture and a relatively short, mild winter are typical for such a climate. Due to its geographical location, the territory of the region is in the sphere of influence of the moisture saturated Atlantic air masses and the peripheral part of the Asian (Siberian) anticyclone, which is characterized by cold, dry continental air masses. Climate is also influenced by air masses from the Arctic and the Mediterranean. The coldest month of Vinnytsia region is January, the warmest is July. Average temperature in January:  $-6^{\circ}\text{C}$ , average temperature in July:  $+19^{\circ}\text{C}$ . Average amplitudes of temperature fluctuations during the year do not exceed  $25^{\circ}\text{C}$ . Under the influence of continental air masses, the temperature can drop to minus  $32-38^{\circ}\text{C}$  on some days, in summer the temperature can rise to  $+37^{\circ}\text{C}$ , the highest temperatures are observed in July-August. The average an-

nual amount of precipitation in the Vinnytsia region is 440-590 mm, of which 80% falls in the warm period. The largest amount of precipitation is observed in the northwest of the territory. The maximum precipitation occurs in May-July and is 130-170 mm. The least wet are the winter months. In the cold season, 25% of precipitation is recorded: in December-February 65-80 mm of precipitation falls. The transition from one season to another occurs gradually. The climate of Vinnytsia is favorable for agricultural production: a long warm and quite wet summer, early spring, dry autumn and winter with moderate frosts and significant snow cover - all this has a positive effect on the growth of grain, technical and horticultural crops [22].

To characterize the height of the snow cover, its average values are calculated not for months, but for

decades of winter months. These values at the beginning and end of winter are calculated only if snow cover was observed in more than 50% of all winters. The average value for a decade is obtained by dividing the total height for all years of the selected period by the number of years. When snow was observed in less than 50% of winters, the average height for such a decade is not calculated. At the same time, it is accepted to put a conditional icon ( • ) in the tables [18]. According to the data of the distribution of the average height of the snow cover on the territory of the Vinnytsia region, decadal heights and their repeatability by decades were calculated for each station for the period from 1996 to 2018. The results of calculations are given in tables 1-6.

Table 1

Repeatability of decadal height of snow cover by decade at Bilopillia station for 1996-2018 (%)

Gradation	X			XI			XII			I			II			III			IV		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
0-5	100	100	73	86	58	70	52	53	50	45	33	46	43	50	63	87	66	100	100		
6-10			18	7	26	10	14	16	15	9	19	14	5	6	6	7					
11-15				7	5	5	14		5	26	14	9	19	22	13		17				
16-20			9		11	10	10	10	15	5	10	14	9	11	13		17				
21-25							5	16		5	14	4	14	6							
26-30								5	10	5	5	4	5	6							
31-35									5	5	5				6						
36-40						5						9	5								
41-45																6					
46-50							5														

At the Bilopillia station, the highest values of repeatability are observed in the gradation of 0-5 cm in the 2nd and 3rd decade of October, 2nd and 3rd decade of April and are 100%. In the gradation of 6-10 cm, the maximum repeatability was recorded in the 3rd decade of December - 26%. The maximum repeatability - 26% of cases in the 3rd decade of January has a gradation of 11-15 cm. The gradation of 16-20 cm is observed with the maximum repeatability - 17% in the 1st decade of April. The highest repeatability - 16% is observed in the gradation of 21-25 cm in the 1st decade of January. The gradation of 26-30 cm has a maximum repeatability of 10% in the 2nd decade of January. In the 2nd decade of March, the maximum repeatability of 6% has a gradation of 31-35 cm. The gradation of 36-40 cm is observed in three decades, the maximum repeatability is 9% in the 2nd decade of February. It can be noted that the gradations of 41-45 and 46-50 cm have the rarest cases of repeatability and are recorded only in the third decade of March and December and have a repeatability rate of 6 and 5% accordingly.

For the Vinnytsia station, the highest repeatabi-

lity values are characteristic for 0-5 cm gradation in the 2nd and 3rd decade of October, the 1st decade of November, and the 2nd and 3rd decade of April and are 100%. In the gradation of 6-10 cm, the maximum repeatability was recorded in the 3rd decade of December - 31%. The maximum repeatability - 20% of cases in the 1st decade of March has a gradation of 11-15 cm. The gradation of 16-20 cm is observed with the maximum repeatability - 13% in the 3rd decade of February and 10% in the 1st decade of April. The highest repeatability - 9% is observed in the gradation of 21-25 cm in the 1st decade of February. The gradation of 26-30 cm has the maximum repeatability - 18% in the 2nd decade of February. In the 1st decade of February, the gradation of 31-35 cm has the maximum repeatability of 13%. It can be noted that the gradation of 36-40 cm has the rarest presence of repeatability of cases, because it is recorded only in the 3rd decade of December and the repeatability is 5%. A gradation of 41-45 cm is observed in three decades, the maximum repeatability is 5% in the 2nd and 3rd decades of December. In the 2nd decade of January with the maximum re-

peatability of 9%, there is a gradation of 46-50 cm. It can be noted that the gradation of 51-55 cm has the rarest presence of cases, because it is recorded only in the 3rd decade of January with a repeatability of 9%. The gradation of 56-60 cm has a maximum repeatability of 5% and is observed in the 2nd and 3rd decades of February.

In the table 3 there is the repeatability of the decadal height at the Haysyn station. Here, the highest repeatability values are observed in the gradation of 0-5 cm in the 1st decade of November, the 3rd decade of March, and the 2nd and 3rd decades of

April and are 100%. In the gradation of 6-10 cm, the maximum repeatability was recorded in the 1st decade of January - 37%. The maximum repeatability - 33% of cases in the 1st decade of April has a gradation of 11-15 cm. The gradation of 16-20 cm is observed with the maximum repeatability - 19% in the 2nd decade of January and 16% in the 1st decade of January. The highest repeatability - 9% is observed in the gradation of 21-25 cm in the 3rd decade of January. The gradation of 26-30 cm has a maximum repeatability of 6% in the 2nd decade of December. It can be noted that the gradation of 31-35 cm has

Table 2

Repeatability of decadal height of snow cover by decade at Vinnytsia station for 1996-2018 (%)

Gradation	X		XI			XII			I			II			III			IV		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0-5	100	100	100	85	75	63	65	45	47	45	44	46	53	47	45	76	94	90	100	100
6-10				15	6	21	15	31	24	28	22	18	4	10	20					
11-15					19	11	5	5	9	9	13		9	10	20	6				
16-20							5	9	4			9	4	13	5	6		10		
21-25											4	9	4	5	5	6				
26-30						5			4		4		18	5	5	6				
31-35							5		4	9	4	13	4	5			6			
36-40								5												
41-45							5	5	4											
46-50									4	9		5								
51-55											9									
56-60													4	5						

Table 3

Repeatability of decadal height of snow cover by decade at the Haysyn station for 1996-2018 (%)

Gradation	X	XI			XII			I			II			III			IV		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0-5	75	100	90	84	65	63	58	42	43	41	40	57	60	62	67	100	67	100	100
6-10	25			8	23	25	16	37	14	14	35	15	28	19	33				
11-15					6		16		19	23	10	9	6	13			33		
16-20			10	8				16	19	9	10	9	6	6					
21-25					6	6	5			9		5							
26-30						6	5	5				5							
31-35									5	4	5								

the rarest repeatability of cases, because it is recorded only in the 2nd and 3rd decades of January and in 1 decade of February, where the repeatability is 5%.

In the table 4 summarizes the indicators for the Zhmerynka station. It can be seen from the table that the highest values of repeatability are observed in the gradation of 0-5 cm in the 1 decade of November, in the three decades of April and are 100%. In the gradation of 6-10 cm, the maximum repeatability was recorded in the 3rd decade of October - 50%. The maximum repeatability - 26% of cases in the 3rd decade of February has a gradation of 11-15 cm. The gradation of 16-20 cm is observed with the maximum repeatability - 11% in the 2nd decade of

January. The highest repeatability - 15% is observed in the gradation of 21-25 cm in the 1st and 2nd decade of February. The gradation of 26-30 cm has the maximum repeatability - 11% in the 1st decade of January. In the 1st and 2nd decade of December, the maximum repeatability of 6% has a gradation of 31-35 cm. The gradation of 36-40 cm is observed in two decades, the maximum repeatability is 8% in the 3rd decade of March. It can be noted that the gradations of 41-45 and 46-50 cm have the rarest cases of repeatability, because they are recorded only in one decade and the recurrence is 6 and 7%.

For the Mohyliv-Podilskyi station (Table 5), the highest repeatability values are observed in the gra-

Table 4

Repeatability of decadal height of snow cover by decade at the Zhmerynka station for 1996-2018 (%)

Gradation	X	XI			XII			I			II			III			IV		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0-5	50	100	80	69	70	71	50	44	42	38	40	50	53	47	50	67	100	100	100
6-10	50		10	23	12	6	25	28	26	24	20	10	11	18	29	17			
11-15			10		12	11	5	11	11	14	20	15	26	23	7				
16-20				8			10	6	11	5		5	5		7	8			
21-25							5		5	9	15	15	5	6					
26-30						6	5	11	5	5	5								
31-35					6	6				5									
36-40												5				8			
41-45														6					
46-50														7					

gradation of 0-5 cm in the 3rd decade of October, the 1st decade of November, and in the three decades of April and are 100%. In the gradation of 6-10 cm, the maximum repeatability was recorded in the 3rd decade of December – 22%. The maximum repeatability - 21% of cases in the 2nd decade of February has a gradation of 11-15 cm. The gradation of 16-20 cm is observed with the maximum repeatability - 10% in the 2nd decade of January. The highest repeatability – 7% is observed in the gradation of 21-25 cm in

the 1st decade of December. The gradation of 26-30 cm has a maximum repeatability of 6% in the 2nd decade of December and the 3rd decade of February. Gradation of 31-35 cm is observed in three decades, the maximum repeatability is 5%. It can be noted that the gradations of 36-40 and 41-45 cm have the rarest cases of repeatability, because they are recorded only in two decades and the maximum recurrence is 6%.

At the Khmilnyk station (Table 6), the highest

Table 5

Repeatability of decadal height of snow cover by decade at the Mohyliv-Podilskyi station for 1996-2018, (%)

Gradation	X	XI			XII			I			II			III			IV		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0-5	100	100	86	84	80	77	66	68	59	50	48	63	74	70	92	90	100	100	100
6-10				8	13	11	22	17	16	20	21	21	10	15	8	10			
11-15			14						10	15	16	21	10	15					
16-20				8					10	5	5								
21-25					7		6	5		5	5								
26-30						6		5					6						
31-35								5		5	5								
36-40							6		5										
41-45						6						5							

values of repeatability occur in the gradation of 0-5 cm in the 2nd and 3rd decade of October, in the 1st decade of November, and in the 2nd and 3rd decade of April and are 100%. In the gradation of 6-10 cm, the maximum repeatability was recorded in the 3rd decade of December - 30%. The maximum repeatability - 19% of cases in the 1st decade of February has a gradation of 11-15 cm. The gradation of 16-20 cm is observed with the maximum repeatability - 17% in the 1st decade of March. The highest repeatability – 23% is observed in the gradation of 21-25 cm in the 2nd decade of February. The gradation of 26-30 cm has a maximum repeatability of 10% in the 3rd decade of December, the 1st decade of Janu-

ary and the 1st decade of February. In the 2nd decade of December, the maximum repeatability of 6% has a gradation of 31-35 cm. The gradation of 36-40 cm is observed in two decades, the maximum repeatability is 5% in the 2nd and 3rd decades of February. In the gradation of 41-45 cm, there are no cases of repeatability of the height of the snow cover. It can be noted that the gradation of 46-50 cm has the rarest repeatability of cases, because it is recorded only in the 2nd decade of February, where the repeatability is 5%.

In fig. 1 there is the repeatability of the decadal height of the snow cover at the stations of the Vinnytsia region during the investigation period. The

Table 6

Repeatability of decadal height of snow cover by decade at the Khmilnyk station for 1996-2018, (%)

Gradation	X		XI			XII			I			II			III			IV		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0-5	100	100	100	82	81	74	76	55	62	56	46	38	47	45	50	66	100	71	100	100
6-10				8	6	21	6	30	14	14	18	9	10	15	11	13		29		
11-15				8	13		6	5		5	18	19	10	5	17	7				
16-20									14	10	5	10		10	17	7				
21-25						5				5	5	14	23	15	5	7				
26-30							6	10	10	5	8	10		5						
31-35							6			5										
36-40													5	5						
41-45																				
46-50													5							

highest repeatability is observed in the gradation of 0-5 cm at all stations, the maximum value for this gradation is 70% at the Mohyliv-Podilskyi station, and the minimum is 54% at the Zhmerynka station. The gradation of 6-10 cm also has significant repeatability, when compared with other gradations, the maximum value of 19% was recorded at the

Haysyn station, and the minimum value of 12% is characteristic of the Bilopillia station. The gradation of 11-15 cm has the maximum value at Bilopillia and Zhmerynka stations, where it is 12%, the minimum value at Vinnytsia station is 7%. The gradation of 16-20 cm is characterized by the maximum value at the Vinnytsia station, which is 8%, the minimum

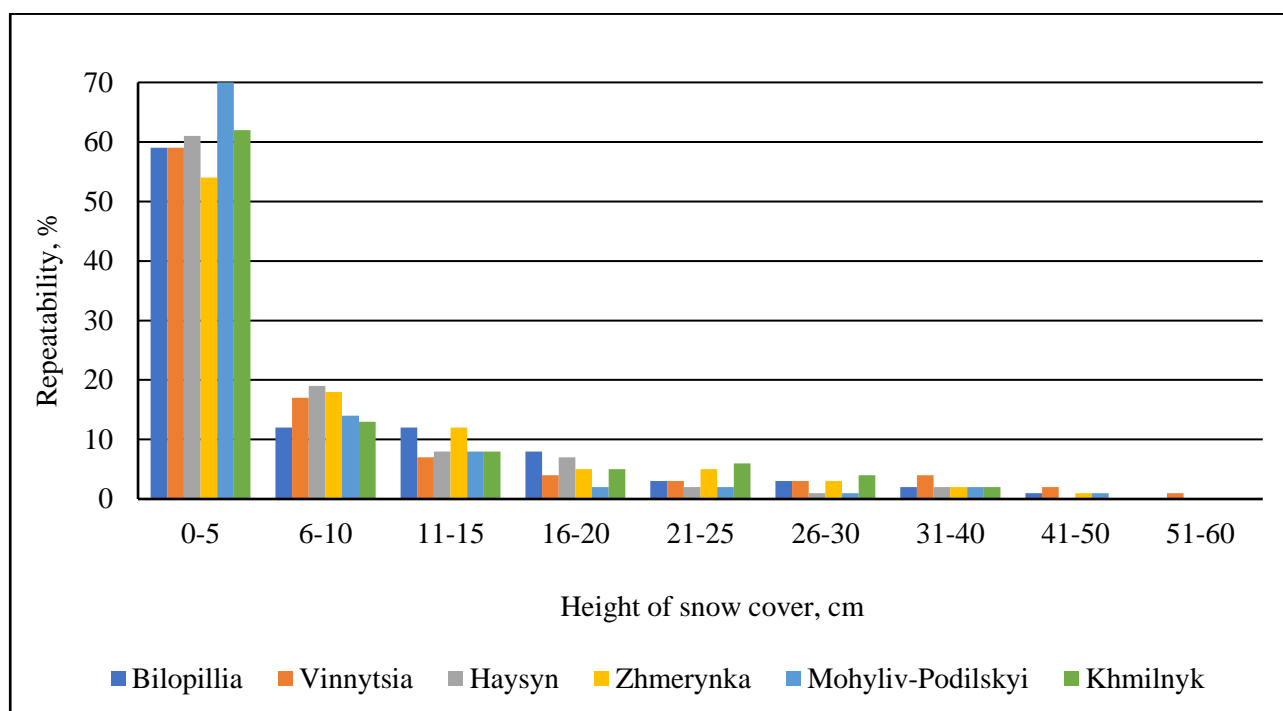


Fig. 1. Repeatability of decadal height of snow cover at stations of Vinnytsia region (%)

value is 2% at the Mohyliv-Podilskyi station.

Repeatability in the gradation of 21-25 cm has the maximum value at the Khmilnyk station, which is 6%, and the minimum value is 2% at the Haysyn and Mohyliv-Podilskyi stations. The gradation of 26-30 cm has a maximum value at the Khmilnyk station and is 4%, and a minimum value of 1% is noted at the Haysyn and Mohyliv-Podilskyi stations. In the gradation of 31-40 cm, the maximum value of 4% is observed at the Vinnytsia station, 2% is at all

other investigated stations. Heights in the gradation of 41-50 cm were found at Bilopillia, Zhmerynka, and Mohyliv-Podilskyi stations, where their repeatability is 1%, and at Vinnytsia station with a maximum value of 2%. Heights in the gradation of 51-60 cm were found at the Vinnytsia station, their repeatability is 1%.

In the table 7 there is the average decadal height of the snow cover along a permanent rail.

It can be seen from the table that the appearan-

Table 7

The average decadal height of the snow cover along the permanent rail at the stations of the Vinnytsia region

Station	X		XI			XII			I			II			III			IV		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Bilopillia		•	•	2	4	6	6	9	10	10	10	11	12	11	10	7	4	•	•	•
Vinnytsia	•	•	•	2	4	5	7	10	11	11	12	13	13	12	8	7	3	•	•	•
Haysyn		•	•	•	4	4	6	7	7	8	9	9	8	7	6	•	1	•	•	•
Zhmerynka		•	•	•	4	7	7	8	9	8	10	10	10	7	9	9	5	•	•	•
Mohyliv-Podilskyi		•	•	•	3	3	5	6	7	7	8	8	7	5	4	1	•	•	•	•
Khmilnyk	•	•	•	•	3	4	6	7	8	9	10	12	12	11	8	6	3	•	•	•

ce of snow at the stations of the Vinnytsia region has been detected since the third decade of October at all stations, except for Vinnytsia and Khmilnyk, where the appearance of snow has been recorded since the second decade of October. The melting of the snow cover occurs in the third decade of April at all stations of the region. The maximum values of the average decade height of the snow cover are observed in the third decade of January and three decades of February and are 13 and 12 cm at Vinnytsia station; in the second decade of February, the maximum value of 12 cm was recorded at the Bilopillia station; in the first and second decade of February, the maximum value of 12 cm is observed at the Khmilnyk station. The lowest height values were recorded at the beginning and end of the period with snow cover. Average, minimum and maximum values of this climatic indicator were found for each station. The maximum average value for winter is 22 cm at the Vinnytsia station, and the minimum is 16 cm at the Mohyliv-Podilskyi station. The minimum value at all stations is 0 cm. The maximum value – 59 cm was recorded at the Vinnytsia station.

It should be noted that the heights of the snow cover depend significantly on the relief conditions, they are redistributed by the wind and usually there is almost no connection between the decadal heights on the territory. The connection between the maximum decadal heights of the snow cover in winter is quite better expressed. Since the height of the snow cover has significant variability from year to year, the repeatability and availability of winters with different highest decadal snow cover heights are also calculated [18]. During the investigation the repeatability of winters with different maximum decadal height of snow cover was analyzed (Fig. 2). In the gradation of 0-5 cm, the largest value of 29% was recorded at the Mohyliv-Podilskyi station, and the minimum value is 4% and was determined for the Bilopillia station. In the gradation of 6-10 cm, the maximum value is 29% for the Haysyn station, the

minimum for the Mohyliv-Podilskyi and Khmilnyk stations is 8%. In the gradation of 11-15 cm, the maximum value was recorded at the Bilopillia station and is 25%, the minimum at the Vinnytsia, Haysyn, Zhmerynka stations is 17%. Gradation of 16-20 cm has a maximum value of 17% at the Haysyn station, a minimum value of 4% at the Zhmerynka station. The gradation of 21-25 cm has a maximum value of 25% at the Zhmerynka station, and a minimum value of 4% at the Vinnytsia station. In the gradation of 26-30 cm, an insignificant maximum of 8%, which is observed at the Bilopillia station, at all other stations the repeatability is equal to 4%. In the gradation of 31-35 cm, the maximum repeatability was recorded at the Haysyn station - 17%, and the minimum value of 4% is characteristic of the Bilopillia station. The gradation of 36-40 cm has a maximum of 8% at Khmilnyk station. The maximum repeatability value of 13% for the gradation of 41-45 cm is characteristic of the Mohyliv-Podilskyi station. In the gradations of 46-50, 51-55 and 56-60 cm, cases of repeatability with a value of 4% were recorded. At all stations heights from 0 to 40 cm are almost 100% repeatable. And only at some stations 4% are characteristic for heights of 41-60 cm.

Some criteria of snow cover were developed according to the methodology adopted at the time in BSCGO (Boris Sresnevsky Central Geophysical Observatory). So, a day with a snow cover is taken as one when at least half of the visible district of the station is covered with snow. Such a snow cover is considered stable if it lies for at least a month with breaks of no more than three days in a row or at intervals; when a break of one day at the beginning of winter is preceded by a snow cover of at least 5 days, and a break of 2-3 days is preceded by at least 10 days. If during the winter there were several periods with stable snow cover, separated in time by no more than 5 days from each other, then the period from the first day with stable snow cover to the

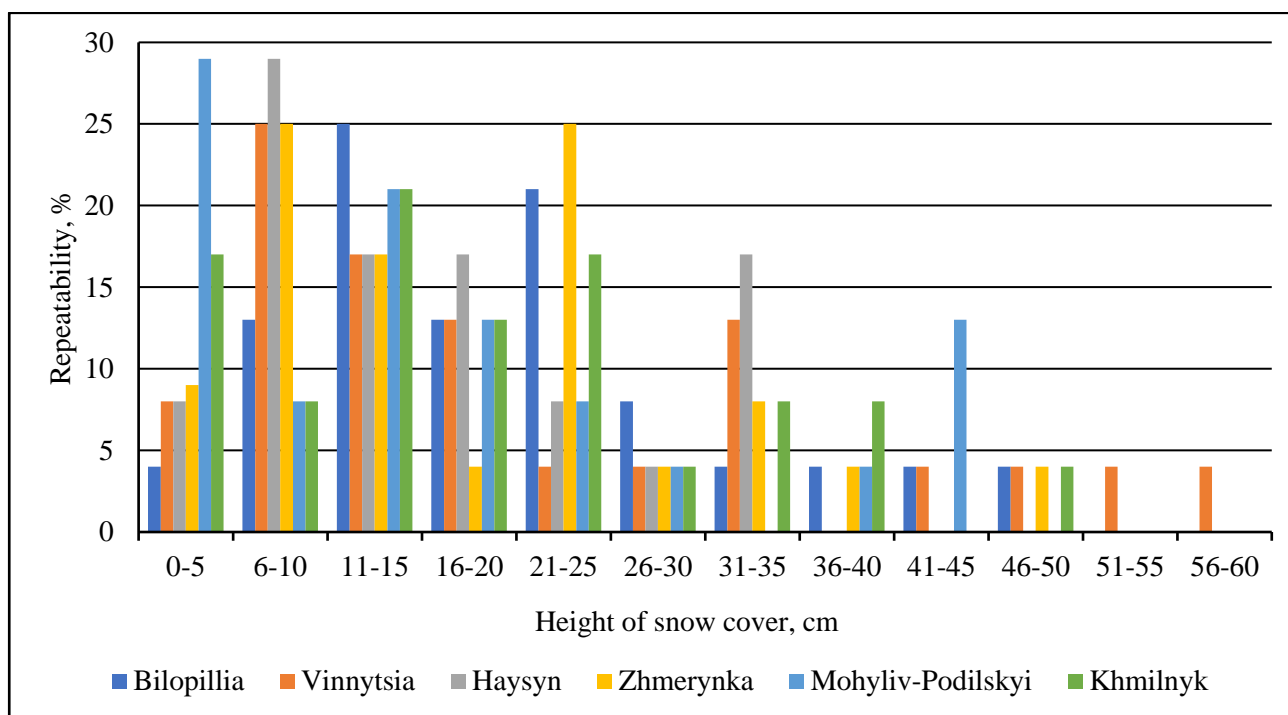


Fig. 2. Repeatability of winters with different maximum decadal height of snow cover at stations of Vinnytsia region (%)

last day of the winter is considered as a single period with stable snow cover. The average multi-year dates of formation and destruction of stable snow cover are calculated only in the case when the number of days with snow cover is more than 50% of all winters, and only for winters when there was only one period with stable snow cover. If at the end of winter, no more than 3 days after the snow cover has

melted, a snow cover is formed again, which lies for at least 10 days, then its occurrence is considered continuous. All named dates of snow cover for each year are entered in the table, then the average dates are calculated and the extreme dates are chosen - the earliest and the latest dates [18]. There are the dates of the appearance and disappearance of the snow cover in the table 8.

Table 8

Dates of the appearance and disappearance of snow cover at the stations of the Vinnytsia region for the period 1996-2018

Station	Dates of the appearance of snow cover			Dates of the disappearance of snow cover		
	middle	the earliest	the latest	middle	the earliest	the latest
Bilopillia	20.11	25.10	11.12	27.03	3.03	24.04
Vinnytsia	14.11	20.10	6.12	3.04	8.03	25.04
Haysyn	24.11	25.10	11.12	22.03	27.02	24.04
Zhmerynka	22.11	24.10	20.12	27.03	25.02	24.04
Mohyliv-Podilskyi	25.11	24.10	26.12	20.03	26.01	23.04
Khmilnyk	19.11	13.10	9.12	26.03	22.02	23.04

So, we can see that at the stations of Vinnytsia, the average dates of the appearance of snow cover were found in November. The indicators range from November 14 in Vinnytsia to November 25 at the Mohyliv-Podilskyi station. We record the earliest dates of appearance in October - October 13 at the Khmilnyk station, which is located in the southern part of the region, and October 25 in the northern and central regions of the region at the stations of

Bilopillia and Haysyn accordingly. The latest dates for the appearance of the cover were determined in December - at Vinnytsia station on December 6 and December 26 at Mohyliv-Podilskyi.

The average dates of the beginning of the snow cover for the stations of the Vinnytsia region are determined in the period from the second decade of March (Mohyliv-Podilskyi) to the first decade of April (Vinnytsia). The earliest date of snow disap-



pearance was found on January 26 (Mohyliv-Podilskyi), during February snow is destroyed at other stations, and in the northern part of the region we record the earliest dates of snow disappearance in the first decade of March (Bilopillia, Vinnytsia). The latest dates were recorded in the period of April 23-25.

An interesting question is whether a stable snow cover was formed at the stations of Vinnytsia during the investigation period? The received results are shown in the table 9.

Calculations make it possible to claim that in the Vinnytsia region, the formation of a stable snow cover occurs in the second and third decades of De-

Table 9

Dates of formation and destruction of stable snow cover at stations of the Vinnytsia region for the period 1996-2018

Station	Dates of formation of stable snow cover			Dates of destruction of stable snow cover			Percentage of winters with no stable snow cover
	middle	the earliest	the latest	middle	the earliest	the latest	
Bilopillia	20.12	13.11	6.02	21.02	20.12	9.04	13
Vinnytsia	22.12	13.11	20.01	14.02	17.12	4.04	8
Haysyn	24.12	12.11	6.02	12.02	15.12	20.03	17
Zhmerynka	20.12	12.11	9.02	16.02	17.12	30.03	17
Mohyliv-Podilskyi	25.12	13.11	6.02	9.02	1.01	16.03	33
Khmilnyk	21.12	12.11	9.02	19.02	20.12	6.04	17

cember, which is defined as average indicators. The earliest dates of the formation of the stability of the cover were found on November 12-13. Such almost simultaneous formation in accordance with the earliest dates is not characteristic of the latest dates, when the stability of the cover was formed from the second decade of January to the first decade of February. The average indicators of stable snow cover destruction range from February 9 to February 21, with the earliest dates recorded in December-January, and the latest in March-April.

An important indicator of snow cover distribution is the percentage of winters with no stable snow cover. On the territory of the Vinnytsia region, changes in this characteristic were found in the range from 8% (Vinnytsia) to 33% (Mohyliv-Podilskyi). At almost all other stations the percentage of winters with no stable snow cover is 17%.

**Conclusions.** The analysis of the spatio-temporal distribution of snow cover for the period

1996-2018 makes it possible to describe certain features of the formation of snow cover in the territory of Vinnytsia region:

- the snow cover in Vinnytsia region forms in the third decade of October, with the exception of Vinnytsia and Khmilnyk stations, where the appearance of snow cover begins in the second decade of October; the snow disappearance is happening in the third decade of April throughout the region;

- decadal heights of the snow cover have the maximum repeatability in the gradation from 0 to 5 cm;

- average decadal heights with the largest values from 10 to 13 cm were found in January and February at the stations of Bilopillia, Vinnytsia and Khmilnyk;

- the formation of stable snow cover on the territory of Vinnytsia region occurs in the second decade of November; the destruction was recorded from the second decade of March to the first decade of April.

#### Bibliography

1. Грей, Д. М. Снег : справочник [Текст] / Д. М. Грей, Д. Х. Мейл. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 689 с.
2. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина I. Метеорологічні спостереження на станціях [Текст] / УкрНДГМІ, ЦГО. – К. : Державна гідрометеорологічна служба, 2011. – 280 с.
3. Nedostrelova, L. Dynamics of snow cover in the Kirovohrad region at the end of the XX and the beginning of the XXI centuries [Text] / L. Nedostrelova // Journal of Geology, Geography and Geoecology. – 2021. – 30(1). – P. 133–144 doi: <https://doi.org/10.15421/112112>
4. Недострелова, Л. В. Особливості формування снігового покриву на території центральної і південної України в умовах сучасних змін клімату [Текст] : монографія / Л. В. Недострелова. – О. : ОДЕКУ, 2022. – 150 с.
5. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах змін клімату [Текст] : монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. – О. : ОДЕКУ, 2018. – 548 с.

6. Giorgi F. Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework [Text] / Filippo Giorgi, Colin Jones, Ghassem, R. Asrar // *WMO Bulletin*. – 2009. – No. 58 (3). – P. 175–183.
7. *Physical processes (CY23R4)* [Text] / P.W. White // *Technical report European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*. – 2001.
8. WMO, 2009: Experts agree on a universal drought index to cope with climate risk [Електронний ресурс] / Press Release. – 2009. – No. 872. Режим доступу: [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_872\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_872_en.html).
9. Хохлов В. М. Просторово-часова мінливість посух в Східноєвропейському секторі в умовах глобальних змін клімату [Текст] / В. М. Хохлов, Н. С. Єрмоленко // *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. – №11. – С. 128-134.
10. Замфірова М. С. Режим температури повітря та опадів в Україні в 2021-2050 роках за даними ансамблю моделей CORDEX [Текст] / М. С. Замфірова, В. М. Хохлов // *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. – № 25. – С. 17-27. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.02>
11. Польовий, А.М., Божко, Л.Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози [Текст] : підручник / А. М. Польовий, Л. Ю. Божко. – К. : КНТ, 2007. – 296 с.
12. Польовий, А.М. Сільськогосподарська метеорологія [Текст] : підручник / А. М. Польовий. – О. : ОДЕКУ, 2012. – 629 с.
13. Врублевська, О. О. Клімат України та прикладні аспекти його використання [Текст] : навч. пос. / О. О. Врублевська, Г. П. Катеруша. – О. : ТЕС, 2012. – 180 с.
14. Клімат України [Текст] : монографія / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. – К. : Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
15. Корнус, А. О. Характеристика снігового покриву Сумської області за результатами спостережень 2005-2017 років [Текст] / А. О. Корнус, І. О. Лисенко // *Географічні науки*. – 2017. – Випуск 8. – С. 3–6.
16. Недострелова, Л. В. Дослідження статистичних характеристик розподілу снігового покриву для Причорномор'я [Текст] / Л. В. Недострелова // *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки*. 2017. – Том 22, Випуск 1(30). – С. 27–38.
17. Кліматичні ресурси Одеської області для сталого розвитку: науково-практичний довідник [Текст] / за ред. Ж. В. Волошиної. – О. : Держ. гідрометслужба України, 2010. – 180 с.
18. Врублевська, О. О. Кліматична обробка окремих метеорологічних величин. Навчальний посібник [Текст] / О. О. Врублевська, Г. П. Катеруша, Н. К. Миротворська. – О. : ТЕС, 2004. – 150 с.
19. Недострелова, Л. Дослідження повторюваності декадної висоти снігового покриву по декадах на території Вінницької області [Текст] / Л. Недострелова, Д. Громенко // *Polish international science journal*. – 2019. – Issue 19. – С. 16-22.
20. Громенко, Д. С. Аналіз кліматичних параметрів снігового покриву на території Вінницької області [Текст] / Д. С. Громенко, Л. В. Недострелова // *Вестник ГМЦ ЧАМ*. – 2019. – Випуск 23. – С. 34-41.
21. Еколого-географічна характеристика Вінницької області [Електронний ресурс] / Режим доступу <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/267-ref22041101>
22. StudFiles [Електронний ресурс] / Режим доступу <https://studfile.net/preview/5375473/page:2/>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

### References

1. Grey, D. M., Meyl, D. KH. (1986). *Snow: reference book*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 689.
2. *Installation of hydrometeorological stations and posts. Issue 3. Part I. Meteorological warnings at stations (2011)*. UkrNDHMI, TSHO. Kyiv, Ukraine: Derzhavna hidrometeorologichna sluzhba, 280. [in Ukrainian]
3. Nedostrelova, L. (2021). Dynamics of snow cover in the Kirovohrad region at the end of the XX and the beginning of the XXI centuries. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30(1), 133–144. doi: <https://doi.org/10.15421/112112>
4. Nedostrelova, L. V. (2022). Features of the formation of snow cover in the territory of central and western Ukraine in the minds of current climate changes. Odesa : Publ. ODEKU, 150. [in Ukrainian]
5. Stepanenko, S. M. & Poliovyi, A. M. (eds) (2018). *Climatic risks of the functioning of the Ukrainian economy in the minds of climate change*. Odesa : Publ. ODEKU, 548. [in Ukrainian]
6. Giorgi, Filippo, Jones, Colin, Asrar, Ghassem. (2009). Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *WMO Bulletin*. 58(3), 175–183.
7. White, P. W. (2001). *Physical processes (CY23R4)*. Technical report European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF).
8. WMO, 2009: Experts agree on a universal drought index to cope with climate risk. Available at : [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_872\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_872_en.html).
9. Khokhlov, V. M. & Yermolenko, N. S. (2012). Spacious-hourly dryness in the Northern European sector in the minds of global climate change. *Ukrayin's'kyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, 11, 128–134. [in Ukrainian]

10. Zamfirova, M. S. & Khokhlov, V. M. (2020). Regime of temperature and precipitation in Ukraine in 2021-2050 according to the ensemble of CORDEX models. *Ukrayins'kyu hidrometeorolohichnyy zhurnal*, 25, 17-27. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.02> [in Ukrainian]
11. Poliiovyi, A. M., Bozhko, L. YU. (2007). Long-term agrometeorological forecasts. Kyiv, Ukraine : Publ. KNT, 296. [in Ukrainian]
12. Poliiovyi, A. M. (2012). Agricultural meteorology. Odesa : Publ. ODEKU, 629. [in Ukrainian]
13. Vrublevs'ka, O. O. & Katerusha, H. P. (2012). The climate of Ukraine and applied aspects of its use. Odesa : Publ. TES, 180. [in Ukrainian]
14. Lipins'kyi, V. M., Dyachuk, V. O., Babichenko, V. M. (2003). Climate of Ukraine. Kyiv, Ukraine: Publ. Rayevs'koho, 343. [in Ukrainian]
15. Kornus, O. O. & Lysenko, I. O. (2017). Characteristics of snow cover in the Sumy region based on the results of monitoring 2005-2017. *Heohrafichni nauky*, 8, 3-6. [in Ukrainian]
16. Nedostrelova, L. V. (2017). Further research on the statistical characteristics of the distribution of snow cover for the Black Sea region. *Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Seriya: Heohrafichni ta heolohichni nauky*, 1(30), 27-38. [in Ukrainian]
17. Voloshyna, Zh. V. (Ed). (2010). Climatic resources of Odessa region for sustainable development: a scientific and practical guide. Odesa: State Hydrometeorological Service of Ukraine. [in Ukrainian]
18. Vrublevs'ka, O. O., Katerusha, H. P., Myrotvors'ka, N. K. (2004). Climatic analysis of certain meteorological quantities. Odesa : Publ. TES, 150. [in Ukrainian]
19. Nedostrelova, L., Hromenko D. (2019). Research on the repeatability of the ten-day height of snow cover over decades in the territory of the Vinnytsia region. *Polish international science journal*, 19, 16-22. [in Ukrainian]
20. Hromenko, D. YE., Nedostrelova, L. V. (2019). Analysis of climatic parameters of the snow cover on the territory of the Vinnytsia region. *Visnyk HMTS CHAM*, 23, 34-41. [in Ukrainian]
21. Ekoloho-heohrafichna kharakterystyka Vinnyts'koyi oblasti. Available at : <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/267-ref22041101>
22. StudFiles. Available at : <https://studfile.net/preview/5375473/page:2/>

## Аналіз просторово-часового розподілу снігового покриву на території Вінницької області

Лариса Недострелова <sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент кафедри метеорології та кліматології,

<sup>1</sup> Одеський державний екологічний університет, Одеса, Україна;

Максим Недострелов <sup>1</sup>

аспірант кафедри екології та охорони довкілля

В статті наведено аналіз розподілу снігового покриву і надано особливості його формування наприкінці ХХ і початку ХХІ століть на території Вінницької області. Сніговий покрив суттєво впливає на галузі економіки України. Найбільш чутливим до особливостей формування снігового покриву є сільське господарство, особливо, коли мова йде про перезимівлю озимих культур. Одним із основних агрометеорологічних факторів, що визначають перезимівлю озимини є висота снігу, її просторова та часова мінливість, строки встановлення та сходу снігового покриву. Метою роботи є встановлення особливостей просторово-часового розподілу снігового покриву на території Вінницької області за період 1996-2018 рр. В якості вихідної інформації використано дані щоденних метеорологічних спостережень за висотою снігового покриву на метеорологічних станціях Вінницької області. Для характеристики висоти снігового покриву обчислюють середні значення її не для місяців, а для декад зимових місяців. За даними про розподіл висоти снігового покриву розраховано декадні висоти та їх повторюваність по декадах для кожної станції за період з 1996 по 2018 роки. Аналіз просторово-часового розподілу снігового покриву дає можливість описати певні особливості формування снігового покриву на території Вінницької області: сніговий покрив на Вінниччині формується в третій декаді жовтня за виключенням станцій Вінниця і Хмільник, де виникнення снігового покриву починається з другої декади жовтня; сходження снігу відбувається в третій декаді квітня по всій території області; декадні висоти снігового покриву мають найбільшу повторюваність в градації від 0 до 5 см; середні декадні висоти з найбільшими значеннями від 10 до 13 см виявлено в січні і лютому на станціях Білопілля, Вінниця і Хмільник; формування стійкого снігового покриву на території Вінницької області відбувається в другій декаді листопада; руйнування зафіксовано з другої декади березня до першої декади квітня.

**Ключові слова:** сніговий покрив, декадна висота снігового покриву, дати появи і сходу снігового покриву, стійкий сніговий покрив.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу


**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 1 березня 2024 р.


Прийнята 17 квітня 2024 р.

## Information: interdisciplinary significance of socio-geographical concept

*Liudmyla Niemets*<sup>1</sup>

DSc (Geography), Professor, Head of the K. Niemets Department of Human Geography and Regional Studies,<sup>1</sup> V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine,  
e-mail: [ludmila.niemets@karazin.ua](mailto:ludmila.niemets@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-9943-384X>;


*Kateryna Sehida*<sup>1</sup>

DSc (Geography), Professor, K. Niemets Department of Human Geography and Regional Studies,  
e-mail: [kateryna.sehida@karazin.ua](mailto:kateryna.sehida@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0002-1122-8460>;

*Kateryna Kravchenko*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, K. Niemets Department of Human Geography and Regional Studies,  
e-mail: [kateryna.kravchenko@karazin.ua](mailto:kateryna.kravchenko@karazin.ua), <https://orcid.org/0000-0003-4654-3185>;

*Josep Vila Subirós*<sup>2</sup>

PhD (Geography), Professor of the Department of Geography,  
Socioenvironmental Research Group,<sup>2</sup> University of Girona, Catalonia, Spain,  
e-mail: [josep.vila@udg.edu](mailto:josep.vila@udg.edu),  <https://orcid.org/0000-0001-7746-9227>;

*Aleksandar Valjarević*<sup>3,4</sup>

PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Geospatial and Environmental Science,  
<sup>3</sup> University of Belgrade, Belgrade, Serbia;

<sup>4</sup> University of East Sarajevo, Faculty of Education, Bijeljina, Bosnia and Herzegovina,  
e-mail: [aleksandar.valjarevic@gef.bg.ac.rs](mailto:aleksandar.valjarevic@gef.bg.ac.rs),  <https://orcid.org/0000-0003-2997-2164>;


*Cezar Morar*<sup>4</sup>

PhD (Geography), Associate Professor in the Department of Geography, Tourism and Territorial Planning,  
<sup>4</sup> University of Oradea, Oradea, Romania,  
e-mail: [cezarmorar@gmail.com](mailto:cezarmorar@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0003-0211-5883>;

*Pavlo Kobylin*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, K. Niemets Department of Human Geography and Regional Studies,  
e-mail: [pavlo.kobylin@karazin.ua](mailto:pavlo.kobylin@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-9718-5838>;

*Liudmyla Kliuchko*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, K. Niemets Department of Human Geography and Regional Studies,  
e-mail: [ludmila.klychko@karazin.ua](mailto:ludmila.klychko@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-6937-3364>;

*Ievgeniia Telebienieva*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, K. Niemets Department of Human Geography and Regional Studies,  
e-mail: [eugene.telebeneva@karazin.ua](mailto:eugene.telebeneva@karazin.ua),  <http://orcid.org/0000-0002-7013-8836>

### ABSTRACT

**The purpose of the article is** to determine the role of information in human-geographical research. Therefore, the authors analyzed and characterized the features of types and categories of information and analyzed the concepts and theories of information used in information geography as initial and basic options for identifying the definition of "information". Based on the analysis, they propose the concept of "information" from the perspective of human geography and identify its role in human-geographical research, as it enables human geographers to analyze and comprehend the intricate interactions between society, nature, and the connections between spatial structures.

**Results.** The article reveals the fundamental role of information in human geography, providing the basis for the analysis, interpretation, and prediction of social and spatial processes. The interdisciplinary significance of the human-geographical concept is also considered. Its primary function is to combine data from various fields of knowledge and contribute to a comprehensive understanding of the complex interaction between humans and nature. The authors analyzed previous foreign and domestic studies of various scientific areas, in particular human geographers, and also examined the most common philosophical concepts of information: attributive, functional, and anthropocentric. Today, there is constant discussion and no single point of view among scientists about information concepts. The article analyzes the concepts and theories of information used in information geography as initial and basic, the definitions of the concept of "information", and the peculiarities of its use in human-geographical research. Based on the analysis, the authors proposed the concept of "information" from the standpoint of human geography and its role in human-geographical research. The main contradictions between society and nature were also revealed, and the basic principles of interaction between society and natural systems in the multisystem of environmental management were considered. The authors highlighted the ideas of the formation of the concept of the social and geographical system and the socio-geographical process and revealed the peculiarities of the embodiment of ideas in human-geographical research. In human-geographical research, information plays a crucial role in determining the level of society's development. Researchers use this information to study the distribution of human activities

and natural resources, plan and manage territories, analyze dynamics and transformations in spatial structures and communication networks, and understand their impact on society. The collection and processing of primary geodata allow for the integration of different types of information and the creation of cartographic models. The utilization of information facilitates socio-economic and urban analysis, enabling the study of the demographic system's features, including its structure, distribution, and the characteristics of its primary categories. In further studies, the authors are going to prepare a model illustrating the role of information in the processes of territorial management, regional development, and restoration.

**Keywords:** *information, information interaction, environmental management, system "Human – Society – Nature", social and geographical system, socio-geographical process, human-geographical studies, sustainable development.*

**In cites:** Niemets Liudmyla, Sehida Kateryna, Kravchenko Kateryna, Vila-Subirós Josep, Valjarević Aleksandar, Morar Cezar, Kobylin Pavlo, Kliuchko Liudmyla, Telebienieva Ievgeniia (2024). Information: interdisciplinary significance of socio-geographical concept. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 252-271. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-18>

**Introduction of the research problem.** The issues surrounding the interaction between humans and nature date back to ancient historical periods, when humans first emerged, developed, and formed societies on Earth. Humans, as components of human society, could only survive and develop by consuming the resources of the natural environment, learning, and consuming increasingly more resources for their own development. The first natural crises, troubles, and catastrophes appeared because of human society's anthropocentric attitude, which violated the millennia-old laws of nature.

The rivalry over resources and territory, as well as the dynamics of human attempts and mistakes at mastering the natural environment to meet the growing population's needs, have shaped the entire history of the relationship between humans and nature. The development of science and technology increased humans' ability to influence nature more intensively, but it also reduced nature's potential for self-renewal. This led to new contradictions, crises, and cataclysms on the planet.

The long history of human knowledge of nature's laws, phenomena, and patterns of development prompted the emergence of new sciences about nature, as well as the rapid development of new technologies, means of influence, and so on. For a long time, physics was at the heart of scientific progress's evolution. It was the founder of the initial mechanistic scientific picture of the world and gave impetus not only to the further development of the scientific picture of the world (electromagnetic, quantum-field, etc.) but also to other new sciences, in particular chemistry, biology, genetics, and mathematics. Without it, there would be no rapid development of research methods and approaches.

Geography has always held a special place in this process of developing the scientific picture of the world, serving as the foundation for knowledge of the surrounding natural world and as the founder of classical natural science. In the future, geography will continue to surpass other sciences in its exploration of the planet's nature, including the discovery of new territories and continents. This allowed humanity to develop an understanding of its planet and nature, accelerating the development of new scienc-

es, improving humans' ability to survive, and fostering the development of the economy and technology to meet growing needs.

Only in the middle of the twentieth century, despite significant scientific achievements and the development of powerful technologies that significantly improved living conditions and met physical and biological needs, humanity realized the negative anthropocentric role it played in the emergence of serious global crises on planet Earth. At this stage, geography also properly performed its traditional functions. However, there came a stage when scientific research (geographical research in particular) led to more catastrophic manifestations due to human influence, without taking into account the needs of nature to preserve their capabilities and patterns. These include the destruction of lakes and rivers, pollution and salinization of soils, and many other consequences that, at times, are virtually impossible to overcome. Scientific searches began to find answers to these challenges. The understanding of the need to protect the environment, the emergence of ecology, and its swift integration into education all contribute to this new phase.

All sciences strive to address the same questions: enhancing human productivity, mitigating the impact of human activity on the environment and society, and integrating intelligent and sustainable technologies into all aspects of society. Indeed, geographical science in general and human geography, as a complex scientific direction that explores the system "Human-Society-Nature," have joined this quest. Today, we can assert that information interaction serves as a potent instrument, facilitating the amalgamation, interplay, and exchange of all components within the social and geographical system. The intensity and nature of this interaction currently determine and will continue to determine the level and intensity of its evolution in the future.

**Analysis of recent research and publications.**

Aurelio Peccei, the founder of the Club of Rome, raised the issue of the interaction of humans and nature and the impact of human activity on the environment as a crucial issue at the level of the world's general scientific problem. It led to an understanding of the need to change human qualities. From this

point forward, scientists from various fields began conducting powerful scientific research on nature, humans, and society. Their goal was to identify the most effective ways to meet the increasing needs of humanity, ensure the rapid advancement of technology and production, and preserve the planet's natural resources for both self-preservation and self-renewal. There are known documents of the first World Conference in 1972 in Helsinki, the work of a powerful team of scientists, businessmen, and politicians under the leadership of the former Prime Minister of Norway, Gru Harlem Bruntland, in preparation for the World Forum in Rio de Janeiro after 20 years of achievements of the Helsinki Forum. This commission prepared a detailed analysis of all processes in the relationship in the global System "Human-Society-Nature". Most countries in Rio de Janeiro unanimously adopted the renowned Strategy for the Sustainable Development of the World for the 21st Century, taking into account the research of world-renowned scientists, a thorough examination of the evolution of hazardous phenomena and processes within the Earth's biosphere, and the human role in these processes. This strategy would guide most countries' efforts to address the manifestations of global crises caused by reckless and anthropocentric human behavior.

The concept (Strategy) of sustainable development gave impetus to interdisciplinary studies of the problems of contemporary civilization and, most importantly, raised the question of the anthropocentric role of humans, his negative role in these problems. They are rapidly spreading to the social components of the relationship between humans and nature, and the spread on a global scale is precisely due to the anthropocentric nature. However, the world quickly split into supporters and opponents of this Strategy, because it required extraordinary actions from the part of human civilization, rejection of many unreasonable needs, material losses, etc. But a lot of useful things have been done, a number of countries have developed their own strategies, created appropriate bodies, etc. The question of the next generations of earthlings and the provision of opportunities for their survival became relevant and required rapid action, including scientific development on an interdisciplinary basis of the sciences of nature, humans, and society.

Since then, the potential and role of social and natural sciences in solving contemporary civilization's problems have increased. This has led to modifications in the conceptual framework, terminology, and methodology of various sciences, especially geography, thereby enhancing the significance of social and socio-economic (human) geography. Interesting studies, projects, and works of scientists-geographers in this direction have appeared; there

are also changes in the educational sphere. The acquisition of information is extremely important, about not only society, science, and technology, but also about the structural information contained in natural systems in particular.

Today, the digital realm encompasses every aspect of human activity. Digitalization, the coding of any type of information known to humanity, is the main trend in contemporary society's development. This simplifies a person's life on the one hand and creates powerful challenges requiring urgent solutions on the other. Many foreign and domestic researchers in various scientific fields, particularly human geographers, have covered the issue of information, information exchange, and the role of information in the life and evolution of society in their current papers.

Liu, C. (2024), based on the author's research experience in the Curating Digital Lives project, presented a "stick to the digital" methodological approach that views the digital as a tangible entity embedded in everyday spaces and practices. This methodology emphasizes the importance of recognizing the conditional, unpredictable, and uncertain nature of digital procedures and processes that people influence. Applying this approach enables geographers to gain a nuanced understanding of how digital technologies contribute to geographic knowledge from a grassroots perspective.

Using transfer entropy metrics and the ICEEMDAN framework, Umar et al. (2023) looked at how information moves between geopolitical risk (GPR) and global financial assets like stocks, bonds, and commodities. They focused on the war between Russia and Ukraine. The results of the study demonstrated that crude oil and Russian capital manifest the opposite reaction to georadar in the short term, and georadar information increases risk in the financial market in the medium and long term.

De Sabbata et al. (2023) attempted to study everyday geographical information through quantitative analysis using data from the social network Twitter. Using statistical approaches based on term frequency and the most up-to-date large language models, the authors also conducted a case study of Twitter content geolocated in Leicester, Great Britain. Scientists have shown that large language models combined with spatial analysis and visualization can contribute to the study of the geography of everyday life and demonstrated the potential of large language models and visual analytics in democratizing complex natural language processing.

Darendeli et al. (2024) explore the geography of corporate fake news. The authors created a complete database of (negative) fake news about American firms, identified accounts that distribute news on social network X (Twitter), and used machine

learning methods to determine the geographical location of these fake news distributors. Foreign accounts are more likely to share corporate fake news than corporate non-fake news, according to the scholars. Corporate fake news is likely to originate in Africa and the Middle East, and tends to increase during periods of high geopolitical tensions at the country level.

Wilson and Wakefield (2021) proposed a methodology for assessing demographic and health indicators with incomplete geographical information, describing a spatial hierarchical model that accounted for the inaccuracy in the location of clusters. The scientists observe that their developed computation algorithm is swift and circumvents the challenging computations associated with the pure MCMC approach.

Acheson and Purves (2021) considered the extraction and modeling of geographical information from scientific articles. The authors developed a fully automatic conveyor to extract and represent locations, such as fieldwork sites or patient treatment centers, from scientific articles and applied it to two distinct buildings. The authors noted good performance with full accuracy on the conveyor for ecological and biomedical buildings, visualized in the form of simple global maps. It allows human annotators to both explore the templates of buildings in space and sort the results for further analysis.

In Ukraine, one of the first powerful papers in this direction was by V. Vernadsky, the founder of the National Academy of Sciences and author of the landmark paper "Biosphere" (1945). He insisted and substantiated that a nature-centric basis should justify all powerful scientific achievements and technologies within the relationship between nature and society. We must transform the biosphere into the noosphere, the mind's sphere. We should only use powerful scientific technologies and means of influencing nature for the mutual benefit of humans and nature. This is particularly true in the field of nuclear physics. The atom must be peaceful. However, the tragic events of Hiroshima and Nagasaki transformed the peaceful atom into a destructive force for contemporary civilization, posing a threat not only to human lives but also to the entire planet.

In the scientific papers of representatives of the Kharkiv Scientific Human-Geographical School, the issue of interaction in the system "Human–Society–Nature is widely covered. In particular, in Doctor of Geographical Sciences, Professor Kostiantyn Niemets's papers – scientific monographs, articles, the role of information in the evolution of society, and the importance of the information approach in human and geographical research are highlighted. As a scientist, he was deeply concerned about understanding the laws governing the mutual develop-

ment of human society and the natural environment, which are based on the ever-increasing flow of information. The development of the relationship between humans and nature cannot occur without a perfect mastery of the principles of information exchange in the global system at all its hierarchical levels. These theories were developed in many subsequent publications of the Kharkiv Scientific School, in particular monographs: "Information: nature, human, and society (human-geographical aspects)" (Niemets et al., 2023a), as well as in papers highlighting aspects of the role of human geography in solving various problems (Niemets et al., 2023b), informational and synergetic components of human-geographical research (Niemets et al., 2022b), methodology of human-geographical research (Niemets et al., 2022a). In addition, the application of the information approach was considered in applied human-geographical research, in particular in the application of the geoinformation approach to the urban, demographic research (Kostrikov and Sehida, 2016; Kravchenko, 2017; Kostrikov et al., 2018), the study of innovation and investment potential of a region (Niemets et al., 2018d), tourism development (Morar et al., 2021a; Niemets et al., 2018c), the study of the interaction between society and nature (Valjarević et al., 2021; Morar et al., 2021b; Garau et al., 2023; Salhi et al., 2022), urban studies (Niemets et al., 2021a; Morar et al., 2022; Niemets et al., 2019a), brownfields and greyfields of a city (Morar et al., 2019), regional development (Niemets et al., 2019c; Niemets et al., 2018a), migration challenges (Niemets et al., 2019b; Sehida et al., 2018), trade (Kobylin, 2016), social infrastructure development of the region (Niemets et al., 2014), development of IT-industry (Niemets et al., 2021b).

Serhii Puhach's papers cover communication networks in the regional dimension and analyze the theory, methodology, and practice of human-geographical research. The author identifies the key features of geographical, social, and virtual spaces from the standpoint of social geography, formulates the socio-geographical concept of communication networks of the region as a reflection of social interactions in a certain territory, and proposes methodological principles of socio-geographical research of communication networks of a region as a whole and transport networks, mobile communication networks, social Internet networks, and migration networks of the region (Pugach, 2021).

**Highlighting previously unsolved parts** of the general problem dedicated to the article;

The contemporary world is dynamic and changing, and information plays an increasingly powerful and decisive role in societal evolution. Therefore, the issue of the role of information in the

evolution of society and the interaction of humans and nature deserves further development and new research.

Information is a central element in human-geographical research, as it allows obtaining, analyzing, and interpreting data on complex relationships between people and the environment. The use of contemporary information technologies significantly expands the possibilities of research and contributes to making decisions that are more informed in the planning and management of territories. In particular, studying the transformation of social relations and the structure of society under the influence of the latest information technologies, the dependence of access to innovative technologies on social equality, the manipulation of information and the impact of disinformation on the development of society, the peculiarities of the evolution of communication means, the role of information in the dynamics of types of employment and the actual nature of work, the impact of the global information space on national identity, etc., is crucial for the development of society under the concept of sustainable development.

**Formulation of the purpose of the article.** To determine the role of information in human-geographical research, it is necessary to analyze and characterize the features of types and categories of information, analyze the concepts, theories of information used in information geography as initial and basic, provide options for defining the term "information", and, on the basis of the analysis, propose the concept of "information" from the standpoint of human geography and determine the role of information in socio-geographical research. Since it allows human geographers to analyze and understand the complex interactions between society, nature, and connections between spatial structures.

**The main material of the research and explanation of scientific results.** There are two fundamentally different types of information in the universe, namely, *structural* (according to some authors, physical) and *social*. *Structural information* reflects the state of order (organization) of any tangible or intangible system. The opposite concept is *entropy*, a measure of the diversity, heterogeneity, and unpredictability of such systems. *Social information* is inevitably *the product of human cognitive activity*, that is, the transformation of structural information in systems through the cognitive function of intelligence into social information. Thus, structural information is primary, has a probabilistic nature, and exists objectively, independently of human consciousness. Social information is secondary and always subjective, which gives it a probabilistic character. Therefore, prior to the emergence of humans, social information was non-existent. Similar

to information technology, humans began to generate it as their cognitive abilities developed. But this does not mean that there is no information exchange in natural systems. As will be shown below, it is information exchange through various processes of material transfer that underlies the development (change in the state) of systems.

Today, there is no single meaningful definition of information that could integrate all partial definitions. Moreover, there is not even a single philosophical platform for such a definition yet, because there are **at least three philosophical concepts of information**.

The first concept – *attributive (aspect)* – defines information as an objectively existing attribute, an intrinsic property of any material objects and systems. According to this concept, information is an intangible substance that is inherent in all material objects, without exception. It reflects the state and dynamics of these objects, which is one of the fundamental concepts in the material world. According to this concept, information is contained in the form of structures inherent in material objects (which is why it is called structural), regardless of their nature – mineral, biological, social, artificial, etc. Thus, the attributive concept implies the widest comprehension of information as a reflection of the diversity of any objects and processes of animate and inanimate nature. Information is a measure of the heterogeneity of the distribution of matter and energy in the space-time continuum, and it accompanies all processes in the universe. From this perspective, it is crucial that the information reflect the interaction of material objects, specifically their mutual influence on each other. This approach enables the exploration of all processes in the material world, which later transforms into the virtual realm through changes in information exchange. This required the development of a method for evaluating the object's structural information. K. Shannon solved this problem in 1948, when he founded the quantitative-information approach and proposed a formula for calculating information entropy as a measure of the uncertainty of the state of an object (*Shannon, 1948*). Indeed, any heterogeneity (disorder, variability, diversity, etc.) in the structure of an object always carries some information. In case of the structure changes (in a broad sense) when interacting with other objects, new information arises that reflects these changes. Consequently, the development (mutations) of this object are recorded in the amount of its structural information.

A large number of scientists, not only of the natural profile, supports the attributive concept of information, due to its breadth of generalization, because it represents the fundamental (philosophical) basis for the study of all processes and phenom-



ena in nature and society.

The second philosophical concept of information – *functional (species)* – arose in connection with the development of cybernetics as a management science in biological, social, and artificial systems that self-organize and self-develop. N. Wiener, the founder of cybernetics, defined information as the messages we receive from the outside world and how we adapt to them (Wiener, 1948). Thus, the functional concept limits the relevance of information (information processes) only to objects, phenomena, and processes of living nature and connects it with mental activity and consciousness. In this view, information is a substance that is present in all living things. It makes sure that the environment is reflected, that organisms (populations, biocenoses, and the biosphere as a whole) adapt to it through mutational processes that genetic traits are passed down through inheritance, and that biological evolution goes in the right direction. From the perspective of the functional concept of information, the exchange of information within mineral systems is either non-existent or overlooked.

The third concept of information – *anthropocentric* – is even more limited in content and is based on a logical-semantic approach, according to which information is considered only in a pragmatic sense and is interpreted as active knowledge for activity, management, and self-improvement. In this sense, information in the meaning of a concept approaches the thesaurus of an individual or society. As you can see, the anthropocentric concept of information assumes that there is no information outside of human participation. If this holds true for social (secondary) information, this concept neglects the primary structural information of natural and social systems, significantly limiting its potential applications.

There are advocates for each of these philosophical concepts of information, leading to a lively debate among philosophers that has yet to settle on a single point of view. Therefore, it is not surprising that in solving applied scientific problems related to the study of information exchange, depending on the subject area and the task of the study, there are a large number of definitions and interpretations of information. Here are some examples. In complex systems, *cybernetics* associates the concept of information with control processes, encompassing both living organisms and artificial (technical) systems. Management processes are primarily concerned with the generation, transmission, storage, and transformation of information. Environmental management and social (public) management are two typical examples of the management process in *human geography*. In *physics*, the interaction of objects is considered the transmission of "signals" (in-

formation exchange) in the form of quanta of matter or energy that change the state of the "transmitter" and "receiver". It's possible to measure object parameters periodically to determine changes in information. In *biology*, information is "responsible" for adaptation, the accumulation of mutations, and the formation of gene programs in biological species and populations. In the field of *computer science*, information functions as "signals" for data transmission, unaffected by semantics, which undergo additional processing to determine content, store information, and so on. In *Earth sciences*, information is mainly considered an indicator of spatial and temporal variability (heterogeneity, diversity, and organization), as well as the evolution of natural and social systems.

As you can see, some definitions of information have similar content. Three groups of definitions are relevant from a human geography perspective (Fig. 1.1).

Information from the perspective of human geography is a set of data, knowledge, and messages about the spatio-temporal characteristics of social, economic, cultural, and environmental processes that allow analyzing, modeling, and interpreting the interaction between humans and nature. We use this information to study the distribution of human activities and natural resources, plan and manage territories, analyze dynamics and transformations in spatial structures and communication networks, and understand their impact on society.

In the classification of information, we distinguish between static and dynamic information based on how we consider the system under study. Thus, from this point of view, static information characterizes, for example, the spatial structure of geosystems, and dynamic information characterizes their evolution. These approaches are used in geographical comparative analysis.

Another important classification of information is based on the corresponding *inhomogeneity's* time of existence. Depending on the peculiarities of the adaptation of the system to changes in the external environment (other systems), it generates new heterogeneity (structural information), which can lead to stable changes in the structure of the system for a certain period of time (macro-information). This refers to the system's memorization of short-term structural variations, also known as micro-information, which the system does not retain in memory. In other words, high-frequency (random) changes in the structure's heterogeneity do not persist (the system "forgets" them). Low-frequency changes remain in the form of stable transformations of the structure for a certain time. The low-frequency changes in heterogeneity then serve as the primary framework for the system's heterogeneity,



Fig. 1.1. Groups identified information from the perspective of information geography (generalized by the authors according to (Niemets et al., 2022a; Niemets et al., 2022b; Niemets et al., 2023a; Niemets et al., 2023b)

while the high-frequency changes are short-term random fluctuations that have no effect on the system's structure. The question of a clear definition of the boundary between these two system states remains relevant. It is possible that, under the influence of a large number of factors in the formation of structural information, these processes occur simultaneously, possibly even affecting each other. The process of structure formation, when influenced by

the lowest-frequency change in heterogeneity, becomes decisive. In fact, this clarifies G. Kastler's definition of information. The first to consider this issue was L. Brillouin, exploring the relationship of information with physical entropy (Brillouin, 1952). He distinguished between free information and related information in the system's microstates. Furthermore, the latter turned out to be proportional to physical entropy, which gave reason to call it related

information or negentropy. Subsequently, a critical analysis of the thermodynamic interpretation of information proved that negentropy has no relationship to the system's structural information (*Cher-navskii, 1975*). Generally, we distinguish four types of information: classical information, where heterogeneity exists infinitely and is absolutely stable; macroinformation, where heterogeneity exists for at least the system's existence and is essentially stable; information, where the heterogeneity's time of existence is less than the system's time of existence with stable heterogeneity; and microinformation, where the heterogeneity's time of existence is less than the process's time, and heterogeneity is unstable (*Gurevich, 2011*).

For geography, this classification of information is important, given the study of the field of features (parameters) of objects, that is, the spatial distribution of parameters. Given the assumption that the intensity of heterogeneity formation factors varies in both space and time, the primary objective of spatial analysis in this context is to distinguish between macro- and micro-information. Geographical processes are specific, occurring on a different time scale compared to processes in the microcosm, such as elemental particles, atom nuclei, molecules, and so on. The typical time for the development of geographical systems ranges from tens to hundreds of thousands. The behavior of the most mobile, namely social subsystems, determines the dynamics of social and geographical systems, sometimes leading to changes over several years. Researchers have established that as the method's resolution or sensitivity increases, they can observe higher-frequency components of field heterogeneity, and vice versa. This allows us to decompose and explore, over time, the field of heterogeneity of geosystems, ranking them by the frequency of their formation. As a result, we get a set of heterogeneity field approximation surfaces with different time structures (*Niemets, 2016*). We approximate the field of heterogeneity based on the integral influence function (IFF) of geographical objects, using the radius of the object's zone of influence as a filter ( $R_0$ ). By changing it, we can separate "macro-information" and "micro-information" (quoted because they have a slightly different interpretation in the spatial version). As a result, we get a set of heterogeneity field approximation surfaces with different spatial structures depending on  $R_0$  (*Niemets, 2014*). The above examples from the methodology of human-geographical research demonstrate the possibility of describing the heterogeneity of social and geographical systems based on one of the most common definitions of information – as a measure of the heterogeneity of objects.

Numerous discoveries in various fields of sci-

ence – physics, chemistry, biology, sociology, geography, geology, linguistics, journalism, social science, etc. – contributed to the meaningful content of the concept of "information". The idea of the unity of the processes of development of both animate and inanimate nature and society, and the crucial role of information in them, emerged in the middle of the twentieth century. The emergence of computers, electronic information technologies, and the development of mass media in response to the social demand for information processing and dissemination have created technical and technological opportunities for research in this area. The diverse interpretations and comprehensions of this field necessitate significant scientific and, primarily, philosophical generalizations. Philosophers fundamentally investigate the formation of a modern understanding of information, as noted at the beginning of this subsection. Philosophy distinguishes the substantial, attributive, and functional concepts of information. According to the *substantial concept*, information is a substance, namely an independent entity. Proponents of this concept rely on N. Wiener's opinion, who believed that information still exists in the world in addition to matter and energy (*Wiener, 1948*). N. Wiener's papers did not develop this idea, but it provided a powerful impetus for understanding information as a fundamental philosophical category. For example, the founder of systems theory, L. von Bertalanffy, generally conceived of information as a physical quantity along with energy (*Bertalanffy, 1968*).

*The attributive concept* regards information as an inalienable attribute, an essential property of matter. People often emphasize that information is a qualitative and quantitative characteristic of the organization or orderliness of display, or that it reflects the structure of matter. Understanding the unified nature of information (as well as the unity of matter and energy) is an important step towards realizing the world's material unity. Information exists only where there is a difference, i.e., information is a reflected variety (*Ursul, 1966*). V. Glushkov defined information as a measure of the heterogeneity of matter (*Encyclopedia of Cybernetics*). Information exists independently of human consciousness in both animate and inanimate nature, according to the attributive concept.

The followers of the *functional concept* of information believe that it is a property only of systems that are capable of self-organization and is associated with their functioning. Thus, information does not belong to all forms and types of matter, but is associated with a complex dynamic control system capable of adaptation (*Kopnin, 1961*). Many scientists believe that information is only an attribute of highly organized matter. Information is inex-

trically linked to the control process. The functional concept divides information into three types: syntactic, semantic, and pragmatic. The last two types do not exist in physical objects by themselves; they are only associated with control processes in controlled or self-organizing systems.

*Information as a general scientific concept* became the object of the *probabilistic-statistical theory of encoding and transmission of information* (R. Hartley and C. Shannon) through electronic communication channels (Hartley, 1968; Shannon, 1948). In particular, K. Shannon used the concept of information to solve practical communication problems: optimizing message encoding, increasing noise immunity, recognizing signals in the presence of noise, channel bandwidth, etc. Information is a measure of the uncertainty removed by the receiver, according to C. Shannon's understanding. In the absence of information loss, it is equal to the information entropy of the transmitter, which is independent of the receiver. This mathematical theory of information primarily focuses on the transmission capacity of a communication channel, irrespective of its content. Numerous publications provide a classic example of this approach, reversing letters to form a meaningful phrase. The amount of information remains unchanged, but the meaning of the phrase becomes unclear.

Based on K. Shannon's ideas about information as a removed uncertainty, later (in the 1960s), L. Brillouin substantiated the negentropic principle, according to which information is a negative contribution to (physical) entropy (Brillouin, 1952). Subsequently, people began to comprehend negentropy in two ways: firstly, as a measure of the quantity of information in the message they received (the difference between the initial message before receiving it and the final message after receiving it with entropy), and secondly, as the attributes of reverse entropy, which mirrors the arrangement of material objects.

The probabilistic-statistical approach of K. Shannon in information theory studies did not dominate for long; from about the mid-1950s, the semantic aspect began to attract more attention. It became clear that, in addition to the quantitative characteristics of information, the qualitative ones are no less important and relevant – its content and value. In linguistics, semiotics was highlighted. The object of research on semiotics was the use of natural and artificial languages as sign systems. Thus, semiotics served as the foundation for the development of a semantic theory of information, which emphasizes the inalienability of information from its carriers, such as signs, words, and languages. The semantic theory of information was developed by R. Carnap, I. Bar-Hillel et al. (Carnap, 1950; Bar-Hillel, 1952).

The receiver's properties, not the transmission channels, should be given special attention in the analysis of information transmission processes. In order to perceive information, the receiving system must have some initial (threshold) information of its own – thesaurus. If the threshold information is sufficient, the receiving system will extend its thesaurus with the information received. Semantic information theory is relevant for a variety of social activities, particularly cognitive ones.

*Synergetic (dynamic) information theory* is based on G. Haken's ideas on the relationship between self-organization and information, as well as I. Prigogine's ideas on the irreversibility of time and the constructiveness of chaos (Haken, 2006; Prigogine, 1983; Prigogine, 1977). Specifically, researchers investigated the mechanisms of genetic information storage and use (Chernavskii, 1975), leading to a clearer definition of G. Kastler's information. As a result, information manifests itself in the form of a random event, which the system manages to remember. The ability of a system to generate random events depends on its complexity; a simpler system is more likely to degenerate, and a more complex system is more likely to be dynamically stable and self-evolve. The non-rememberable choice is micro-information related to the system's physical entropy, which does not affect its structure. Macro-information, which is not associated with physical entropy, is a memorized choice. When analyzing real information processes, we are always talking about macro-information. Information value is fundamentally subjective and depends on the system's purpose.

People increasingly perceive information as a process that involves stages of generation and encoding. At the generation stage, the system randomly selects one option from many possible ones based on its fixation on a material carrier. The broadcast channel prepares the signal for transmission during the encoding stage. The described information process takes place in a self-organizing system at the time of bifurcation (the chaotic state of the system); that is, the generation of information is the exit of the system from the state of chaos. The process of receiving information is mostly considered irreversible and unbalanced, while the receiving system is considered dissipative, capable of arbitrarily increasing the degree of orderliness.

When we summarize the evolution of information understanding, we find that the common comprehension of information dominated until the early 1900s. In the middle of the last century, philosophical and scientific interpretations of this concept began to spread. At this time, mathematical, probabilistic-statistical, and quantitative approaches to understanding information within the main technical

sciences prevailed. Later, as qualitative, semantic, and welcoming approaches begin to develop, the concepts of value and information content come to the fore. Representatives of the natural sciences greatly facilitated this process by paying close attention to information. Synergistic information concepts emerged at the end of the twentieth century, combining quantitative and qualitative approaches. The beginning of the 21st century brought a rethinking of the nature of information, attempts to combine the statistical and semantic principles of its research.

Probably, the above brief overview of the study of the concept of information will be incomplete if we do not consider the history of its definition from the standpoint of linguistics. L. Soldatova carried out a detailed etymological and linguistic analysis of the information; we will rely further on her work (Soldatova, 2013). Based on the analysis of the history of the development of the concept of information, she attempted to synthesize its complete and unambiguous definition, which could be universal for all branches of the sciences of objective reality. L. Soldatova in her analysis applies the theory of reflection. In particular, she notes that since ancient times, information has been correlated with a certain object, the properties of which it reflects. At the same time, information is relatively independent of its carrier, because it can be transmitted in different media using physical signals, regardless of its content. Information arises due to reflection, which has various forms – from elementary to the highest (consciousness). Thus, reflection means the interaction of objects of the material world. In the inorganic nature, reflection exists as mechanical, physical and chemical interactions, and objects are passive. In organic nature, there are more advanced forms of reflection – physiological and psychological. As a result, living organisms form the ability to adapt to changes in the external environment. A person has even more complex forms of reflection (cognitive and creative), which are conscious and allow a person not only to adapt to the environment, but also to consciously (purposefully) influence it. In the second half of the twentieth century, the concept of information acquires the status of the general scientific category and ambiguity up to homonymy – information is an abstract concept, physical properties, the function of systems that self-manage and self-organize, and at the same time information is a certain thing, property, attitude, etc. At this time, pragmatic (value) and semantic (meaningful) approaches to the consideration of information are formed.

L. Soldatova, having analyzed the history of the use of the concept of information, identifies the following main concepts (content groups) formed today:

1. *Objectively idealistic* concept, which asserts the universality of information, its transcendent nature and refutes the presence of its material substance.

2. *The anthropocentric (existential)* concept, according to which information is considered as a subjective phenomenon in which human is the center and the highest goal of the Universe. In the center of study and reflection is the individual spiritual life, in which intuition plays the role of the main method of comprehending reality.

3. *Cybernetic* concept, according to which information is a substance necessary for systems that are controlled and self-organized – biological, artificial, social, etc. The main essence of this concept is that information is the "working body" of management and self-management processes. It is fundamentally important that after the information is delivered to the recipient, there will be a decrease in his uncertainty about a certain process, event, etc.

4. *Physical* is a concept in which information is considered as a physical phenomenon and becomes on a par with such categories as matter and energy. In this interpretation, information is identified with the organization of systems. It is in this concept that numerous definitions of information lie as measures of heterogeneity, diversity, complexity of structure, etc.

5. *The ontological* concept, according to which information is understood as an aspect of the side of the reflection that is subject to objectification and can be transmitted (knowledge, genomes, etc.). In other words, information is a form of representation of reality, where human experience is localized, that is, it replaces the material world and, as a result, it itself acquires materialization and turns into essence.

6. *Communicative* concept, in which information is a tool of information approach, the content and scope of which vary depending on communicative and organizational phenomena. Information is the movement of knowledge, messages, information, etc. in social time and space.

7. A concept that presents information as *the organic quality of living systems*, which distinguishes them from inanimate nature, as an integral substance of living matter, psyche and consciousness. In these concepts, information acts as a "life force" that manages the processes of metabolism in living beings, organizes the mapping of the environment and adaptation to it and the preservation and transmission of the consequential features that form populations, biocenoses and the biosphere as a whole.

8. Concepts that are not the essence of information but reflect the processes of its generation, transmission, storage, use, etc.

Based on a critical assessment of the existing definitions of information, L. Soldatova proposes a

comprehensive and unambiguous definition of the concept of information (Soldatova, 2013). According to L. Soldatova, *information is a collection of components within the state of matter, reflecting in an appropriate form and to a certain extent some qualities and quantities of essences (and/or manifestations of essences) of another being (other states of being). This includes those created by thought processes, which represent both reality and irreality, as well as abstraction at any given time (past, present, future).*

L. Soldatova's proposed definition of information is indeed complete and unambiguous from the point of view of linguistics, but in content, it almost completely coincides with the definitions of information, where the key word is reflection (Kopnin, 1961; Ursul, 1966). The variety of interpretations emphasizes the concept of information's universality and the possibility of its use in various aspects of the study of physical and virtual reality. Depending on the purpose, object, and research methodology, established practices employ varying interpretations of information to achieve the desired result in the most efficient manner. It is evident that as the content (specification) of a concept increases, its volume decreases, and its scope of application narrows. In other words, each variant of the definition of information has a certain scope of application. In a pragmatic sense, such an essentially adaptive approach is quite enough to analyze the processes of information exchange.

From the point of view of human geography, information shows how natural, natural-technogenic, and social systems change over time and space (through heterogeneity, diversity, and organization), as well as how they have changed over time.

Meaningful information analysis requires the object's mental activity, which is a complex psychological act. Specialists in psychology, semiotics, didactics, pedagogy, logic, and other cognitive processes study the issue of perception and understanding of information in detail. The works of some scientists in the interpretation of K. Nemets, which classify information by the levels of its mental and active processing (Nemets, 2005a), are interesting in understanding the problems of information analysis considered within the framework of this paper. Specifically, Nemets distinguishes three classes of information:

1. Syntactic information representing a set of signs and the rules for constructing some messages from them.
2. Semantic information allows for the possibility of disclosing either the encoded content or the content of the message.
3. The practical knowledge aims to trigger a

specific mindset, behavior, or condition.

Semantic information, among the selected classes of information, is the most crucial for understanding the actions of individuals or societies in their environment. It is, in fact, the subject and outcome of scientific analysis or creativity. So let's look at it in detail.

The analysis of semantic information properties leads to the following conclusions:

1. According to statistical information theory, there is a non-equivalence between qualitative and quantitative assessments of information. Qualitative assessment depends on the degree of perfection of the thesaurus available to the researcher. The quality assessment of the received message will be zero if it does not relate to the thesaurus (for example, belongs to another field of science) or does not contain any information that could alter it. We should note that comparing information with the subject's thesaurus gives it a subjective character, despite its objective existence.

2. Information ages over time. This is because the informativeness of a message changes over time, based on the content of subsequent messages. From a schematic perspective, we can represent that the thesaurus replenishes itself only with information that is "new" to it. Therefore, the depreciation of the thesaurus occurs when new information arrives late.

3. The semantic dependence of the sequence of messages explains why semantic information is not subject to the laws of additivity, communicativeness, and associativity.

4. The value of semantic information for the recipient depends on the time, energy, or material resources required to create or receive it. This conclusion has significant theoretical implications because it emphasizes the objectivity of obtaining information.

5. The content of information depends on its form of fixation, presentation, or transmission. Different methods can encode, transmit, or store the same message. The quality of the information will not change. This implies another important property of semantic information: its ability to transform (Nemets, 2005b).

All these properties of semantic information make it possible to characterize its kind, namely scientific information, as a special kind of information that exists in the mind at the level of the individual in the form of an individual thesaurus or society as a whole in the form of a generalized thesaurus. Together with other elements of scientific theory, it presents a scientific picture of the world in the public consciousness. We define "scientific information" as logical data gathered during the cognitive process, which accurately depicts natural phenomena, societal norms, and thought processes, and

finds application in social and historical contexts (Niemets, 2005a). As a result, the level of scientific development in society becomes the most important criterion for assessing the latter's progress. The entire development of the global social and geographical system demonstrates that the role of science and information in society is constantly increasing.

Many researchers refer to this phenomenon as an information revolution, a term further validated by the swift advancement of communication methods. This is fundamental to the formation of the information society. The development of scientific knowledge is influenced by external causes, such as the manifestation of society's needs and the formation of the social order, as well as the presence of a diverse system of internal contradictions in science: "...Between the historical limitations of knowledge and the unlimited creative possibilities of science, between truth and error, empirical and theoretical, new fundamental facts and existing theory, new and old theories, competing hypotheses, theories..." (Scarecrow, 2004).

There is no generally accepted solution to the problem of quantifying the quality of information. Integral assessment of the qualitative informativeness of the thesaurus, which has a complex multi-level structure with complex and ambiguous connections between different branches of the conceptual tree, is a very difficult task, even for a relatively small field of science. It is much more difficult (if not impossible) to assess the integral qualitative informativeness of the entire scientific knowledge system of contemporary humanity. However, there are currently some approaches to solving this problem. The works (Niemets, 2008; Niemets, 2003) most fully describe the statistical approach that K. and L. Niemets proposed to assess the informativeness of the conceptual apparatus in order to optimize the educational process.

It can also be used to solve these problems. Conceptually, the approach focuses on the fundamental "bricks" of any science's structure, and the quantity of these concepts in the thesaurus dictates the science's information capacity. This means that the degree of development and diversity of the conceptual apparatus reflects the ability of this science to describe, explain, and predict the world's phenomena in varying detail, more or less. This approach uses K. Shannon's formula to calculate the amount of information in the concept tree based on the probability of individual concepts.

Concluding the discussion of information quality, we note that in the future we will use the local concept of "volume of accumulated and processed information." The need for this arises because part of the information extracted from the environment is amenable to scientific analysis and complements the

thesaurus; the other part remains undeciphered and "forgotten". As society develops more and more information and improves scientific research methods, the ratio of these portions of information changes over time. Therefore, the above concept refers to the entire volume of scientific information withdrawn from the environment and "remembered" by society.

It follows from the above that information passes the stage of scientific analysis and eventually turns into knowledge, which symbolizes the "memorization" of information in the consciousness of a person or society. According to V. Kusherets, knowledge is the ultimate reflection of a certain side of objective reality in human consciousness in the form of ideas (concepts, ideas, etc.) (Kusherets, 2004). Therefore, knowledge is both objective and subjective. As society disseminates and introduces knowledge into the public consciousness, it gradually liberates itself from the subjective ideas of an individual or a limited society, leading to its objectification. Thus, society transforms empirical information about individual events, phenomena, or processes into generalized, abstracted, strict, and unambiguous scientific information. The importance of this transformation of information is difficult to overestimate because knowledge and the scientific information generated by it in communication (regardless of the method of communication) play an extremely important role in the evolution of society, its needs, and its interaction with the natural environment.

We have highlighted above the key characteristics of scientific information, which include deciphered, generalized, and "memorized" semantic information. Here, we will examine various aspects of scientific information transfer and its crucial role in shaping the interaction between society and nature. First of all, we note the importance of ways of transmitting scientific information.

Information can be transmitted in space and time (Niemets, 2005b). Existing means and channels of communication disseminate new scientific facts, discoveries, and generalizations, constituting the first method of communication (Niemets, 2008). The second way of communicating is through the storage of information in a preserved form on various media, which allows to withdraw it at the right time. When we consider society as a complex social system in interaction with the natural environment, we inevitably understand that society's needs are not a random product of its development (Niemets, 2012). Their formation is closely connected to the possibility of satisfying these needs through the use of natural resources, which in this case are involved in the economic activity of society and, together, form a multisystem of environmental management. It possesses a universal energy capa-

ble of meeting any social need. The current operation of natural systems expends one part of this energy, while the remaining portion remains in its potential form. New knowledge (scientific information) through changing the goals of environmental management and the development of more advanced technologies and means of environmental management releases the potential energy of the multisystem and directs it into an active channel. As V. Kusherets notes (2003), scientific information is not a material engine of the multisystem; it releases material forces (energy, material), transfers them

from the latent state to the active one, and activates environmental management.

This feature of scientific information and knowledge in general, namely the ability to initiate material actions in the multisystem of environmental management, gradually turns into an important strategic resource.

From the point of view of the role of information in human-geographical research in determining the level of development of society and its evolution, it is worth noting the following possibilities of using information (Fig. 1.2).



Fig. 1.2. Using the information approach for certain cases of human-geographical research (constructed by the authors)



In the future, information will be the primary form of capital, not land, production means, money, or technology. This determines the emergence of property relations to scientific information, making it the most expensive product that can be accumulated, sold, or bought. Computer science focuses on the exchange of scientific information through communication channels, its processing, transformation, coding and decoding, and the identification and removal of obstacles. Obviously, the importance of semantic analysis and computer science in the transition to an information society will continue to grow.

**Conclusions.** Information in human geography plays a fundamental role, providing the basis for the analysis, interpretation, and prediction of social and spatial processes. The interdisciplinary significance of this concept lies in its ability to combine data from different fields of knowledge and contribute to a comprehensive understanding of the complex interactions between humans and nature. After analyzing the most common philosophical concepts of information, such as attributive, functional, and anthropocentric, we can observe that each of these concepts has its supporters, leading to an ongoing discussion among scientists that has yet to settle on a single point of view. Therefore, a multitude of definitions and interpretations of information exist to solve applied scientific problems related to the study of information exchange, which vary depending on the subject area and the study's task. Particularly in human geography, environmental management and social (public) management serve as typical examples of the management process, inextricably linked with information. We can group the wide range of different definitions of "information" based on its role and function, which include its use as an indica-

tor of evolution, a gauge of system heterogeneity and disorder, and a semantic object. Accordingly, information from the perspective of human geography is a set of data, knowledge, and messages about the spatio-temporal characteristics of social, economic, cultural, and environmental processes that allow analyzing, modeling, and interpreting the interaction between humans and nature. We use this information to study the distribution of human activities and natural resources, plan and manage territories, analyze dynamics and transformations in spatial structures and communication networks, and understand their impact on society. This concept closely relates to the phenomenon of synergy, which is the ability to self-improve and self-develop open systems, as information always serves as an incentive for development.

From the point of view of the role of information in human-geographical research in determining the level of development of society and its evolution, it is worth noting the following possibilities of using information. These are the collection and processing of primary geodata, which allows to integrate various types of information and create cartographic models that help identify patterns and trends of spatial development and conduct socio-economic and urban analysis. It allows us to identify the features of the demographic system, determine its structure and distribution, and characterize such categories as fertility, mortality, migration, labor resources, employment, types of economic activity, use of resources, transport communications, industrial zones, and the course and transformational consequences of urbanization processes. In further studies, the authors plan to prepare a model illustrating the role of information in the processes of territorial management, regional development, and restoration.

### Bibliography

1. Acheson E., Purves R.S. (2021). *Extracting and modeling geographic information from scientific articles*. PLoS ONE, 16(1), e0244918. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244918>
2. Bar-Hillel Y., Carnap R. (1952). *An Outline of a Theory of Semantic Information*. Technical Report, 247. 49 p.
3. Brillouin L. (1952). *Science and information theory*. New York.
4. Carnap R. (1950). *Empiricism, Semantics, and Ontology*. *Revue Internationale de Philosophie*, 4, 20-40.
5. Chernavskii D.S., Chernavskaya N.M. (1975). *Some theoretical aspects of the problem of life origin*. *Journal of Theoretical Biology*, 50(1), 13-23
6. Darendeli A., Sun A., Tay W.P. (2024) *The geography of corporate fake news*. PLoS ONE, 19(4), e03013642024. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301364>
7. De Sabbata S., Bennett K., Gardner, Z. (2023). *Towards a study of everyday geographic information: Bringing the everyday into view*. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 0(0), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1177/23998083231217606>
8. *Енциклопедія кібернетики: в 2 т. / редкол.: В. М. Глушков (відп. ред) та ін. Київ : Голов. ред. Укр. рад. енцикл., 1973. Т. 1 : А-Л. 582 с.*
9. Garau E., Pueyo-Ros J., Jiménez-Aceituno A., Peterson G., Norström A., Ribas Palom A., Vila-Subirós J. (2023). *Landscape features shape people's perception of ecosystem service supply areas*. *Ecosystem Services*, 64, 101561. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2023.101561>
10. Gurevich I. (2011). *Physical Informatics – Information Methods of Natural Systems Research*. *TripleC. Special Issue: Towards a New Science of Information*, 9(2), 385-395. <https://doi.org/10.31269/triplec.v9i2.291>
11. Haken H. (2006). *Information and Self-Organization A Macroscopic Approach to Complex Systems*. Berlin-Heidelberg: Springer, 258 p.

12. Hartley R.V.L. (1928). *Transmission of Information*, Bell System Technical Journal, 7(3), 535-563.
13. Кобилін П.О. Просторово-часовий аналіз торговельного обслуговування населення Харківської області за параметрами траєкторії руху соціогеосистем / П.О. Кобилін // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Геологія, Географія, Екологія. – 2016. – Вип. 44. – с. 88-97. <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/7497/6973>
14. Копнін П.В. Діалектика як логіка / П.В. Копнін. – Київ: Видавництво Київського університету, 1961. – с. 447
15. Kostrikov, S.V., Sehida, K.Yu. (2016). GIS-modelling of regional commuting (a case study of Kharkiv region). *Actual Problems of Economics*, 12, 399-410
16. Kostrikov, S.V.; Niemets, L.M.; Sehida, K.Y., Niemets, K.A., Morar, C. (2018). *Geoinformation Approach to the Urban Geographic System Research (Case Studies of Kharkiv Region)*. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography Ecology"*, (49), 107-124. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-49-09>
17. Кравченко К.О. Особливості використання геоінформаційних систем при дослідженні розселення населення регіону / К.О. Кравченко // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія, Географія, Екологія». – 2017. – Вип. 47. – С. 106-114. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-47-13>
18. Кушерець, В.І. Аналіз знання як стратегічного ресурсу трансформації суспільства (світоглядно-методологічний аспект): дис... д-ра філос. наук: 09.00.03 / В.І. Кушерець. - Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2003. – 411 с.
19. Кушерець, В.І. Знання як стратегічний ресурс суспільних / В. І. Кушерець. - К. : Знання України, 2002. – 248 с.
20. Liu, C. (2024). Follow the digital: Methodological thoughts on doing everyday geographies in a digital world. *Digital Geography and Society*, 6, 100079. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.diggeo.2024.100079>
21. Morar, C., Nagy, G., Dulca, M., Boros, L., Sehida, K. (2019). Aspects Regarding the Military Cultural-Historical Heritage in The City of Oradea (Romania). *Annales-Anali Za Istrske in Mediteranske Studije-Series Historia Et Sociologia (Annals for Istrian and Mediterranean Studies. Series Historia et Sociologia)*, 29, 2, pp. 303-322. DOI: <https://doi.org/10.19233/ASHS.2019.21>
22. Morar C., Tiba A., Basarin B., Vujčić M., Valjarević A., Niemets L., Gessert A., Jovanovic T., Drugas M., Grama V., Stupariu M., Stoica A., Lukić T. (2021a). Predictors of Changes in Travel Behavior during the COVID-19 Pandemic: The Role of Tourists' Personalities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18 (21), 11169. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182111169>
23. Morar, C., Lukić, T., Basarin, B., Valjarević, A., Vujčić, M., Niemets, L., Tebieniava, I., Nagy, G. (2021b). Shaping Sustainable Urban Environments by addressing the Hydro-Meteorological Factors in the Landslide Occurrence: Ciuperca Hill (Oradea, Romania). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 5022, DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18095022>
24. Morar, C., Lukic, T., Valjarevic, A., Niemets, L., Kostrikov, S., Sehida K., Tebieniava I., Kliuchko, L., Kobylin P., Kravchenko K. (2022). Spatiotemporal Analysis of Urban Green Areas Using Change Detection: A Case Study of Kharkiv, Ukraine. *Frontiers in Environmental Sciences*, 10,823129. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.823129>
25. Немець Л.М. Стійкий розвиток: соціально-географічні аспекти (на прикладі України): монографія / Л.М. Немець. – Харків, Факт, 2003. – 383 с.
26. Немець К.А. Інформаційна взаємодія природних і соціальних систем: монографія / К.А. Немець. – Харків, Східно-регіональний центр гуманітарно-освітніх ініціатив, 2005(а). – 428 с.
27. Немець К.А. Суспільно-географічні основи інформаційного розвитку соціогеосистем : дис... д-ра геогр. наук: 11.00.02 «Економічна та соціальна географія / К.А. Немець. – Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2005(б). – 433 с.
28. Немець К.А. Інформаційна географія як складова підготовки фахівців-географів / К.А. Немець // Проблеми безперервної географічної освіти та картографії. – 2008. – Вип. 8. – с. 195-199
29. Немець К.А. Інформаційний ресурс як чинник екологічної безпеки / К.А. Немець, Л.М. Немець // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Геологія, Географія, Екологія. – 2008. – Вип. 824. – с. 48-56.
30. Немець К.А. Особливості соціогеосистеми як об'єкта соціально-економічної географії / К.А. Немець, Л.М. Немець // Часопис соціально-економічної географії. – 2012. – Вип. 12(1). – С. 39-42.
31. Немець Л.М. Аналіз траєкторії розвитку соціальної інфраструктури Харківської області / Л.М. Немець, П.О. Кобилін, К.Ю. Сегіда // Актуальні проблеми економіки. – 2014. – Вип. 161(11). – с. 409-418. <https://eco-science.net/downloads/>
32. Немець К.А. Теорія і методологія географічної науки : методи просторового аналізу : навч.-метод. посіб. / К. А. Немець, Л. М. Немець. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 172 с.
33. Немець К. Багатовимірний аналіз у суспільній географії (нетрадиційні методи): монографія / К. Немець, К. Сегіда, Л. Немець. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 120 с.
34. Niemets, K., Sehida, K., Niemets, L., Krainyukov, O., Tebieniava, I., Kobylin, P. (2018a). Some Issues of the Formation and Implementation of the Development Strategies of Ukraine's Regions Taking into Account European Experience. *Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth. Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, 15-16 November 2018)*. Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), p. 314-327. <https://ibima.org/accepted-paper/formation-and-implementation-of-the-development-strategies-of-ukraines-regions-in-the-aspect-of-eurointegration/>

35. Niemets, L., Husieva, N., Suptelo, O., Sehida K., Kravchenko K. (2018b) *Research of Brownfields and Greyfields of the City: Theory and Practice. Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth. Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, 15-16 November 2018). Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), p. 409-435. <https://ibima.org/accepted-paper/research-of-brownfields-and-greyfields-of-the-city-theory-and-practice/>*
36. Niemets, L., Sehida, K., Lohvinova, M., Kraynukov, O., Kliuchko, L. (2018c) *Rural Tourism in Ukraine: Peculiarities and Trends of Development. Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth. Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, 15-16 November 2018), Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), p. 290-301. <https://ibima.org/accepted-paper/rural-tourism-in-ukraine-peculiarities-and-trends-of-development/>*
37. Niemets, L.M., Mezentsev, K.V., Sehida, K.Y., Morar, C., Husieva, N.V., Peresadko, V.A., Telebienieva, I.Y. (2018d) *Innovation and Investment Potential of Region as a Factor of its "Smart Transformation" - a Case Study of Kharkiv Region (Ukraine). Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology, Geography Ecology, Issue 49, p. 137-159, DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-49-11>*
38. Niemets L., Suptelo O., Lohvynova, M., Sehida, K., Kliuchko, L. (2019a). *Post-industrial development of the city of Kharkiv (Ukraine): backgrounds and realities. Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations Through Sustainable Economic Competitive Advantage. Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Madrid, Spain, 13-14 November, 2019). Editor Khalid S. Soliman. Madrid, International Business Information Management Association (IBIMA), p. 500-508. <https://ibima.org/accepted-paper/post-industrial-development-of-the-city-of-kharkiv-ukraine-backgrounds-and-realities/>*
39. Niemets, L., Husieva, N., Pohrebskyi, T., Bartosh, O., Lohvynova, M. (2019b). *Integration of internally displaced persons of Ukraine: realities, problems, perspectives. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography Ecology", (51), p. 140-157. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-51-10>*
40. Niemets, L., Niemets, K., Kravchenko, K., Kliuchko, L., Kobylin, P. (2019c). *Transition Features to the Polycentric Development of the Region: Technique and Practice of the Research. Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Granada, Spain, 10-11 April 2019). Editor Khalid S. Soliman. Granada, International Business Information Management Association (IBIMA), pp. 3093-3101. <https://ibima.org/accepted-paper/transition-features-to-the-policentric-development-of-the-region-technique-and-practice-of-the-research/>*
41. Niemets, K., Kravchenko, K., Kandyba, Y., Kobylin, P., Morar, C. (2021a). *World Cities in Terms of the Sustainable Development Concept. Geography and Sustainability, 2(4), 304-311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.12.003>*
42. Niemets, L., Sehida, K., Kravchenko, K., Nosyriev, O., Lohvynova, M., Suptelo, O. (2021b). *It-Industry in Ukraine: Trends and Development Centers. Innovation Management and Sustainable Economic Development in the Era of Global Pandemic. Proceedings of the 38th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, November 23-24, 2021). Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), pp. 5957-5966 <https://ibima.org/accepted-paper/it-industry-in-ukraine-trends-and-development-centers/>*
43. Niemets, K., Sehida, K., Niemets, L., Kravchenko, K., Kobylin, P., Telebienieva, I., Kliuchko, L. (2022a). *Methodology of human-geographical researches: contemporary approaches and methods. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography Ecology", (56), 143-158. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-10>*
44. Немець, Л. Л. Немець, К. Кравченко, К. Сегіда, Є. Телебенєва, Л. Ключко Інформаційно-синергетична складова суспільно-географічних досліджень у науковій спадщині Костянтина Немеця // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Геологія, Географія, Екологія. – 2022. – Вип. 57. – с. 153-172. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-12>
45. Інформація: природа, людина, суспільство (суспільно-географічні аспекти): колективна монографія / за ред. Л. М. Немець, К. В. Мезенцева. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2023(a). – 408 с.
46. Niemets, L., Sehida, K., Kobylin, P., Tahsin Şahin, M., Bartosh, O., Telebienieva, I., Kravchenko, K., & Kliuchko, L. (2023b). *Integrative role of human geography in solving global problems of modernity. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology, 58, 171-187. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-14>*
47. Prigogine I., Nicolis G. (1977). *Self-Organisation in Nonequilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order through Fluctuations. New York, London, Sydney, Toronto: J. Wiley & Sons, 491 p.*
48. Prigogine I., Stengers I. (1983). *Order out of Chaos. Toronto, New York, London, Sydney: Bantam Books, 349 p.*
49. Пугач С.О. Комунікаційні мережі регіону: теорія, методологія, практика соціально-географічного дослідження / С.О. Пугач. – Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2021. – 200 с.
50. Пугач Я.Б. Фундаментальні проблеми історії та філософії науки / Я.Б. Пугач. – Харків, Факт, 2004. – 536 с.
51. Salhi, A., Vila Subirós, J., & Insalaco, E. (2022). *Spatial patterns of environmental degradation and demographic changes in the Mediterranean fringes. Geocarto International, 37(26), 14721-14738. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2090619>*
52. Sehida K., Husieva, N., Niemets, L., Suptelo, O., Kobylin, P., Kliuchko, L. (2018) *Migration Challenges of the 21st Century: The Experience of Ukraine. Sustainable Economic Development and Application of Innovation Manage-*

- ment from Regional expansion to Global Growth. *Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, 15-16 November 2018)*, Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), 2018, p. 328-337. <https://ibima.org/accepted-paper/migration-challenges-of-the-21st-century-the-experience-of-ukraine/>
53. Shannon C. (1948). *A Mathematical Theory of Communication*. *Bell System Technical Journal*, 27, 379-423
54. Солдатова Л.П. Інформація: сутність та історія поняття / Л.П. Солдатова // *Studia linguistica: збірник наукових праць*. – 2013. – Вип. 7. – с. 393-401.
55. Umar Z, Bossman A, Choi S-Y, Vo XV (2023) Information flow dynamics between geopolitical risk and major asset returns. *PLoS ONE*, 18(4), e0284811. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284811>
56. Ursul A.D. (1966). *On the Nature of Information*. *Soviet Studies in Philosophy*, 5(1), 37-46.
57. Valjarević, A., Morar, C., Živković, J., Niemets, L., Kičović, D., Golijanin, J., Gocić, M., Martić Bursać, N., Stričević, L., Žiberna, I., Bačević, N., Milevski, I., Durlević, U., Lukić, T. (2021). Long Term Monitoring and Connection between Topography and Cloud Cover Distribution in Serbia. *Atmosphere*, 12(8), 964. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12080964>
58. Von Bertalanffy L. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications* / Ludwig von Bertalanffy. – New York.
59. Wiener N. (1948). *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine* / Norbert Wiener. – John Wiley
60. Wilson K., Wakefield J. (2021). Estimation of health and demographic indicators with incomplete geographic information. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 37, 100421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sste.2021.100421>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

#### References

- Acheson E., Purves R.S. (2021). Extracting and modeling geographic information from scientific articles. *PLoS ONE*, 16(1), e0244918. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244918>
- Bar-Hillel Y., Carnap R. (1952). *An Outline of a Theory of Semantic Information*. Technical Report, 247, 49.
- Brillouin L. (1952). *Science and information theory*. New York.
- Carnap R. (1950). *Empiricism, Semantics, and Ontology*. *Revue Internationale de Philosophie*, 4, 20-40.
- Chernavskii D.S., Chernavskaya N.M. (1975). Some theoretical aspects of the problem of life origin. *Journal of Theoretical Biology*, 50(1), 13-23
- Darendeli A., Sun A., Tay W.P. (2024) The geography of corporate fake news. *PLoS ONE*, 19(4), e03013642024. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301364>
- De Sabbata S., Bennett K., Gardner, Z. (2023). Towards a study of everyday geographic information: Bringing the everyday into view. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 0(0), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1177/23998083231217606>
- Encyclopedia of cybernetics* (1973). Vol. 1: A-L Kyiv: Head. ed. Ukrainian Soviet encyclopedia, 582. [in Ukrainian]
- Garau E., Pueyo-Ros J., Jiménez-Aceituno A., Peterson G., Norström A., Ribas Palom A., Vila-Subirós J. (2023). Landscape features shape people's perception of ecosystem service supply areas. *Ecosystem Services*, 64, 101561. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2023.101561>
- Gurevich I. (2011). *Physical Informatics – Information Methods of Natural Systems Research*. *Journal for a Global Sustainable Information Society. Special Issue: Towards a New Science of Information*, 9(2), 385-395
- Haken H. (2006). *Information and Self-Organization A Macroscopic Approach to Complex Systems*. Berlin-Heidelberg: Springer, 258.
- Hartley R.V.L. (1928). *Transmission of Information*, *Bell System Technical Journal*, 7(3), 535-563.
- Kobylin, P. O. (2016) Spatial and temporal analysis of population trade service in Kharkiv region for parameters of social and geographical system trajectory motion. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology, Geography Ecology"*, (44), 88-97. <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/7497/6973> [in Ukrainian]
- Kopnin P. (1961). *Dialectics as logic*. Kyiv, Kyiv University, 447. [in Ukrainian]
- Kostrikov, S.V., Sehida, K.Yu. (2016). GIS-modelling of regional commuting (a case study of Kharkiv region). *Actual Problems of Economics*, 12, 399-410
- Kostrikov, S.V.; Niemets, L.M.; Sehida, K.Y., Niemets, K.A., Morar, C. (2018) Geoinformation Approach to the Urban Geographic System Research (Case Studies of Kharkiv Region). *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography Ecology"*, (49), 107-124. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-49-09>
- Kravchenko, K.O. (2017) Geoinformation systems use in the investigation of regional population growth. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography Ecology"*, (47), 106-114. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-47-13> [in Ukrainian]
- Kusherets V.I. (2003). *Analysis of knowledge as a strategic resource for the transformation of society (worldview and methodological aspect): Thesis for obtaining Doctor of Sciences in Philosophy: 09.00.03*. Kyiv, Taras Shevchenko National University of Kyiv, 411. [in Ukrainian]

19. Kusherets V.I. (2004). *Knowledge as a strategic resource of social transformations*. Kyiv: Znannya Ukrainy, 247. [in Ukrainian]
20. Liu, C. (2024). *Follow the digital: Methodological thoughts on doing everyday geographies in a digital world*. *Digital Geography and Society*, 6, 100079. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.diggeo.2024.100079>
21. Morar, C., Nagy, G., Dulca, M., Boros, L., Sehida, K. (2019). *Aspects Regarding the Military Cultural-Historical Heritage in The City of Oradea (Romania)*. *Annales-Anali Za Istrske in Mediteranske Studije-Series Historia Et Sociologia (Annals for Istrian and Mediterranean Studies. Series Historia et Sociologia)*, 29, 2, 303-322. <https://doi.org/10.19233/ASHS.2019.21>
22. Morar C., Tiba A., Basarin B., Vujičić M., Valjarević A., Niemets L., Gessert A., Jovanovic T., Drugas M., Grama V., Stupariu M., Stoica A., Lukić T. (2021a). *Predictors of Changes in Travel Behavior during the COVID-19 Pandemic: The Role of Tourists' Personalities*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18 (21), 11169. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18211169>
23. Morar, C., Lukić, T., Basarin, B., Valjarević, A., Vujičić, M., Niemets, L., Telebienieva, I., Nagy, G. (2021b). *Shaping Sustainable Urban Environments by addressing the Hydro-Meteorological Factors in the Landslide Occurrence: Ciuperca Hill (Oradea, Romania)*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 5022, DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18095022>
24. Morar, C., Lukic, T., Valjarevic, A., Niemets, L., Kostrikov, S., Sehida K., Telebienieva I., Kliuchko, L., Kobylin P., Kravchenko K. (2022). *Spatiotemporal Analysis of Urban Green Areas Using Change Detection: A Case Study of Kharkiv, Ukraine*. *Frontiers in Environmental Sciences*, 10,823129. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.823129>
25. Niemets L.M. (2003). *Sustainable development: human-geographical aspects (on the example of Ukraine): monograph*. Kharkiv, Fact, 383. [in Ukrainian]
26. Niemets K.A. (2005a). *Information interaction of natural and social systems: monograph*. – Kharkiv: Eastern regional center of humanitarian and educational initiatives, 428. [in Ukrainian]
27. Niemets K.A. (2005b). *Human-geographical foundations of informational development of social and geographical systems: Thesis for obtaining Doctor of Sciences in Geography: 11.00.02*. Kyiv, 433. [in Ukrainian]
28. Niemets K.A. (2008). *Information geography as a component of training geographers*. *Problems of continuous geographic education and cartography*, 8, 195-199. [in Ukrainian]
29. Niemets L.M., Niemets K.A. (2008). *Information resource as a factor of environmental safety*. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography, Ecology"*, (824), 48-56. [in Ukrainian]
30. Niemets K., Niemets L. (2012). *Peculiarities of the social and geographical system as an object of human geography*. *Human Geography Journal*, 12(1), 39-42. [in Ukrainian]
31. Nemets, L.M., Kobylin, P.O., Segida, K.Y. (2014) *Analysis of development trajectory for social infrastructure of Kharkiv region*. *Actual Problems of Economics*, 161(11), 409-418. <https://eco-science.net/downloads/> [in Ukrainian]
32. Niemets K.A., Niemets L.M. (2014). *Theory and methodology of geographic science: methods of spatial analysis: Educational and methodological manual*. Kharkiv, V.N. Karazin Kharkiv National University, 172. [in Ukrainian]
33. Niemets K.A., Sehida K.Y., Niemets L.M. (2016). *Multidimensional analysis in human geography (non-traditional methods): monograph*, 120. [in Ukrainian]
34. Niemets, K., Sehida, K., Niemets, L., Krainyukov, O., Telebienieva, I., Kobylin, P. (2018a) *Some Issues of the Formation and Implementation of the Development Strategies of Ukraine's Regions Taking into Account European Experience*. *Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth*. *Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, 15-16 November 2018)*. Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), 314-327. <https://ibima.org/accepted-paper/formation-and-implementation-of-the-development-strategies-of-ukraines-regions-in-the-aspect-of-eurointegration/>
35. Niemets, L., Husieva, N., Suptelo, O., Sehida K., Kravchenko K. (2018b) *Research of Brownfields and Greyfields of the City: Theory and Practice*. *Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth*. *Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, 15-16 November 2018)*. Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), 409-435. <https://ibima.org/accepted-paper/research-of-brownfields-and-greyfields-of-the-city-theory-and-practice/>
36. Niemets, L., Sehida, K., Lohvinova, M., Kraynukov, O., Kliuchko, L. (2018c) *Rural Tourism in Ukraine: Peculiarities and Trends of Development*. *Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth*. *Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, 15-16 November 2018)*, Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), 290-301. <https://ibima.org/accepted-paper/rural-tourism-in-ukraine-peculiarities-and-trends-of-development/>
37. Niemets, L.M., Mezentsev, K.V., Sehida, K.Y., Morar, C., Husieva, N.V., Peresadko, V.A., Telebienieva, I.Y. (2018d) *Innovation and Investment Potential of Region as a Factor of its "Smart Transformation" - a Case Study of Kharkiv Region (Ukraine)*. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography Ecology"*, (49), 137-159, DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-49-11>
38. Niemets L., Suptelo O., Lohvynova, M., Sehida, K., Kliuchko, L. (2019a). *Post-industrial development of the city of Kharkiv (Ukraine): backgrounds and realities*. *Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations Through Sustainable Economic Competitive Advantage*. *Proceedings of the 34nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Madrid, Spain, 13-14 November, 2019)*. Editor Khalid S. Soliman.

- Madrid, International Business Information Management Association (IBIMA), 500-508. <https://ibima.org/accepted-paper/post-industrial-development-of-the-city-of-kharkiv-ukraine-backgrounds-and-realities/>
39. Niemets, L., Husieva, N., Pohrebskyi, T., Bartosh, O., Lohvynova, M. (2019b). Integration of internally displaced persons of Ukraine: realities, problems, perspectives. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography Ecology"*, (51), 140-157. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-51-10>
  40. Niemets, L., Niemets, K., Kravchenko, K., Kliuchko, L., Kobylin, P. (2019c). Transition Features to the Polycentric Development of the Region: Technique and Practice of the Research. *Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Granada, Spain, 10-11 April 2019)*. Editor Khalid S. Soliman. Granada, International Business Information Management Association (IBIMA), 3093-3101. <https://ibima.org/accepted-paper/transition-features-to-the-policecentric-development-of-the-region-technique-and-practice-of-the-research/>
  41. Niemets, K., Kravchenko, K., Kandyba, Y., Kobylin, P., Morar, C. (2021a). World Cities in Terms of the Sustainable Development Concept. *Geography and Sustainability*, 2(4), 304-311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.12.003>
  42. Niemets, L., Sehida, K., Kravchenko, K., Nosyriev, O., Lohvynova, M., Suptelo, O. (2021b). It-Industry in Ukraine: Trends and Development Centers. *Innovation Management and Sustainable Economic Development in the Era of Global Pandemic. Proceedings of the 38th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, November 23-24, 2021)*. Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), 5957-5966 <https://ibima.org/accepted-paper/it-industry-in-ukraine-trends-and-development-centers/>
  43. Niemets, K., Sehida, K., Niemets, L., Kravchenko, K., Kobylin, P., Telebienieva, I., Kliuchko, L. (2022a). Methodology of human-geographical researches: contemporary approaches and methods. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology, Geography Ecology"*, (56), 143-158. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-10>
  44. Niemets, L., Kravchenko, K., Sehida, K., Telebienieva, I., & Kliuchko, L. (2022b). Informational and synergetic component of human-geographical research in the scientific heritage of Kostiantyn Niemets. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (57), 153-172. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-12> [in Ukrainian]
  45. Niemets L.M., Mezentssev K.V. (Eds.) (2023a). *Information: nature, human, society (human-geographical aspects): collective monograph*. Kharkiv, V.N. Karazin Kharkiv National University, 408. [in Ukrainian]
  46. Niemets, L., Sehida, K., Kobylin, P., Tahsin Şahin, M., Bartosh, O., Telebienieva, I., Kravchenko, K., & Kliuchko, L. (2023b). Integrative role of human geography in solving global problems of modernity. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (58), 171-187. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-14>
  47. Prigogine I., Nicolis G. (1977). *Self-Organisation in Nonequilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order through Fluctuations*. New York, London, Sydney, Toronto: J. Wiley & Sons, 491.
  48. Prigogine I., Stengers I. (1983). *Order out of Chaos*. Toronto, New York, London, Sydney: Bantam Books, 349.
  49. Pugach S.A. (2021). *Communication networks of the region: theory, methodology, practice of socio-geographical research*. Kyiv, Taras Shevchenko National University of Kyiv, 200. [in Ukrainian]
  50. Pugach Y.B. (2004). *Fundamental problems of history and philosophy of science: Kharkiv, Fakt*, 536. [in Ukrainian]
  51. Salhi, A., Vila Subirós, J., & Insalaco, E. (2022). Spatial patterns of environmental degradation and demographic changes in the Mediterranean fringes. *Geocarto International*, 37(26), 14721-14738. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2090619>
  52. Sehida K., Husieva, N., Niemets, L., Suptelo, O., Kobylin, P., Kliuchko, L. (2018) *Migration Challenges of the 21st Century: The Experience of Ukraine. Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth. Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (Seville, Spain, 15-16 November 2018)*, Editor Khalid S. Soliman. Seville, International Business Information Management Association (IBIMA), 328-337. <https://ibima.org/accepted-paper/migration-challenges-of-the-21st-century-the-experience-of-ukraine/>
  53. Shannon C. (1948). *A Mathematical Theory of Communication*. *Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.
  54. Soldatova L. P. (2013). *Information: the essence and history of the concept*. *Studia linguistica: collection of scientific works*, 7, 393-401. [in Ukrainian]
  55. Umar Z, Bossman A, Choi S-Y, Vo XV (2023) *Information flow dynamics between geopolitical risk and major asset returns*. *PLoS ONE*, 18(4), e0284811. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284811>
  56. Ursul A.D. (1966). *On the Nature of Information*. *Soviet Studies in Philosophy*, 5(1), 37-46.
  57. Valjarević, A., Morar, C., Živković, J., Niemets, L., Kićović, D., Golijanin, J., Gocić, M., Martić Bursać, N., Stričević, L., Žiberna, I., Bačević, N., Milevski, I., Durlević, U., Lukić, T. (2021). Long Term Monitoring and Connection between Topography and Cloud Cover Distribution in Serbia. *Atmosphere*, 12(8), 964. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12080964>
  58. Von Bertalanffy L. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. Ludwig von Bertalanffy. New York.
  59. Wiener N. (1948). *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Norbert Wiener. John Wiley
  60. Wilson K., Wakefield J. (2021). Estimation of health and demographic indicators with incomplete geographic information. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 37, 100421. DOI: <https://doi.org/100421.10.1016/j.sste.2021.100421>

## Інформація: міждисциплінарне значення суспільно-географічного концепту

*Людмила Немець*<sup>1</sup>

д. геогр. н., професор, завідувач кафедри соціально-економічної географії  
і регіоназнавства імені Костянтина Немця,

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна;

*Катерина Сегіда*<sup>1</sup>

д. геогр. н., професор, кафедра соціально-економічної географії  
і регіоназнавства імені Костянтина Немця;

*Катерина Кравченко*<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра соціально-економічної географії  
і регіоназнавства імені Костянтина Немця;

*Джозеп Віла Субірос*<sup>2</sup>

д. філософії (географічні науки), професор, кафедра географії,  
Соціоприродна дослідницька група,<sup>2</sup> Університет Жирони, Жирона, Каталонія, Іспанія;

*Александр Валяревич*<sup>3,4</sup>

д. філософії (географічні науки), доцент, кафедра геопросторових та екологічних наук;  
<sup>3</sup> Белградський університет, Белград, Сербія;

д. філософії з географії, доцент, факультет освіти,

<sup>4</sup> Університет Східного Сараєво, Бієліна, Боснія і Герцеговина;

*Чезар Морар*<sup>5</sup>

д. філософії (географічні науки), доцент, кафедра географії, туризму і територіального планування,  
<sup>5</sup> Університет Орадя, Орадя, Біхор, Румунія;

*Павло Кобилін*<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра соціально-економічної географії  
і регіоназнавства імені Костянтина Немця;

*Людмила Ключко*<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра соціально-економічної географії  
і регіоназнавства імені Костянтина Немця;

*Євгенія Телебєнєва*<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра соціально-економічної географії  
і регіоназнавства імені Костянтина Немця

У статті розкрито фундаментальну роль інформації як суспільно-географічного концепту, що виступає основою для аналізу, інтерпретації та прогнозування суспільно-просторових процесів. Також розглянуто його міждисциплінарне значення, основна роль якого полягає у здатності об'єднувати знання різних галузей та сприяти комплексному розумінню складної взаємодії в системі «Людина – Суспільство – Природа». В статті представлено аналіз попередніх закордонних та вітчизняних досліджень різних наукових напрямів, проаналізовано найбільш поширені філософські концепції інформації: атрибутивну, функціональну та антропоцентричну. У вирішенні прикладних наукових задач, пов'язаних з дослідженням інформаційного обміну, в залежності від предметної області і завдання дослідження існує велика кількість визначень і тлумачень інформації. У статті проаналізовано концепції, теорії інформації, які використовуються в інформаційній географії як вихідні та базові, розглянуті дефініції поняття «інформація» та особливості її використання у суспільно-географічних дослідженнях з огляду на їхнє міждисциплінарне значення. На основі проведеного аналізу авторами було запропоновано узагальнене трактування поняття «інформація» з позиції суспільної географії, обґрунтовано її роль у суспільно-географічних дослідженнях. Зокрема дефініція «інформація» має широке коло різноманітних визначень, які можна згрупувати відносно до її ролі та функції, а саме: як показник еволюції, міру неоднорідності і невпорядкованості системи та об'єкт семантики. З позиції суспільної географії інформація – це сукупність даних, знань і повідомлень про просторово-часові характеристики соціальних, економічних, культурних та екологічних процесів, які дозволяють аналізувати, моделювати та інтерпретувати взаємодію в системі «Людина-Природа». Інформація – це завжди стимул для розвитку, тому з даним поняттям тісно пов'язане явище синергізму – здатність до самовдосконалення та саморозвитку відкритих систем. Розкрито основні протиріччя між соціумом та природою, розглянуто основні принципи взаємодії суспільства і природних систем в мультисистемі природокоористування; висвітлені ідеї становлення концепцій соціогеосистеми та соціогеопроецесу, розкриті особливості втілення ідей у суспільно-географічних дослідженнях. У майбутньому авторами заплановано підготовку моделі, яка буде ілюструвати роль інформації у процесах територіального управління, регіонального розвитку та відновлення.

**Ключові слова:** інформація, інформаційна взаємодія, природокоористування, система «Людина – Суспільство – Природа», соціогеосистема, соціогеопроецес, суспільно-географічні дослідження, стійкий розвиток.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 15 квітня 2024 р.

Прийнята 18 травня 2024 р.

# Remote sensing monitoring of changes in forest cover in the Volyn region: a cross section for the first two decades of the 21st century

*Anna Uhl*<sup>1</sup>

DSc (Technical), Professor, Department of Geodesy, Landmanagement and Cadastre,

<sup>1</sup> Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine,

e-mail: [ul.anna@vnu.edu.ua](mailto:ul.anna@vnu.edu.ua), [id https://orcid.org/0000-0002-5249-0828](https://orcid.org/0000-0002-5249-0828);

*Oleksandr Melnyk*<sup>1</sup>

PhD (Technical), Associate Professor, Department of Geodesy, Landmanagement and Cadastre,

e-mail: [hockins@vnu.edu.ua](mailto:hockins@vnu.edu.ua), [id https://orcid.org/0000-0002-5429-4038](https://orcid.org/0000-0002-5429-4038);

*Yuliia Melnyk*<sup>2</sup>

PhD (Technical), Associate Professor, Department of Construction and Civil Engineering,

<sup>2</sup> Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

e-mail: [y.melnyk@lntu.edu.ua](mailto:y.melnyk@lntu.edu.ua), [id https://orcid.org/0000-0001-5186-7032](https://orcid.org/0000-0001-5186-7032);

*Pavlo Manko*<sup>1</sup>

PhD student (Technical), Assistant at Department of Geodesy, Landmanagement and Cadastre,

e-mail: [pavlo\\_manko@ukr.net](mailto:pavlo_manko@ukr.net), [id https://orcid.org/0000-0001-7564-2356](https://orcid.org/0000-0001-7564-2356);

*Ansgar Brunn*<sup>3</sup>

DSc (Technical), Professor, Faculty of Plastics Engineering and Surveying,

<sup>3</sup> Technical University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt, Würzburg, Germany,

e-mail: [ansgar.brunn@thws.de](mailto:ansgar.brunn@thws.de), [id https://orcid.org/0000-0002-8692-3636](https://orcid.org/0000-0002-8692-3636);

*Vasyl Fesyuk*<sup>1</sup>

DSc (Geographical), Professor, Department of Physical Geography,

e-mail: [fesyuk.vasyl@vnu.edu.ua](mailto:fesyuk.vasyl@vnu.edu.ua), [id https://orcid.org/0000-0003-3954-9917](https://orcid.org/0000-0003-3954-9917)

## ABSTRACT

**The aim of the article.** This article highlights the significance of forest cover as an important indicator of the state of the environment. It discusses the findings of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Forest Resources Assessment (FRA) 2020 report, which states that the world's forest area has decreased by 178 million hectares since 1990. The case study of Volyn region shows how cloud processing and vegetation classification can help quantify forest dynamics from 2000 to 2020, allowing local authorities and decision makers to monitor and analyze trends in near real time. Overall, this work provides insights into the importance of monitoring forest dynamics and the potential for remote sensing technology to facilitate this process.

**Data & Methods.** Remote sensing is an effective tool for monitoring forest ecology and management, and Google Earth Engine (GEE) is an online platform that combines data from various agencies to analyze environmental data. The article presents a case study of the Volyn region and how cloud processing and vegetation classification were used to assess forest dynamics from 2000 to 2020. The study used data from Landsat 7 Collection 1 Tier 1 composites and the CART algorithm for binary decision tree building. The study was based on information provided by the Main Department of Statistics in the Volyn region on the area of forests and areas where logging was carried out during the specified period.

**Research results.** It is interesting to note that despite the decrease in logging activities, there is an increase in forest cover loss within forest ranges. This could be due to various reasons, such as illegal logging or natural disturbances like fires or disease outbreaks. The use of machine learning methods like CART classification can help to identify and monitor these changes, which can then be used to inform policy decisions and management practices to reduce forest cover loss. In general, in the Volyn region, there is a gradual decrease in the areas where various kinds of logging are carried out from 524 km<sup>2</sup> in 2003 to 239 km<sup>2</sup> in 2020. In contrast, forest cover loss within forest ranges increased rapidly from 37.85 km<sup>2</sup> in 2015 to 84.01 km<sup>2</sup> in 2017 and beyond from 5.53 km<sup>2</sup> to 10.80 km<sup>2</sup> in 2015 and 2017 respectively. In this study, the accuracy assessment was performed using 30% of the control points obtained initially, based on data on the reliability of the land cover. The manufacturer's accuracy and user accuracy were calculated to evaluate error omissions and possibilities of a pixel being categorized in a certain category. The spatial resolution of Landsat 7 data used in this study was 30 m, with a minimum calculation area of 0.337 hectares. The overall accuracy and the coefficient  $\kappa$  are the most representative measures of accuracy, with an average accuracy of classification of  $OA_{av}=98.82\%$  and  $\kappa_{av}=0.9764$ .

**Keywords:** forest dynamics, remote sensing, Google Earth Engine, machine learning, CART algorithm, forest cover loss, accuracy assessment, Landsat 7.

**In cites:** Uhl Anna, Melnyk Oleksandr, Melnyk Yuliia, Manko Pavlo, Brunn Ansgar, Fesyuk Vasyl (2024). Remote sensing monitoring of changes in forest cover in the Volyn region: a cross section for the first two decades of the 21st century. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 272-283. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-19>

**Introduction.** One of the most important indicators of the state of the environment is forest cover. According to the Food and Agriculture Organization

of the United Nations (FAO) Forest Resources Assessment (FRA) 2020 report [1], since 1990, the world's forest area has decreased by 178 million



hectares, which is roughly the size of Libya. The rate of decline in net forest area declined markedly between 1990 and 2020 as a result of reduced deforestation in some countries and an increase in forest area in others due to afforestation and natural forest expansion. The rate of decline in net forest area decreased from 7.8 million hectares per year between 1990 and 2000 to 5.2 million hectares per year between 2000 and 2010 and 4.7 million hectares per year between 2010 and 2020. Over the past decade, net forest area loss has slowed at a slower pace due to the share and distribution of the world's forest area and the slowdown in forest expansion.

Popular remote sensing methods used in environmental research, and in particular forests, are images of the Earth's surface obtained with the help of various sensors installed on aircraft and space platforms. Remote sensing is used to map the distribution of forest ecosystems, fluctuations in vegetative productivity of plants, study their biomass, health, reconstruct their three-dimensional (3D) structure, etc.

Remotely sensed images provide a view of the Earth's surface and allow for the decoding and characterization of objects on it. Moreover, it is usually possible to obtain images of a certain area repeatedly in time, which allows for monitoring in near-real time. As a result, remote sensing is used in a diverse range of forest ecology and management applications, from mapping invasive species [2] to monitoring land cover changes such as habitat fragmentation [3] to assessing biophysical and biochemical properties of forests [4].

Remote sensing data are becoming better and more accessible to a wider audience of users every year, which facilitates their use in environmental research. The temporal and spatial synchronization of observations over large areas has significantly improved the quality and quantity of environmental observation data. More detailed spatial and temporal monitoring of the earth's environment is becoming possible due to the increased availability of satellite images. In particular, a series of satellite optical data with high spatial resolution from Landsat 5-7, Sentinel-2 and synthetic aperture radar data from RADARSAT, Sentinel-1 allow for monitoring studies with an accuracy that meets or significantly exceeds traditional methods and, accordingly, mapping of these changes.

Thanks to the Earth observation sensor, it captures the full picture of the environment in the imaging band. The resulting image gives a complete picture of the object that comes into view. Thus, every visible object is recorded, including its location and position relative to all other objects in the imaged area, giving the images a map-like format that provides a complete survey of the imaged area, unlike

field data, which is often based on a very limited set of samples that must be generalized using some form of interpolation. With this complete survey, remote sensing allows for continuous mapping and monitoring of important environmental variables such as changes in forest cover.

Remote sensing data is available for virtually the entire surface of the globe, everywhere and often at different spatial and temporal scales. Key environmental remote sensing systems, such as the Landsat satellites, have been providing a continuously updated stream of images of the entire planet since the 1970s. The availability of optical imagery regardless of location allows, in particular, to study objects, no matter how remote or inaccessible they may be. In addition, historical remote sensing data allows us to go back in time and look at the dynamics of various natural and anthropogenic processes.

Remote sensing images have a high degree of homogeneity. Importantly, the data of key remote sensing systems are obtained under relatively fixed conditions, and the data obtained relate to the way radiation interacts with the environment, which is constant in space and time. This eliminates errors caused by the human factor.

On a per-area basis, remote sensing is an inexpensive way to acquire data. Although the financial costs associated with remote sensing can sometimes be very high, many of them are freely available. In recent years, there has been a growing trend towards free and open access to key datasets for scientific research. For example, the full archive of the influential Landsat series of satellites is freely available, and the European Space Agency (ESA) has recently launched a number of new satellites and is making the data collected free of charge.

An important advantage of remote sensing imagery is that it can be easily integrated with other spatial data sets in a geographic information system.

Per unit area, remote sensing is an inexpensive way to acquire data. Although the financial costs associated with remote sensing can sometimes be very large—for example, it is expensive to build, launch, and operate satellite remote-sensing systems, making some imagery expensive—much is freely available. Additionally, although commercial remote-sensing systems can appear costly, the data still provide inexpensive assessment on a unit-area basis. More critically, however, there has been an increasing trend to make key datasets for environmental science research freely and openly available. For example, the complete archive of the influential Landsat series of satellites is freely available, and recently the European Space Agency (ESA) launched a suite of new satellites and provides the data collected for free.

**Analysis of the latest research and publications.** The forests in the five countries were studied using remote sensing from MODIS and MERIS satellites in comparison with land cover maps at the European level [5, 6], laser remote sensing, digital aerial photography, and space sensor data at the global level [7, 8]. Landsat data were used to calculate changes in forest cover between 1985 and 2012 for Bosnia and Herzegovina, Croatia, Montenegro, and Slovenia [9]. These countries were included in European and global studies using Sentinel satellite imagery and LUCAS Copernicus in-situ observations [10] and land cover maps [11]. At the country level, changes in forest cover between 1991 and 2011 and grassland in Croatia have been determined [12]. At the country level, various remote sensing systems such as LiDAR, close-range remote sensing data for measuring tree canopy and height in forests was used at works [13, 14]. MODIS data have been used to analyze vegetation and orthophotographs to identify invasive plant species in anthropogenic and semi-natural areas of Slovenia [15], as well as forest canopy structure in old-growth forests of Bosnia and Herzegovina [16]. In Ukraine, the study of deforestation detection in the forest-steppe zone for the Kharkiv region was discussed in [17], Forest inventory and biomass mapping fro region of Polissya [18], assess the extent of illegal logging and reforestation in the Ukrainian Carpathians [19][20]. Current study is logical continuation of research started in determining forest species of Volyn region using supervising classifications methods [2, 21, 22]

**Separation of the unsolved part of the whole problem.** One of the problems of analyzing data with high spatial resolution on a large scale (for example, research at the country or regional level) is the huge amount of data that needs to be downloaded and processed. For example, Landsat and Sentinel satellite data, which are commonly used to monitor vegetation from local to global scales, require a huge number of datasets to cover the areas.

Currently, the processing of large arrays of high-resolution images requires the ability to simultaneously spatially and temporally aggregate a collection of satellite images without experiencing problems with information technology, high variability, and data availability.

**Goal formulation of the paper.** GEE (Google Earth Engine) is an online platform for analyzing environmental data that combines data from various agencies such as the National Aeronautics and Space Administration (NASA) and the Landsat program. Google provided the ability to use its cloud computing resources to record and process Landsat images through its online system after the US Geological Survey opened access to Landsat image records in 2008. This allows users to reduce processing time

when analyzing Landsat images and make global-scale Landsat projects easier to implement [23].

The 30-meter spatial and multispectral resolution of Landsat is optimal for monitoring environmental changes on a local scale, and the current viewing time is sufficient for monitoring land cover change [24]. From 1972 to the present, Landsat has been a popular platform used to analyze land cover changes, including urban and vegetation cover [25, 26]. Therefore, the use of GEE helps us to quickly analyze global data [27].

We chose to use GEE in this study because GEE allows us to process large remote sensing data sets and other ancillary data sets on a cloud computing platform. Earth Engine is accessed and controlled through a web-based application programming interface (API) and an associated web-based interactive development environment (IDE) that allows for rapid prototyping and visualization of results.

The purpose of this study is to analyze the state of forest cover and its changes in Volyn using GEE and to demonstrate how effective GEE is for monitoring large areas. Using the GEE platform, we tried to estimate forest cover in 2000-2020 and compare the dynamics of changes with official statistics. In addition, we discussed the feasibility of GEE for analyzing the monitoring of forest cover change at the regional and national scales.

To achieve this goal, the following main research objectives had to be fulfilled:

1. Identify and assess the change in forest cover within the Volyn region during 2000-2020 using open access data;
2. Determine whether there is a difference in forest cover loss in forest areas of different departmental subordination and those that do not belong to them;
3. Compare the obtained data with statistical data.

**Presentation of the major research material.** National Forest Inventory and Monitoring Systems (NFIMS) is a tool that allows you to obtain data on the above criteria and indicators at the national and regional levels, and track trends. Accordingly, the criteria and indicators for sustainable forest management should define the main indicators of the NFIMS and the assessment of forest resources. According to the results of national forest inventories and monitoring, on average once every 5 years, all European countries provide results on criteria and indicators of sustainable forest management (according to the Helsinki process) [28, 29], and some countries, such as Canada, the United States and others, according to criteria and indicators according to the Montreal Process for Boreal Forests [30]. Ukraine has committed itself to support the Helsinki

process (Forest Europe) [31].

The need to reform environmental monitoring is envisaged by the Decree of the President of Ukraine dated 18.10.2013 No 572 "On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine of April 25, 2013" On a set of measures to improve environmental monitoring and state regulation in the field of waste management in Ukraine". In addition, the Decree of the President of Ukraine dated 21.11.2017 No. 381 provides for the need to improve the state environmental monitoring system and introduce a national forest inventory (NFI) in Ukraine.

In Ukraine, preparations have begun for the introduction of a national forest inventory (NFI) based on selective-statistical methods on a network of permanent plots in accordance with the Instruction developed by scientists of the laboratory for monitoring and certification of forests of UkrNDILGA together with specialists of PA "Ukrderzhlisproekt"[32].

However, to date, Ukraine has not yet approved a national list of criteria and indicators of balanced development, although scientific research on this issue has been conducted [33]. The existing national system for collecting data on forests today does not allow obtaining information on all indicators. To assess the balanced management of forests in Ukraine, there are data obtained from the results of state accounting of forests and forest cadastre, which relate to forest area, forest cover of the territory and timber reserves [34]. The introduction of a system of national inventory and forest monitoring will make it possible to obtain such data at the regional level, and in the future – at the state level.

In the presented work, we applied a state-of-the-art machine learning algorithm on Google Earth Engine (GEE) [23], a cloud computing service, to estimate almost 20 years of forest evolution using satellite multispectral imagery. In recent years, GEE has become a valuable platform where researchers from various fields can deploy their models [34,35,36]. In addition, GEE provides access to a data catalog with various global products, as well as the latest satellite observations from NASA's Landsat and the European Space Agency's (ESA) Sentinels missions. In addition to near-real-time data distribution, users have access to images in a wide time range, allowing them to select the most appropriate ones for temporal analysis. As a result of GEE implementation, three problems previously mentioned in the literature were successfully overcome: GEE, with its huge data catalog and computing power, reduces the time to identify relevant data and the actual processing time, and ensures high quality and reliability of image classification.

As a case study, the territory of Volyn region

was chosen and the forest dynamics from 2000 to 2020 was assessed in one-year increments. With the help of cloud processing, it was easy to identify the most suitable cloudless satellite products and perform the necessary vegetation classification, which allowed to quantify the processes of loss and gain. The results of this work will help local authorities and decision makers to not only monitor forest dynamics in near real time, but also to analyze how these trends will develop in the future.

In the Volyn region, there are 696,000 hectares of forest lands, with 62% classified as forests of state importance, 37.5% as forests belonging to agricultural enterprises, and 0.5% as forests belonging to other users. The forests are further divided into two groups based on their economic significance, namely protective forests and operational forests, which respectively account for 23% and 77% of the state reserve. The current forest cover in the region is at 34.6%, with the highest concentration of forest cover found in the Manevychi district (65% of its territory) and Kamin-Kashirsky district (41%). The dominant types of forests in the region are conifers, which make up 60% of the forests, followed by mixed forests (birch, aspen) at 24%, and hardwood forests at 16%. The forest resources in the region are considerable, comprising 16.2% of the total National Resource Potential (NRP) and exceeding the national average value by four times.

The main factors affecting forest dynamics include:

1. Illegal logging, which is one of the biggest problems in the region. This leads to a decrease in the volume of forest plantations and loss of biodiversity. Unfortunately, despite the efforts of the authorities to combat this problem, illegal logging continues.

2. Volyn's forests are also attacked by various pests and diseases that reduce their productivity and survival. A particularly serious problem is caused by the pest bark beetle, which destroys wood and leads to its loss as an economic resource.

3. Forest fires pose a serious threat to forest plantations in Volyn Oblast. Fires destroy large areas of forests and other natural resources, as well as pollute the air and harm human health.

4. Excessive deforestation, air and water pollution, and other human activities can lead to the destruction of ecosystems, which reduces biodiversity and forest productivity.

**Materials.** This paper is based on data from Landsat 7 Collection 1 Tier 1 composites which are made from Tier 1 orthorectified scenes, using the computed top-of-atmosphere (TOA) reflectance. These composites are created from all the scenes in each 8-day period beginning from the first day of the year and continuing to the 360th day of the year.

The last composite of the year, beginning on day 361, will overlap the first composite of the following year by 3 days. All the images from each 8-day period are included in the composite, with the most recent pixel as the composite value.

**Methods.** Using binary decision trees for classification is a nonparametric approach to pattern recognition. The decision tree provides a hierarchical representation of the feature space in which  $x_i$  samples are distributed into classes  $w_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) in accordance with the result obtained as a result of executing decisions made in a sequence of nodes in which the branches of the tree diverge. The type of decision tree used in this work is discussed in detail in the work [35], whose contribution has been summarized to the CART (Classification And Regression Trees) algorithm.

This pointing technique is that trees can be used not only to classify objects into a discrete number of groups, but also as an alternative approach to regression analysis, in which the value of the response variable (dependent) must be evaluated taking into account the value of each variable in the set of explanatory (independent) variables. Binary decision trees consist of multiple division of the feature space into two subspaces, with end nodes associated with  $w_j$  classes. A desirable decision tree is one that has a relatively small number of branches, a relatively small number of intermediate nodes from which these branches diverge, and a high predictive force in which objects are correctly classified at end nodes.

CART involves identifying and building a binary decision tree based on a sample of training data for which the correct classification is known. The number of objects in the two subgroups defined on each binary partition corresponding to the two branches emanating from each intermediate node decreases sequentially, so that a sufficiently large training sample is required to obtain good results [36].

The decision tree begins with the root node  $t$ , which comes from which a variable in the feature space minimizes the degree of admixture of two related vertices. Using the definition given in [35], the measure of impurity in the node  $t$ , denoted by  $i(t)$ , has the form, as shown in the following equation (1),

$$i(t) = - \sum_{j=1}^k p(w_j | t) \log p(w_j | t) \quad (1)$$

where  $p(w_j | t)$  – part of the patterns  $x_i$ , assigned to class  $w_j$  at the top  $t$ .

Each nonterminal vertex is then split into two subsequent vertices,  $t_L$  and  $t_R$ , so that  $p_L$ ,  $p_R$  are fractions of entities passed to new vertices  $t_L$  and  $t_R$ , respectively. The best partition is one that maximizes the difference given in (2):

$$\Delta i(s, t) = i(t) - p_L i(t_L) - p_R i(t_R) \quad (2)$$

The decision tree grows by successive divisions until a stage is reached at which there is no significant reduction in the degree of impurity with further additional separation  $s$ . When this stage is reached, the vertex  $t$  is not divisible further and automatically becomes the terminal vertex. The class  $w_j$  associated with the terminal node  $t$  is a class that maximizes the conditional probability  $p(w_j | t)$ .

**Training samples.** Based on vector data of afforestation plans, obtained in response to the request of the State Forest Agency of Ukraine, 46 certification areas covered with forest vegetation were selected and verified in Landsat 7 images as of 2000 and 2020. To determine non-forest-covered areas, 35 polygons were selected that correspond to the characteristic widespread landscapes of the Volyn region.

**Results.** At the request of the authors of the article, the Main Department of Statistics in the Volyn region provided information on the area of forests in the Volyn region according to the Derzhgeocadastr and areas where logging was carried out during 2000-2020 (Fig. 1 and Fig. 2). This information covers the territories subordinated to the State Forest Agency of Ukraine and does not include other users, territories of forest protection strips, parks, self-forested areas, agricultural lands with perennial plantations, etc.

First of all, we analyzed the area of forest vegetation with a height of more than 5 m in general, on the territory of the Volyn region, as well as its loss in the period from 2000 to 2020, according to the methodology proposed above. Forest cover losses were calculated as a change in the forest-nonforest class based on the annual remote sensing data obtained (Fig. 3). Based on the data obtained, areas of forest cover loss both within forestry and beyond were calculated (Fig. 4).

**Accuracy assessment.** During the implementation of controlled classification, a number of errors occur due to spectral similarity of classes or user errors in determining certification areas. For this purpose, an assessment of the accuracy of land cover classification was carried out to determine and measure the error values of the resulting image. The most common method for assessing accuracy is the calculation of the error matrix [16], in which the data of the obtained image are compared with the control data for the corresponding number of classification units. Accordingly, on the basis of the obtained error matrix, the overall accuracy of the classification is calculated as the ratio of correctly classified elements to the total number of sample elements.

The accuracy assessment was used to verify the classification by using 30% of the control points obtained initially. The reference value entered by the

researcher is based on data on the reliability of the land cover. In this classification, manufacturer's accuracy (includes error omissions referring to the degree of observed aspect on terrain that is not classified on the map) and user accuracy (evaluates error omissions and explains the possibility that a pixel is categorized in the category). Due to the use of Landsat 7 data with a spatial resolution of 30 m, the average minimum area for which calculations can be made is 0.337 hectares.

The error matrices were calculated to assess the accuracy of land use classes and land cover. There are four specific statistical measures of accuracy, namely Overall accuracy (OA), Producer accuracy (PA), User accuracy (UA), and  $\kappa$ , which were obtained to assess classification accuracy. The most representative of these are the total accuracy (OA) and the coefficient  $\kappa$ . The average accuracy of classification is  $OA_{av}=98.82\%$ ,  $\kappa_{av}=0.9764$ . The assessment of accuracy for each year is presented in Fig. 5.

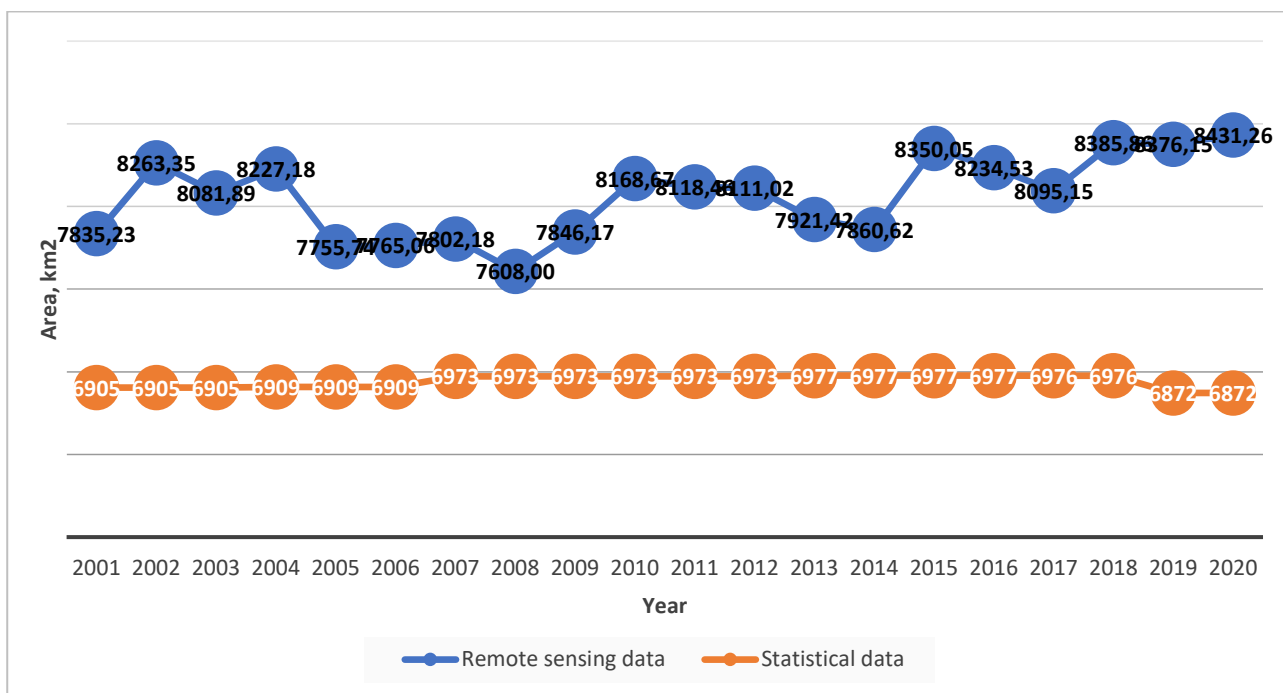


Fig.1. Forest areas according to remote sensing data and statistics data

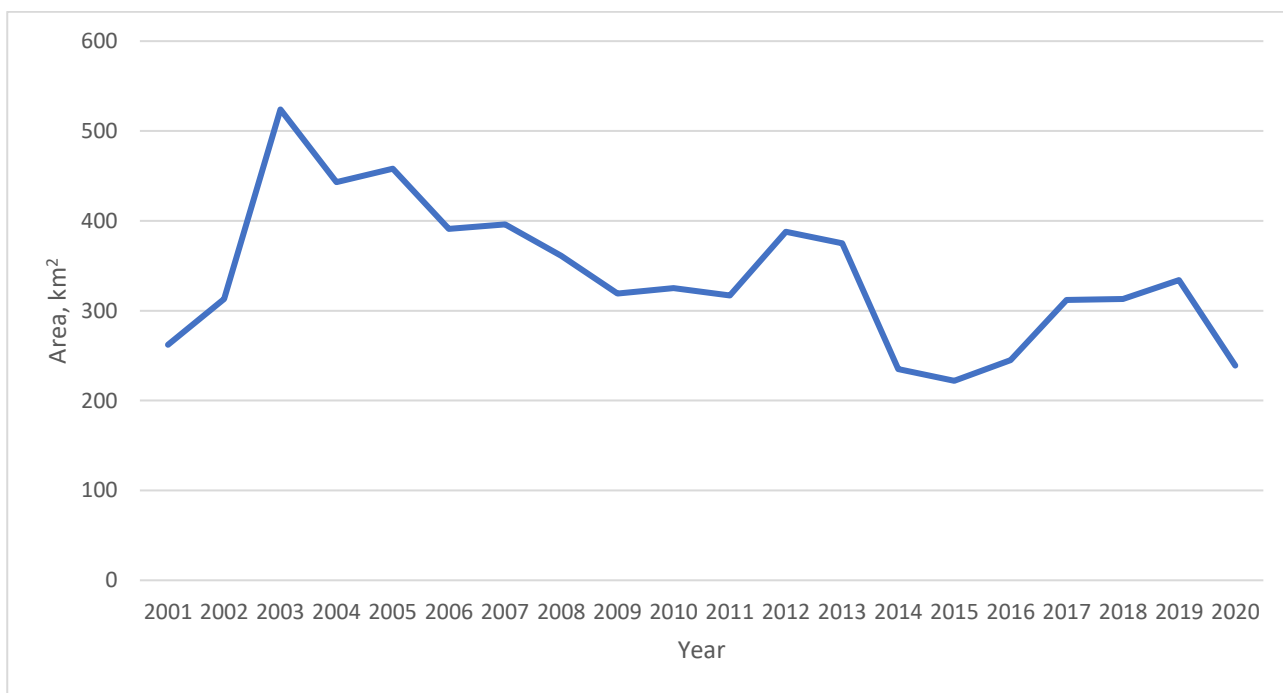


Fig. 2. Area on which logging was carried out during 2000-2020 according to the statistics department

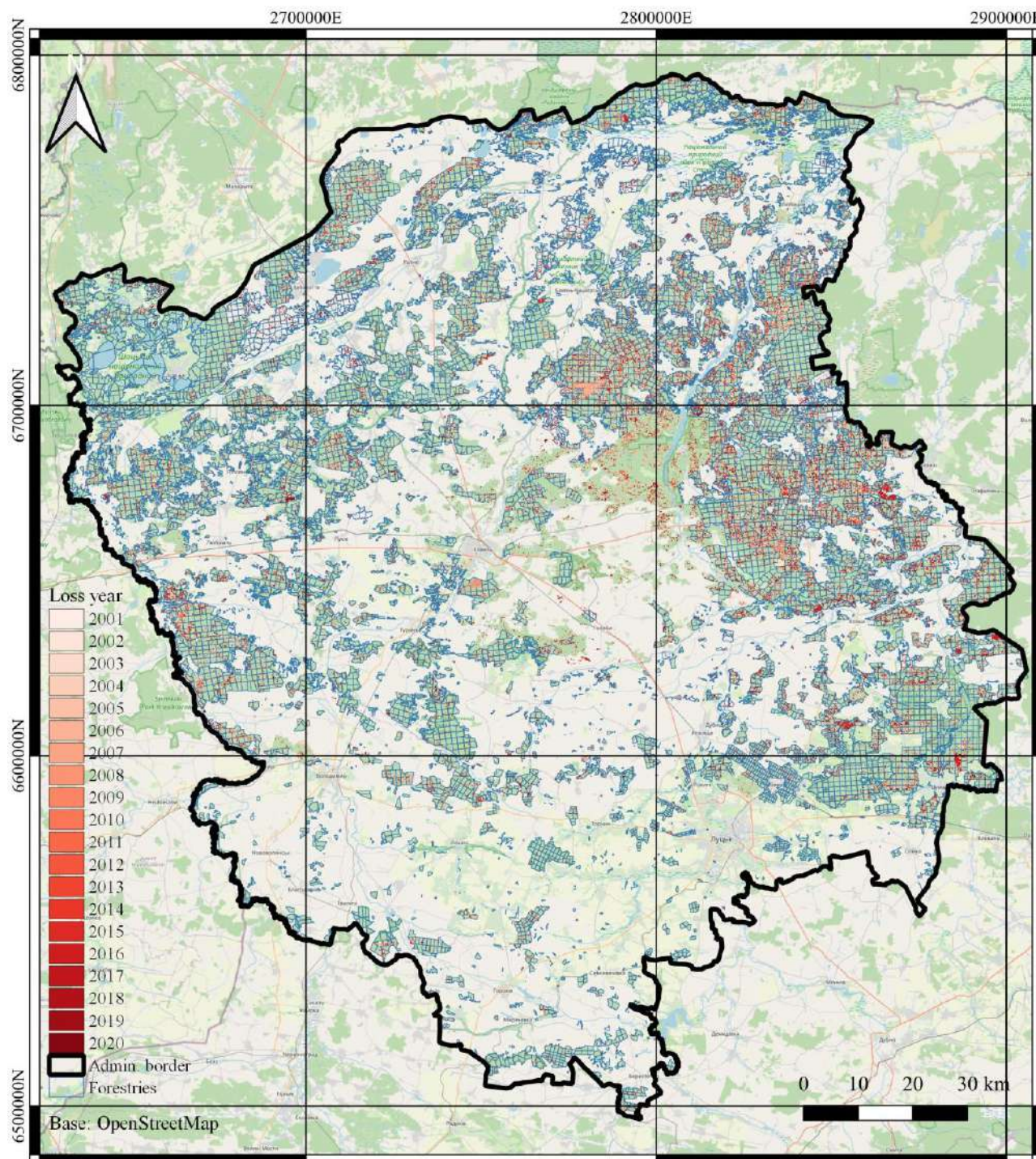


Fig. 3. Map of forestry boundaries and forest losses in 2000-2020

**Conclusions.** As noted earlier, this article is devoted only to the temporal changes in the forest-covered areas of the Volyn region during 2000-2020. All data/images were obtained, processed and analyzed on the GEE platform based on Landsat images with a spatial resolution of 30 m.

This paper also attempted a large-scale analysis of forested areas on a cloud platform to measure and quantify changes and draw the necessary conclusions about its effectiveness. Overall, GEE has proven to be an excellent tool and alternative to commercial software and services for remote sensing

and GIS processing.

The results of the CART classification have confirmed their popularity and effectiveness as a machine learning method. The high accuracy of the algorithm was largely due to the careful selection of verification areas.

Based on the results obtained, it was found that there are large discrepancies with official statistics and remote sensing data. This may be due to insufficient statistical accounting of forested areas of both different land users and unaccounted areas and their representation in statistical reports. Depersonalizi-

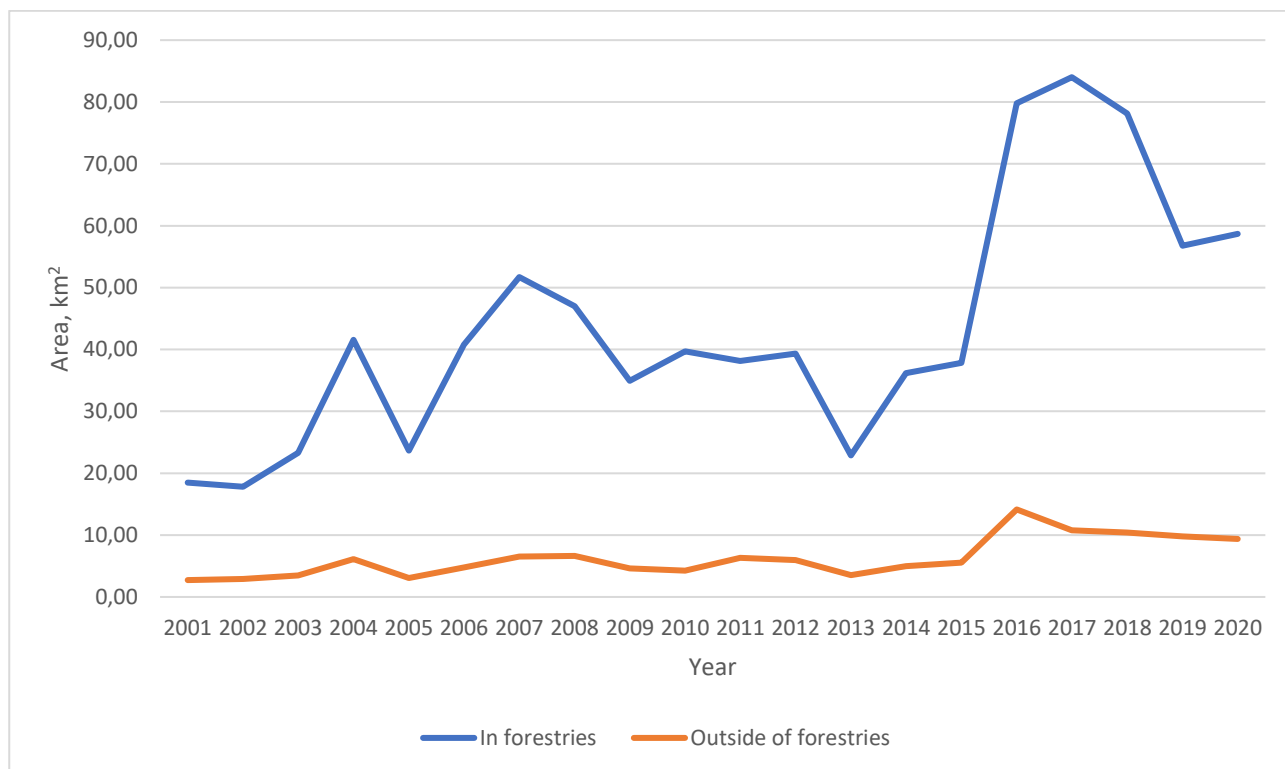


Fig. 4. Distribution of areas of losses within forestries and beyond

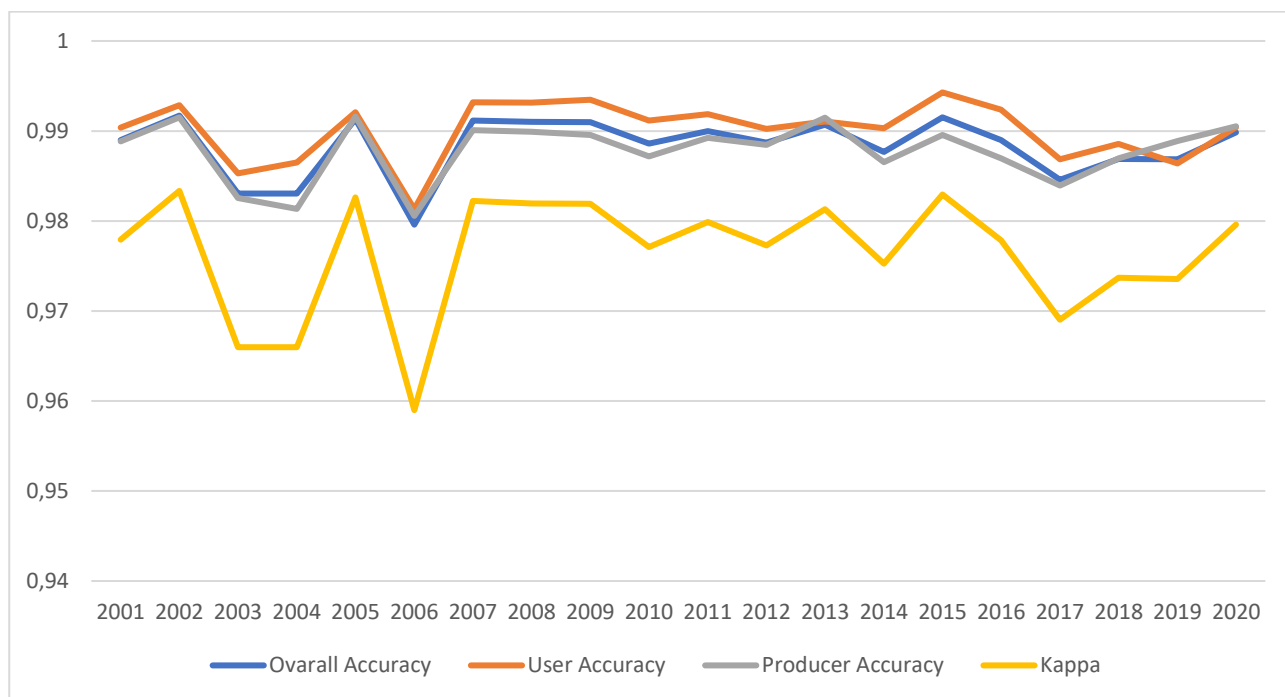


Fig. 5. Accuracy assessment

on of statistical data does not allow monitoring individual forestries by remote methods and comparing real loss indicators.

In general, in the Volyn region, there is a gradual decrease in the areas where various kinds of logging are carried out from 524 km<sup>2</sup> in 2003 to 239 km<sup>2</sup> in 2020. In contrast, forest cover loss within forest ranges increased rapidly from 37.85 km<sup>2</sup> in 2015 to 84.01 km<sup>2</sup> in 2017 and beyond from 5.53 km<sup>2</sup>

to 10.80 km<sup>2</sup> in 2015 and 2017 respectively.

For future work, it is recommended to combine object-oriented classification (OBIA) and determination of spectral indices of different forest age groups and species composition. In turn, this requires a more careful selection of verification areas with their fixation by GNSS. Also, for a more detailed analysis of individual areas, it is advisable to use remote sensing data from Sentinel-2 optical sen-

sors with a spatial resolution of 10 m and weather-independent radar data sensors Sentinel-1. The proposed technique allows for near real-time monitor-

ing due to the high temporal repeatability of probing the territory by different sensors. These steps will be highlighted in further research.

### Bibliography

1. FAO. *Global Forest Assessment Resources 2020 Main report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. С. 1–36.
2. Melnyk, A., Manko, P. *Classification of Volyn forests according to data of multispectral satellite images*. *ScienceRise*. 2018. Vol. 9. С. 25–30.
3. Уль, А. В., Мельник, О. В., Мельник, Ю. А., та ін. *Дистанційний моніторинг урбанізованих територій. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2022. No. 18. С. 162–173.
4. Blackburn, G. A. *Remote sensing of forest pigments using airborne imaging spectrometer and LIDAR imagery*. *Remote Sensing of Environment*. 2002. Vol. 82, No. 2–3. С. 311–321.
5. Pérez-Hoyos, A., García-Haro, F. J., San-Miguel-Ayanz, J. *Conventional and fuzzy comparisons of large scale land cover products: Application to CORINE, GLC2000, MODIS and GlobCover in Europe*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2012. Vol. 74. С. 185–201.
6. Loozen, Y., Rebel, K. T., Jong, S. M. de, та ін. *Mapping canopy nitrogen in European forests using remote sensing and environmental variables with the random forests method*. *Remote Sensing of Environment*. 2020. Vol. 247. С. 111933.
7. Barrett, F., McRoberts, R. E., Tomppo, E., та ін. *A questionnaire-based review of the operational use of remotely sensed data by national forest inventories*. *Remote Sensing of Environment*. 2016. Vol. 174. С. 279–289.
8. Tang, H., Armston, J., Hancock, S., та ін. *Characterizing global forest canopy cover distribution using spaceborne lidar*. *Remote Sensing of Environment*. 2019. Vol. 231. С. 111262.
9. Potapov, P. V., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., та ін. *Eastern Europe's forest cover dynamics from 1985 to 2012 quantified from the full Landsat archive*. *Remote Sensing of Environment*. 2015. Vol. 159. С. 28–43.
10. d'Andrimont, R., Verhegghen, A., Lemoine, G., та ін. *From parcel to continental scale – A first European crop type map based on Sentinel-1 and LUCAS Copernicus in-situ observations*. *Remote Sensing of Environment*. 2021. Vol. 266. С. 112708.
11. Waser, L. T., Schwarz, M. *Comparison of large-area land cover products with national forest inventories and CORINE land cover in the European Alps*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2006. Vol. 8, No. 3. С. 196–207.
12. Cvitanović, M., Lučev, I., Fürst-Bjeliš, B., та ін. *Analyzing post-socialist grassland conversion in a traditional agricultural landscape – Case study Croatia*. *Journal of Rural Studies*. 2017. Vol. 51. С. 53–63.
13. Mongus, D., Žalik, B. *An efficient approach to 3D single tree-crown delineation in LiDAR data*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2015. Vol. 108. С. 219–233.
14. Jurjević, L., Liang, X., Gašparović, M., та ін. *Is field-measured tree height as reliable as believed – Part II, A comparison study of tree height estimates from conventional field measurement and low-cost close-range remote sensing in a deciduous forest*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2020. Vol. 169. С. 227–241.
15. Zakšek, K., Schroedter-Homscheidt, M. *Parameterization of air temperature in high temporal and spatial resolution from a combination of the SEVIRI and MODIS instruments*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2009. Vol. 64, No. 4. С. 414–421.
16. Garbarino, M., Borgogno Mondino, E., Lingua, E., та ін. *Gap disturbances and regeneration patterns in a Bosnian old-growth forest: a multispectral remote sensing and ground-based approach*. *Annals of Forest Science*. 2012. Vol. 69, No. 5. С. 617–625.
17. Isaienkov, K., Yushchuk, M., Khrantsov, V., та ін. *Deep Learning for Regular Change Detection in Ukrainian Forest Ecosystem With Sentinel-2*. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2021. Vol. 14. С. 364–376.
18. Bilous, A., Myroniuk, V., Holiaka, D., та ін. *Mapping growing stock volume and forest live biomass: a case study of the Polissya region of Ukraine*. *Environmental Research Letters*. 2017. Vol. 12, No. 10. С. 105001.
19. Kuemmerle, T., Chaskovskyy, O., Knorn, J., та ін. *Forest cover change and illegal logging in the Ukrainian Carpathians in the transition period from 1988 to 2007*. *Remote Sensing of Environment*. 2009. Vol. 113, No. 6. С. 1194–1207.
20. Часковський, О. Г., Гриник, Г. Г. *Оцінювання втрат лісового покриву Українських Карпат дистанційними методами за матеріалами відкритих джерел супутникової інформації*. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Vol. 30, No. 1. С. 66–73.
21. Melnyk, O., Manko, P., Brunn, A. *Remote sensing methods for estimating tree species of forests in the Volyn region, Ukraine*. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2023. Vol. 6.
22. Мельник О.В., Манько П.В. *Класифікація лісовкритих територій за мультиспектральними даними / Луцьк: Луцький НТУ, 2019. 112–122 р.*
23. Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., та ін. *High-resolution global maps of 21st-century forest cover change*. *Science (New York, N.Y.)*. 2013. Vol. 342, No. 6160. С. 850–853.
24. Woodcock, C. E., Allen, R., Anderson, M., та ін. *Free access to Landsat imagery*. / *United States: 2008*. 1011 p.
25. Bagan, H., Yamagata, Y. *Landsat analysis of urban growth: How Tokyo became the world's largest megacity during the last 40 years*. *Remote Sensing of Environment*. 2012. Vol. 127.
26. Xiong, J., Thenkabail, P. S., Gumma, M. K., та ін. *Automated cropland mapping of continental Africa using Google Earth Engine cloud computing*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2017. Vol. 126. С. 225–244.



27. Fadli, A. H., Kosugo, A., Ichii, K., та ін. Satellite-based monitoring of forest cover change in indonesia using google earth engine from 2000 to 2016. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1317, No. 1. С. 12046.
28. Michel, A., Prescher, A.-K., Schwärzel, K. Forest Condition in Europe: The 2020 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention) / 2020.
29. Understanding Deforestation - Coalition for Rainforest Nations: URL: <https://www.rainforestcoalition.org/understanding-deforestation/> (дата звернення: 14.03.23).
30. The Montréal Process Criteria and Indicators: URL: [https://montreal-process.org/The\\_Montreal\\_Process/Criteria\\_and\\_Indicators/index.shtml](https://montreal-process.org/The_Montreal_Process/Criteria_and_Indicators/index.shtml) (дата звернення: 14.03.23).
31. Forests | UNEP - UN Environment Programme: URL: [https://www.unep.org/explore-topics/forests?gclid=Cj0KCQjwtsCgBhDEARIsAE7RYh3CkYj\\_DAG2wQEDbxRC8NEgqUV6QZuDnZcr\\_BqLUJja9sJDpf\\_HHkncAvxFEALw\\_wcB](https://www.unep.org/explore-topics/forests?gclid=Cj0KCQjwtsCgBhDEARIsAE7RYh3CkYj_DAG2wQEDbxRC8NEgqUV6QZuDnZcr_BqLUJja9sJDpf_HHkncAvxFEALw_wcB) (дата звернення: 14.03.23).
32. Кабінет міністрів України. Про затвердження Порядку проведення національної інвентаризації лісів та внесення зміни у додаток до Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних. 2021. С. 18.
33. Сакаль О.В. Ефективне управління землями лісгосподарськогопризначення: Київ: Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», 2012. 176с.
34. Олійник Є.М. Лісгосподарська діяльність в Україні. Аналітичне дослідження.: Київ: Громадська спілка «Біоенергетична асоціація України», 2019.
35. Gordon, A. D., Breiman, L., Friedman, J. H., та ін. Classification and Regression Trees. *Biometrics*. 1984. Vol. 40, No. 3. С. 874.
36. McLachlan, J., G. Discriminant analysis and statistical pattern recognition. 1992.

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

#### References

1. FAO. (2020). *Global Forest Assessment Resources 2020 Main report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1–36.
2. Melnyk, A., & Manko, P. (2018). Classification of volyn forests according to data of multispectral satellite images. *ScienceRise*, 9, 25–30.
3. Uhl, A. V., Melnyk, O. V., Melnyk, Yu. A., & Melniichuk, M. M. (2022). Dystantsiyni monitorynh urbanizovanykh terytorii. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi, 18, 162–173. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-17](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-17) [in Ukrainian]
4. Blackburn, G. A. (2002). Remote sensing of forest pigments using airborne imaging spectrometer and LIDAR imagery. *Remote Sensing of Environment*, 82(2–3), 311–321.
5. Pérez-Hoyos, A., García-Haro, F. J., & San-Miguel-Ayanz, J. (2012). Conventional and fuzzy comparisons of large scale land cover products: Application to CORINE, GLC2000, MODIS and GlobCover in Europe. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 74, 185–201. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.09.006>
6. Loozen, Y., Rebel, K. T., de Jong, S. M., Lu, M., Ollinger, S. V, Wassen, M. J., & Karssenber, D. (2020). Mapping canopy nitrogen in European forests using remote sensing and environmental variables with the random forests method. *Remote Sensing of Environment*, 247, 111933. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111933>
7. Barrett, F., McRoberts, R. E., Tomppo, E., Cienciala, E., & Waser, L. T. (2016). A questionnaire-based review of the operational use of remotely sensed data by national forest inventories. *Remote Sensing of Environment*, 174, 279–289. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.08.029>
8. Tang, H., Armston, J., Hancock, S., Marselis, S., Goetz, S., & Dubayah, R. (2019). Characterizing global forest canopy cover distribution using spaceborne lidar. *Remote Sensing of Environment*, 231, 111262. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111262>
9. Potapov, P. V, Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Krylov, A. M., McCarty, J. L., Radeloff, V. C., & Hansen, M. C. (2015). Eastern Europe's forest cover dynamics from 1985 to 2012 quantified from the full Landsat archive. *Remote Sensing of Environment*, 159, 28–43. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.11.027>
10. d'Andrimont, R., Verhegghen, A., Lemoine, G., Kempeneers, P., Meroni, M., & van der Velde, M. (2021). From parcel to continental scale – A first European crop type map based on Sentinel-1 and LUCAS Copernicus in-situ observations. *Remote Sensing of Environment*, 266, 112708. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112708>
11. Waser, L. T., & Schwarz, M. (2006). Comparison of large-area land cover products with national forest inventories and CORINE land cover in the European Alps. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(3), 196–207. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.10.001>
12. Cvitanović, M., Lučev, I., Fürst-Bjeliš, B., Borčić, L. S., Horvat, S., & Valozić, L. (2017). Analyzing post-socialist grassland conversion in a traditional agricultural landscape – Case study Croatia. *Journal of Rural Studies*, 51, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.01.008>

13. Mongus, D., & Žalik, B. (2015). An efficient approach to 3D single tree-crown delineation in LiDAR data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 108, 219–233. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.08.004>
14. Jurjević, L., Liang, X., Gašparović, M., & Balenović, I. (2020). Is field-measured tree height as reliable as believed – Part II, A comparison study of tree height estimates from conventional field measurement and low-cost close-range remote sensing in a deciduous forest. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 169, 227–241. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.09.014>
15. Zakšek, K., & Schroedter-Homscheidt, M. (2009). Parameterization of air temperature in high temporal and spatial resolution from a combination of the SEVIRI and MODIS instruments. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 414–421. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.02.006>
16. Garbarino, M., Borgogno Mondino, E., Lingua, E., Nagel, T. A., Dukić, V., Govedar, Z., & Motta, R. (2012). Gap disturbances and regeneration patterns in a Bosnian old-growth forest: a multispectral remote sensing and ground-based approach. *Annals of Forest Science*, 69(5), 617–625. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0177-9>
17. Isaienkov, K., Yushchuk, M., Khramtsov, V., & Seliverstov, O. (2021). Deep Learning for Regular Change Detection in Ukrainian Forest Ecosystem With Sentinel-2. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 364–376. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3034186>
18. Bilous, A., Myroniuk, V., Holiaka, D., Bilous, S., See, L., & Schepaschenko, D. (2017). Mapping growing stock volume and forest live biomass: a case study of the Polissya region of Ukraine. *Environmental Research Letters*, 12(10), 105001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8352>
19. Kuemmerle, T., Chaskovskyy, O., Knorn, J., Radeloff, V. C., Kruhlov, I., Keeton, W. S., & Hostert, P. (2009). Forest cover change and illegal logging in the Ukrainian Carpathians in the transition period from 1988 to 2007. *Remote Sensing of Environment*, 113(6), 1194–1207. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.02.006>
20. Chaskovskiy, O. H., & Hrynyk, H. H. (2020). Otsiniuvannia vtrat lisovoho pokryvu Ukrainskykh Karpat dystantsiynymi metodamy za materialamy vidkrytykh dzherel suputnykovoї informatsii. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 30(1), 66–73. <https://doi.org/10.36930/40300111> [in Ukrainian]
21. Melnyk, O., Manko, P., & Brunn, A. (2023). Remote sensing methods for estimating tree species of forests in the Volyn region, Ukraine. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1041882>
22. Melnyk O.V., & Manko P.V. (2019). Klasyfikatsiia lisovkrytykh terytorii za multispektralnymi danymi. V Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi: zb.nauk.prats (Number 12, pp 112–122). Lutskyi NTU. [in Ukrainian]
23. Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science (New York, N.Y.)*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
24. Woodcock, C. E., Allen, R., Anderson, M., Belward, A., Bindschadler, R., Cohen, W., Gao, F., Goward, S. N., Helder, D., Helmer, E., Nemani, R., Oreopoulos, L., Schott, J., Thenkabail, P. S., Vermote, E. F., Vogelmann, J., Wulder, M. A., & Wynne, R. (2008). Free access to Landsat imagery. *B Science (New York, N.Y.) (Vol 320, Number 5879, p 1011)*. <https://doi.org/10.1126/science.320.5879.1011a>
25. Bagan, H., & Yamagata, Y. (2012). Landsat analysis of urban growth: How Tokyo became the world's largest megacity during the last 40 years. *Remote Sensing of Environment*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.09.011>
26. Xiong, J., Thenkabail, P. S., Gumma, M. K., Teluguntla, P., Poehnelt, J., Congalton, R. G., Yadav, K., & Thau, D. (2017). Automated cropland mapping of continental Africa using Google Earth Engine cloud computing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 126, 225–244. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.01.019>
27. Fadli, A. H., Kosugo, A., Ichii, K., & Ramli, R. (2019). Satellite-based monitoring of forest cover change in indonesia using google earth engine from 2000 to 2016. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1), 12046. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012046>
28. Michel, A., Prescher, A.-K., & Schwärzel, K. (2020). Forest Condition in Europe: The 2020 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). <https://doi.org/10.3220/ICPTR1606916913000>
29. Understanding Deforestation - Coalition for Rainforest Nations. (n.d.). Retrieved 14, March 2023, <https://www.rainforestcoalition.org/understanding-deforestation/>
30. The Montréal Process Criteria and Indicators. (n.d.). Retrieved 14, March 2023, [https://montreal-process.org/The\\_Montreal\\_Process/Criteria\\_and\\_Indicators/index.shtml](https://montreal-process.org/The_Montreal_Process/Criteria_and_Indicators/index.shtml)
31. Forests | UNEP - UN Environment Programme. (n.d.). Retrieved 14, March 2023, [https://www.unep.org/explore-topics/forests?gclid=Cj0KCOjwtsCgBhDEARIsAE7RYh3CkYj\\_DAG2wOEDbxRC8NEgqUV6OZuDnZcrBqLUJja9sJDpfHHkncAvxFEALw\\_wcB](https://www.unep.org/explore-topics/forests?gclid=Cj0KCOjwtsCgBhDEARIsAE7RYh3CkYj_DAG2wOEDbxRC8NEgqUV6OZuDnZcrBqLUJja9sJDpfHHkncAvxFEALw_wcB)
32. Kabinet ministriv Ukrainy. (2021). Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia natsionalnoi inventaryzatsii lisiv ta vnesennia zminy u dodatok do Polozhennia pro nabory danykh, yaki pidliahaiut opryliudnenniu u formi vidkrytykh danykh. 18. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392-2021-n#Text> [in Ukrainian]

33. Sakal O.V. (2012). *Efektivne upravlinnia zemliamy lisohospodarskohopryznachennia. Derzhavna ustanova «Instytut ekonomiky pryrodokorystuvannia ta staloho rozvytku Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy».*
34. Oliinyk Ye.M. (2019). *Lisohospodarska diialnist v Ukraini. Analitychne doslidzhennia. Hromadska spilka «Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy».* [in Ukrainian]
35. Gordon, A. D., Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). *Classification and Regression Trees. Biometrics*, 40(3), 874. <https://doi.org/10.2307/2530946>
36. McLachlan, & J., G. (1992). *Discriminant analysis and statistical pattern recognition.* <https://doi.org/10.1002/0471725293>

## Дистанційний моніторинг змін лісистості Волинської області: зріз за перші два десятиліття XXI ст.

*Анна Уль*<sup>1</sup>

д. тех. н., професор, завідувач кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру,

<sup>1</sup> Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна;

*Олександр Мельник*<sup>1</sup>

к. тех. н., доцент, кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру;

*Юлія Мельник*<sup>2</sup>

к. тех. н., доцент, кафедра будівництва та цивільної інженерії,

<sup>2</sup> Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна;

*Павло Манько*<sup>1</sup>

аспірант кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру;

*Ансгар Брунн*<sup>3</sup>

к. тех. н., професор, факультет інженерії пластмас та геодезії,

<sup>3</sup> Технічний університет прикладних наук Вюрцбург-Швайнфурт, Німеччина;

*Василь Фесюк*<sup>1</sup>

д. геогр. н., професор, завідувач кафедри фізичної географії

У статті висвітлюється значення лісистості як важливого індикатора стану навколишнього середовища. Згідно доповіді Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO) щодо оцінки лісових ресурсів (FRA) за 2020 рік, в якій зазначено, що з 1990 року площа лісів у світі скоротилася на 178 мільйонів гектарів. На прикладі Волинської області показано, як обробка даних дистанційного зондування із використанням хмарних сервісів і класифікація рослинності можуть допомогти кількісно визначити динаміку лісів з 2000 по 2020 рік, дозволяючи місцевій владі та особам, які приймають рішення, відстежувати та аналізувати тенденції майже в режимі реального часу. Загалом ця робота дає зрозуміти важливість моніторингу динаміки лісу та потенціал технології дистанційного зондування для полегшення цього процесу. Дистанційне зондування є ефективним інструментом для моніторингу та управління лісами, а Google Earth Engine (GEE) – це онлайн-платформа, яка об'єднує дані від різних установ для аналізу різного роду даних. У дослідженні використано дані Landsat 7 Collection 1 Tier 1 та алгоритм CART для побудови бінарного дерева рішень. Дослідження базувалося на інформації Головного управління статистики у Волинській області про площі лісів та площі, де проводилися рубки протягом зазначеного періоду. Слід відзначити, що незважаючи на зменшення територій на яких здійснюється лісозаготівля, спостерігається збільшення втрати лісового покриву в межах лісових масивів. Це може бути викликано різними причинами, такими як незаконна вирубка лісу або природні порушення, як-от пожежі чи спалахи хвороб. Використання методів машинного навчання, таких як класифікація CART, може допомогти виявити та відстежувати ці зміни, які потім можна використовувати для інформування про рішення та методи управління для зменшення втрати лісового покриву. Загалом у Волинській області спостерігається поступове зменшення площ, де проводяться різні види рубок, з 524 км<sup>2</sup> у 2003 р. до 239 км<sup>2</sup> у 2020 р. Натомість втрати лісового покриву в межах лісових масивів стрімко зросли з 37,85 км<sup>2</sup> у 2015 р. до 84,01 км<sup>2</sup> у 2017 р., а за межами з 5,53 км<sup>2</sup> до 10,80 км<sup>2</sup> у 2015 р. та 2017 р. відповідно. У цьому дослідженні оцінка точності проводилася з використанням 30% контрольних точок, отриманих початково, на основі даних про достовірність земельного покриву. Точність виробника та точність користувача були розраховані для оцінки пропусків помилок і можливостей віднесення пікселя до певної категорії. Просторова роздільна здатність даних Landsat 7, використаних у цьому дослідженні, становила 30 м, з мінімальною площею розрахунку 0,337 га. Загальна точність і коефіцієнт  $k$  є найбільш репрезентативними показниками точності, із середньою точністю класифікації  $OA_{av}=98,82\%$  і  $k_{av}=0,9764$ .

**Ключові слова:** динаміка лісів, дистанційне зондування, Google Earth Engine, машинне навчання, алгоритм CART, втрата лісового покриву, оцінка точності, Landsat 7.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Надійшла 24 квітня 2023 р.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Прийнята 14 грудня 2023 р.

## Вплив температури поверхні екваторіальної частини Тихого океану на активність тропічних циклонів

**Юсеф Ель Хадрі**<sup>1</sup>

PhD, ст. викладач кафедри океанології та морського природокористування  
<sup>1</sup> Одеського національного університету імені І.І. Мечникова, Одеса, Україна,  
e-mail: [magribinets@ukr.net](mailto:magribinets@ukr.net), [id http://orcid.org/0000-0003-3690-0927](http://orcid.org/0000-0003-3690-0927);

**Микола Берлінський**<sup>1</sup>

д. геогр. н., професор кафедри океанології та морського природокористування,  
e-mail: [nberlinsky@ukr.net](mailto:nberlinsky@ukr.net), [id http://orcid.org/0000-0002-4576-4958](http://orcid.org/0000-0002-4576-4958);

**Марія Сліже**<sup>1</sup>

к. геогр. н., викладач кафедри океанології та морського природокористування,  
e-mail: [m.o.slizhe@gmail.com](mailto:m.o.slizhe@gmail.com), [id http://orcid.org/0000-0002-6398-4188](http://orcid.org/0000-0002-6398-4188);

**Катерина Головченко**<sup>1</sup>

студентка кафедри океанології та морського природокористування,  
e-mail: [egolovchenko318@gmail.com](mailto:egolovchenko318@gmail.com), [id http://orcid.org/0009-0006-1705-6344](http://orcid.org/0009-0006-1705-6344)

Сьогодні вивчення клімату є одним із найважливіших завдань сучасної науки. Особливу увагу займають питання кліматичних коливань на різних часових масштабах. Ель-Ніньо – Південне коливання (ЕНПК) є ведучим сигналом міжрічної мінливості клімату, який впливає на погоду та клімат на земній кулі. Виявлено, що прояви різних його фаз відзначаються в аномаліях погоди та клімату (аж до екстремальних) не лише над тропічною зоною Тихого океану, а й у позатропічних широтах за допомогою далекодійних зв'язків у системі океан - атмосфера. Численні дослідження показали, що ЕНПК модулює активність тропічних циклонів у північно-західній частині Тихого океану. Метою роботи є визначення взаємозв'язку між аномаліями температури води на поверхні в екваторіальній частині Тихого океану та повторюваності тропічних циклонів різної інтенсивності у північно-західній частині Тихого океану у поточних кліматичних умовах. В роботі використані дані про кількість випадків та інтенсивність тропічних циклонів за період 1991-2020 рр. та ряди індексів ONI та SOI. Аналіз повторюваності ТЦ різної інтенсивності у північно-західній частині Тихого океану у період 1991-2020 рр. показав, що спостерігається зменшення кількості тропічних депресій та тайфунів. В той же час відмічається незначне зростання випадків виникнення тропічних штормів. Результати аналізу впливу мінливості ТПО екваторіальної частини Тихого океану на повторюваність ТЦ, виконані на базі аналізу кореляційних зв'язків між кількістю ТЦ різної інтенсивності та індексами ONI та SOI, показали, що існує статистично значущий зв'язок тільки з повторюваністю тайфунів. Зі встановленням додатних АТПО у центрі екваторіальної частини Тихого океану, асоційованих з епізодом Ель-Ніньо, пов'язане зростання кількості тайфунів у північно-західній частині Тихого океану.

**Ключові слова:** взаємодія океану та атмосфери, тропічні циклони, Ель-Ніньо, Південне коливання, кліматичні коливання.

**Як цитувати:** Ель Хадрі Юсеф. Вплив температури поверхні екваторіальної частини тихоого океану на активність тропічних циклонів / Юсеф Ель Хадрі, Микола Берлінський, Марія Сліже, Катерина Головченко // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 284-291. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-20>

**In cites:** El Hadri Youssef, Berlinsky Mykola, Slizhe Mariia, Holovchenko Kateryna (2024). Influence of the sea surface temperature of equatorial Pacific Ocean on the tropical cyclones activity. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 284-291. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-20> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Сьогодні вивчення клімату є одним із найважливіших завдань сучасної науки. Особливу увагу займають питання, пов'язані не лише з його зміною, а й питання мінливості та кліматичних коливань на різних часових масштабах, а також впливу цих коливань на погодні умови, небезпечні та стихійні гідрометеорологічні явища. Значну роль у формуванні коливань клімату займають процеси взаємодії у системі океан - атмосфера, які мають складний характер і в результаті прямих і зворотних зв'язків можуть викликати зміни погодних умов, як у окремих регіонах земної кулі, так й на масштабі континентів.

Ель-Ніньо – Південне коливання (ЕНПК) –

це періодичні коливання температури поверхні океану (явище Ель-Ніньо) і атмосферного тиску (Південне коливання) в екваторіальній частині Тихого океану. Південне коливання описує біомодальну зміну барометричного тиску на рівні моря між станціями спостереження в Дарвіні (Австралія) та на Таїті. У звичайних умовах нижчий тиск в Дарвіні та вищий тиск на Таїті сприяє циркуляції повітря зі сходу на захід, що призводить до переміщення теплих поверхневих вод екваторіальної частини Тихого океану на захід. При цьому на північному сході Австралії та в західній частині Тихого океану спостерігається дощова погода. Внаслідок впливу складної динаміки вод в екваторіальній частині океану відбувається

зміна просторового розподілу температури поверхні океану (ТПО). Через теплообмін між океаном та атмосферою виникає зміна горизонтального розподілу температури повітря у приземному шарі, що стає причиною зменшення горизонтальних градієнтів атмосферного тиску та багато в чому збігається з умовами Ель-Ніньо, за якого деякі райони західної частини Тихого океану, такі як Австралія, зазнають сильної посухи [1,2], тоді як біля східних берегів океану сильні опади можуть призвести до повеней на західному узбережжі екваторіальної Південної Америки.

ЕНПК є ведучим сигналом міжрічної мінливості клімату, який впливає на погоду та клімат на земній кулі. Виявлено, що прояви різних фаз ЕНПК відзначаються в аномаліях погоди та клімату (аж до екстремальних) не лише над тропічною зоною Тихого океану, а й у позатропічних широтах за допомогою далекодіючих зв'язків у системі океан - атмосфера [3-9].

Численні дослідження показали, що ЕНПК модулює активність тропічних циклонів [10-11]. Зокрема, ЕНПК впливає на річні коливання активності тропічних циклонів (ТЦ) не тільки у басейні Тихого океану, а й в Атлантиці через атмосферні динамічні фактори, такі як вертикальний зсув вітру та стійкість атмосфери [12].

Сьогодні, також, велику увагу приділено питанню впливу зміни клімату на ЕНПК. Встановлено, що поки що немає чітких доказів впливу зміни клімату на аномалії ТПО в тропічній частині Тихого океану, які пов'язані з ЕНПК, та Південне коливання [13]. Однак у недавньому дослідженні [14], порівняння мінливості ТПО, пов'язаної з ЕНПК, отриманої на основі кліматичного моделювання для періодів 1901-1960 рр. і 1961-2020 рр. показало, що більше трьох чвертей кліматичних моделей дають збільшення амплітуди мінливості ТПО, пов'язаної з ЕНПК, після 1960 р., що призводить до більш частішої появи епізодів Ель-Ніньо і Ла-Нінья, які характеризуються сильною інтенсивністю.

**Формулювання мети статті.** Метою роботи є визначення взаємозв'язку між аномаліями температури води на поверхні в екваторіальній частині Тихого океану та повторюваності тропічних циклонів різної інтенсивності у північно-західній частині Тихого океану у поточних кліматичних умовах.

Для досягнення мети роботи було виконано наступні задачі:

1. Отримати ряди щорічної кількості випадків ТЦ різної інтенсивності у північно-західній частині Тихого океану та проаналізувати міжрічні зміни їх повторюваності у період 1991-2020 рр.

2. Проаналізувати зв'язок між повторюваністю ТЦ та зміною ТПО у центральній частині

Тихого океану на основі розрахунків коефіцієнтів кореляції Пірсона між рядами кількості ТЦ різної інтенсивності та рядами океанічного індексу Ніньо та індексу південного коливання.

3. Виконати перевірку коефіцієнтів кореляції на статистичну значущість.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Моніторинг явища Ель-Ніньо – Південного коливання виконується на основі індексу південного коливання та океанічного індексу Ніньо.

*Індекс південного коливання (Southern Oscillation Index, SOI)* – це стандартизований індекс, заснований на різниці атмосферного тиску на рівні моря, яка спостерігається між станціями Таїті та Дарвін (Австралія). SOI є одним із показників великомасштабних коливань тиску повітря, що відбуваються між західною та східною тропічною частиною Тихого океану (тобто фаз Південного коливання) під час епізодів Ель-Ніньо та Ла-Нінья. Загалом згладжені часові ряди SOI дуже добре відповідають змінам ТПО в східній тропічній частині Тихого океану. Негативною фазою Південного коливання прийняті умови, коли атмосферний тиск на станції Таїті нижче кліматичної норми, а на станції Дарвін вище норми. Тривалі періоди від'ємних (додатних) значень SOI збігаються з аномально теплими (холодними) водами на поверхні океану в східній тропічній частині Тихого океану, типовими для епізодів Ель-Ніньо (Ла-Нінья).

Для моніторингу ЕНПК, екваторіальна частина Тихого океану була поділена на 4 географічні регіони, в яких визначаються умови ЕНПК, насамперед аномалії температури поверхні океану (АТПО) (рис. 1). Аномалії ТПО в регіоні Ніньо 3,4 (що включає частини регіонів Ніньо 3 і Ніньо 4, від 170° до 120° з.д.), рівні або які перевищують +0,5 °C, вказують на теплу фазу ЕНПК (епізод Ель-Ніньо). Якщо АТПО нижчі або рівні -0,5 °C, умови асоціюють з прохолодною фазою Південного коливання (епізод Ла-Нінья). Аномалії ТПО в регіоні Ніньо 3,4 осереднюють за три місяці, які закінчуються поточним місяцем, отримане значення називається океанічним *індексом Ніньо (Oceanic Niño Index, ONI)*. Якщо величина ONI демонструє умови теплої чи прохолодної фази протягом щонайменше п'яти послідовних значень, то офіційно оголошується про встановлення явища Ель-Ніньо чи Ла-Нінья.

Регіоном, що найчастіше використовується для моніторингу Ель-Ніньо є регіон Ніньо 3,4, а найбільш використовуваним критерієм встановлення явища є додатна АТПО, яка перевищує або дорівнює +0,5 °C. Оскільки цей регіон охоплює західну половину екваторіальної частини Тихого океану, яка характеризується наявністю області знижених значень ТПО, він забезпечує хорошу

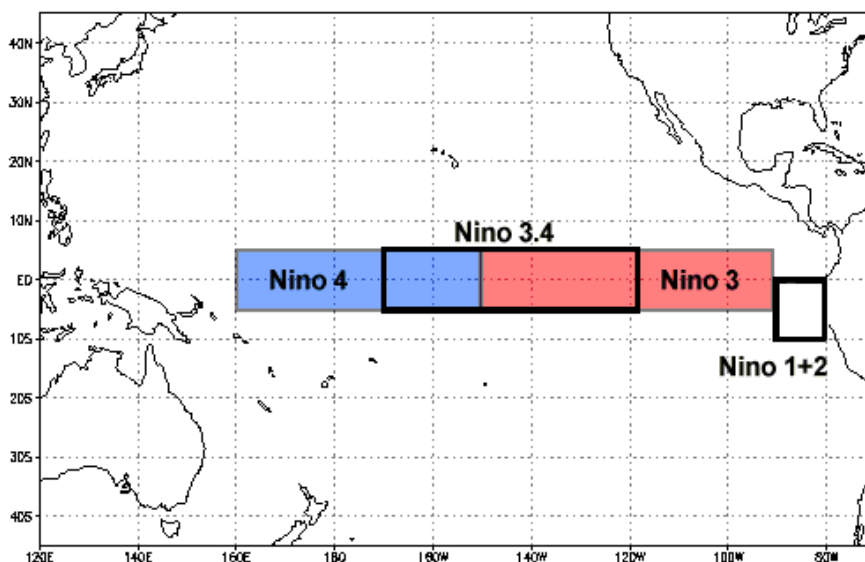


Рис. 1. Схема розташування регіонів Ніньо [15] / Fig. 1. Scheme of the Niño regions location [15]

оцінку змін ТПО, які призводять до зміни характеру глибокої тропічної конвекції та атмосферної циркуляції. Для підтримки стійкої глибокої конвекції в даному регіоні з кінця березня до середини червня, достатньо формування АТПО  $+0,5$  °С в районі Ніньо 3,4 в цей період. В останню частину року знадобляться вищі АТПО, до  $+1,5$ °С, що формуються в період з листопада по січень.

Інтенсивність події ЕНПК ідентифікується відповідно до пікових значень ONI [16]:

- подія Ель-Ніньо слабкої інтенсивності ( $0,5 < ONI < 1,3$  °С);
- подія Ель-Ніньо середньої інтенсивності ( $1,3 \leq ONI < 2,0$  °С);
- подія Ель-Ніньо сильної інтенсивності ( $2,0 \leq ONI < 2,5$  °С);
- надсильна подія Ель-Ніньо ( $ONI \geq 2,5$  °С).

Для SOI характерні значення, що демонструють наявність стійкого явища Ель-Ніньо чи Ла-Нінья, становлять  $SOI < -0,7$  та  $SOI > 0,7$ , відповідно [17].

Активність ТЦ у північно-західній частині Тихого океану корелює із індексом SOI. Так, у дослідженні [18], проведеному для періоду 1978-1982 рр. показано, що в умовах, коли значення SOI досягає мінімуму та встановлюється аномальна циркуляція Волкера, кількість тайфунів у всій північно-західній частині Тихого океану починає знижуватися. Часовий масштаб, на якому Південне коливання впливає на мінливість активності ТЦ становить близько року, тобто приблизно 1/3 періоду Південного коливання, а умови в атмосфері є ще не достатніми для значного зменшення числа тропічних штормів і лише найінтенсивніші системи тайфуни підлягають впливу Південного коливання.

Необхідно відзначити, що донедавна прямий вплив зміни температури океану при ЕНПК на ТЦ не бралось до уваги через очевидну невідповідність як у часі, так і в місцезнаходженні: піки ЕНПК припадають на зиму, а потепління поверхневих вод відбувається в основному вздовж екватора у регіоні де відсутня активність ТЦ.

В роботі [19] на прикладі подій Ель-Ніньо 1972-73, 1982-83 та 1997-98 рр. показано, що тропічний циклогенез у роки початку події Ель-Ніньо розвивається помітно раніше, ніж у роки припинення події. У роки початку Ель-Ніньо кількість днів зі тропічними штормами та тайфунами майже вдвічі більша, ніж у роки закінчення Ель-Ніньо. У дослідженні показано, що фази Південного коливання впливають також на траєкторії ТЦ. У роки початку Ель-Ніньо траєкторії в основному проходять у північному, північно-східному напрямку вздовж течії Куросіо. У роки закінчення Ель-Ніньо більшість траєкторій ТЦ спрямовані на захід-північний захід, внаслідок чого ТЦ виходили на узбережжя Південної Кореї, Китаю та В'єтнаму. Області зародження ТЦ в роки початку Ель-Ніньо охоплюють досить велику площу поверхні (до 170 сх.д.), що обумовлено аномально великою кількістю тепла, накопиченим у верхньому шарі океану до початку фази Ель-Ніньо. У роки припинення Ель-Ніньо тепло верхнього шару океану на заході значно менше як через зменшення перенесення тепла пасатною течією, так і через інтенсивну дію, яку, у свою чергу, надають ТЦ на поверхневий шар океану [20] в попередні роки [21]. Інтенсивність циклогенезу суттєво знижується та має більш виражений сезонний характер. Проаналізовані кореляції SOI та Ель-Ніньо показують, що найбільш тісний зв'язок ( $r = -0,66$ ) існує між роками

початку Ель-Ніньо та усередненими значеннями SOI для липня, серпня та вересня.

Велике значення має вивчення траєкторій ТЦ у зв'язку з руйнівними впливами, які вони надають при виході на густонаселене узбережжя Південно-Східної Азії та островів Малайського архіпелагу. Дослідження впливу Південного коливання на траєкторії ТЦ [22] показало, що більше ТЦ виходить на берег у Південно-Східній Азії в роки Ла-Нінья та нейтральні роки в порівнянні з роками Ель-Ніньо. При цьому зона виходу на берег у роки Ла-Нінья широко поширена у всіх субрегіонах. У роки Ель-Ніньо зона ви-

ходу ТЦ зміщується далі на північ і поширюється на захід на материкову частину Азії відповідно до розподілу домінуючого потоку атмосферної циркуляції.

**Матеріали та методи дослідження.** Інформація про кількість випадків та інтенсивність ТЦ в період 1991-2020 рр. у північно-західній частині Тихого океану була отримана з щорічного звіту про тропічні цикли, розміщеного на сайті Метеорологічного та океанологічного командування ВМС США [23]. За цими даними була розрахована статистика про повторюваність ТЦ у районі дослідження (рис. 2).

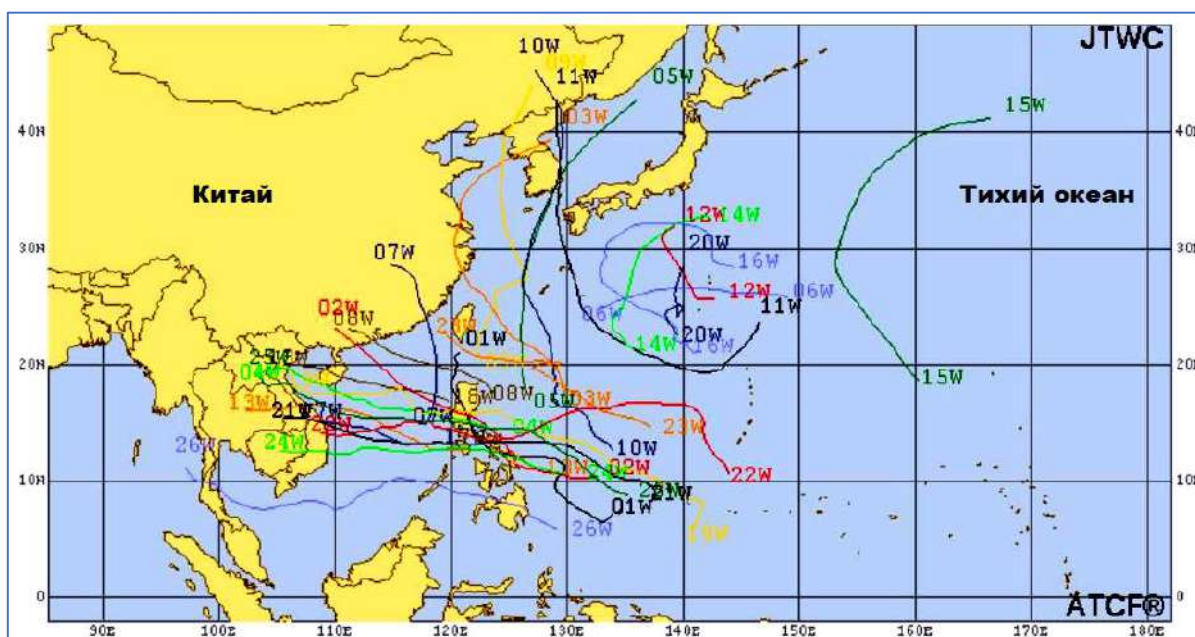


Рис. 2. Регіон дослідження, для якого було виконано аналіз статистики ТЦ.  
Кольоровими лініями показані траєкторії ТЦ у 2020 р. [23] /  
Fig. 2. The study region for which the analysis of tropical cyclones statistics was performed.  
The tropical cyclones trajectories in 2020 are shown by colored lines [23]

В аналізі були використані наступні критерії інтенсивності ТЦ [24]:

**Тропічна депресія (TD):** тропічний циклони із максимальною тривалою швидкістю вітру 33 вузла (15,4 м/с) або менше.

**Тропічний шторм (TS):** тропічний циклони із максимальною швидкістю вітру від 34 до 63 вузлів (17,5-32,4 м/с).

**Ураган (TU):** тропічний циклони із максимальною тривалою швидкістю вітру 64 вузла (32,9 м/с) або вище. У західній частині північної частини Тихого океану урагани називають тайфунами; подібні шторми в Індійському океані та південній частині Тихого океану називаються циклонами.

**Великий ураган:** тропічний циклони з максимальною тривалою швидкістю вітру 96 вузлів (49,4 м/с) або вище, що відповідає категорії 3, 4 або 5 за шкалою ураганів Саффіра-Сімсона.

Для аналізу розподілу температури води на поверхні екваторіальної частини Тихого океану були використані ряди ONI, які були отримані з сайту Національних центрів екологічної інформації США [15]. В роботі аналізувалися ряди індексу ONI для регіону Ніньо 3,4 (рис. 1) та індексу SOI за період 1991-2020 рр. Аналіз взаємозв'язку між кількістю ТЦ та індексами ONI та SOI було виконано на базі розрахованих коефіцієнтів кореляції Пірсона.

**Результати дослідження.** Повторюваність ТЦ у північно-західній частині Тихого океану у 1991-2020 рр. Аналіз міжрічного ходу кількості ТЦ у районі дослідження у період 1991-2020 рр. (рис. 3) показав, що середня кількість утворень всіх класів інтенсивності складала 30,8 випадків, мінімальна – 19 випадків, максимальна – 44 випадки.

Найменше відмічалися тропічні депресії. Їх

середня кількість за досліджуваний період складала 5,2 випадків. При чому у 2008 р. не було зафіксовано жодного випадку *TD*, у 2005 і 2019 рр. по 1 випадку на рік. Максимальна кількість *TD* складала 11 випадків на рік, які відмічалися у 1992 і 1996 рр., також зафіксовані часті їх появи в 1998 і 1999 рр. (10 випадків на рік).

Тропічні шторми спостерігалися частіше, їх середня за рік кількість досягала 9,9 випадків. Найменше *TS* були зафіксовані у 2003, 2005 і 2010 рр., коли їх кількість складала 6 випадків на рік. Найчастіше *TS* відмічалися у 2018 р. (16 випадків на рік), також зафіксовано їх збільшене число в 1994 р. і 2008 р. (15 випадків на рік).

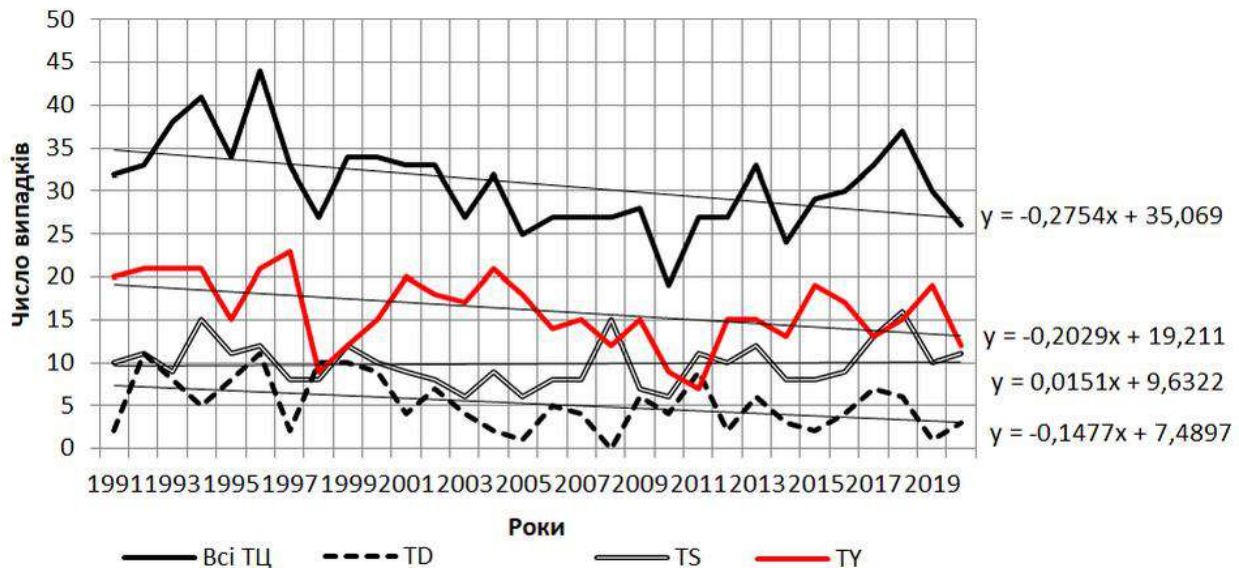


Рис. 3. Повторюваність тропічних циклонів у 1991-2021 рр. (праворуч винесені рівняння лінійної регресії для відповідних рядів) /  
Fig. 3. Repeatability of tropical cyclones in 1991-2021 (linear regression equations for the corresponding series are shown on the right)

Що стосується тайфунів то їх середня кількість дорівнювала 16,1 випадків на рік. Мінімальна зафіксована кількість складала 7 випадків у 2011 р., також можна відзначити 1998 та 2010 роки, які характеризувалися невеликою повторюваністю *TU* – 9 випадків на рік. Максимальне число *TU* складала 23 випадків у 1997 р., також зафіксовані часті їх появи в 1992, 1993, 1994, 1996 і 2004 роках (по 21 випадку на рік).

Таким чином, можна зробити висновок, що загалом ТЦ мали більшу повторюваність у період 1992-1999 рр. Як видно з рівнянь лінійної регресії, розрахованих для рядів ТЦ різної інтенсивності, тільки у випадку тропічних штормів відзначається незначне зростання 0,015 випадків за рік (0,45 випадків за 30 років). Для тропічних депресій та тайфунів спостерігається зменшення повторюваності -0,14 та -0,20 випадків на рік, відповідно, що дорівнює -4,43 та -6,09 випадків за 30 років, відповідно.

*Взаємозв'язок повторюваності ТЦ з індексами ONI та SOI.* Для оцінки впливу ЕНПК на повторюваність ТЦ були розраховані коефіцієнти кореляції між числом випадків різної інтенсивності та індексами ONI та SOI (табл. 1).

Значення табличного критерію Стьюдента на рівні значущості  $\alpha=0,05$  дорівнює 2,05, це

означає, що в нашому випадку статистично значущим є зв'язок тільки між кількістю тайфунів та індексами ONI та SOI.

Між випадками тайфунів та індексом ONI існує пряма залежність, тобто при зростанні величини індексу відмічається зростання числа тайфунів. Величина коефіцієнту кореляції дорівнює 0,67, що свідчить про наявність помірного лінійного зв'язку.

Аналіз величини коефіцієнту кореляції між числом випадків ТЦ та індексом SOI показав, що високий кореляційний зв'язок існує тільки з тайфунами. Коефіцієнт кореляції дорівнює -0,74. Причому зв'язок між кількістю тайфунів та індексом SOI має зворотний характер. Це означає, що при додатних значеннях SOI при яких спостерігається явище Ла-Нінья відбувається зниження числа тайфунів в південно-західній частині Тихого океану, та навпаки при від'ємних значеннях SOI в фазу Ель-Ніньо спостерігалось зростання числа випадків тайфунів.

**Висновки.** Аналіз повторюваності ТЦ різної інтенсивності у північно-західній частині Тихого океану у період 1991-2020 рр. показав, що спостерігається зменшення кількості тропічних депресій та тайфунів. В той же час відмічається незначне зростання випадків виникнення тропі-



Таблиця 1 / Table 1

Коефіцієнти кореляції ( $r_{xy}$ ) між індексами ONI та SOI і кількістю випадків ТЦ різної інтенсивності в північно-західній частині Тихого океану у 1991-2020 рр., а також значення критерію Стьюдента ( $t$ ) / Correlation coefficients ( $r_{xy}$ ) between the ONI and SOI and the number of TC cases of various intensities in the Western North Pacific in 1991-2020, as well as the value of the Student's test ( $t$ )

ONI				
	Загальна кількість ТЦ	Тропічна депресія (TD)	Тропічний шторм (TS)	Тайфун (TY)
$r_{xy}$	0,16	-0,35	-0,23	0,67
$t$	0,82	1,80	1,18	3,51
SOI				
$r_{xy}$	-0,22	0,23	0,23	-0,74
$t$	1,16	1,19	1,22	3,82

чних штормів.

Результати аналізу впливу мінливості ТПО екваторіальної частини Тихого океану на повторюваність ТЦ, виконані на базі аналізу кореляційних зв'язків між кількістю ТЦ різної інтенсивності та індексами ONI та SOI, показали, що існує статистично значущий зв'язок тільки з повторюваністю тайфунів. Зі встановленням додатних АТПО у центрі екваторіальної частини Тихо-

го океану, асоційованих з епізодом Ель-Ніньо, пов'язане зростання кількості тайфунів у північно-західній частині Тихого океану.

Також необхідно відзначити, що потребує подальшого вивчення питання, який вплив надає інтенсифікація прояви ЕНПК, викликана зміною клімату, на повторюваність, інтенсивність та траєкторії ТЦ у північно-західній частині Тихого океану.

#### Список використаної літератури

- Chiew F.H.S., Piechota T.C., Dracup J.A., McMahon T.A. El Nino/Southern Oscillation and Australian rainfall, streamflow and drought: Links and potential for forecasting // *Journal of Hydrology*. – 1998. – Vol. 204 (1-4). – P. 138-149. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00121-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00121-2)
- Huang A.T., Gillett Z.E., Taschetto A.S. Australian Rainfall Increases During Multi-Year La Niña // *Geophysical Research Letters*. – 2024. – Vol. 51(9). – e2023GL106939. <https://doi.org/10.1029/2023GL106939>
- Wang Z., Chang C., Wang B. Impacts of El Niño and La Niña on the U.S. Climate during Northern Summer // *J. Climate*. – 2007. – Vol. 20. – P. 2165-2177. <https://doi.org/10.1175/JCLI4118.1>
- Hafez Y. Study on the Relationship between the Oceanic Nino Index and Surface Air Temperature and Precipitation Rate over the Kingdom of Saudi Arabia // *Journal of Geoscience and Environment Protection*. – 2016. – Vol. 4. – P. 146-162. <https://doi.org/10.4236/gep.2016.45015>
- Rouault M., Dieppois B., Tim N., Hünicke B., Zorita E. Southern Africa Climate Over the Recent Decades: Description, Variability and Trends / In: *Sustainability of Southern African Ecosystems under Global Change (Ecological Studies, vol. 248)* / G. P. von Maltitz et al. (eds.). Cham: Springer, 2024. – P. 149-168. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-10948-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-10948-5_6)
- Brönnimann S. Impact of El Niño–Southern Oscillation on European climate // *Reviews of Geophysics*. – 2007. – Vol. 45(3). – RG3003, <https://doi:10.1029/2006RG000199>
- Rohli R.V., Snedden G.A., Martin E.R., DeLong K.L. Impacts of ocean-atmosphere teleconnection patterns on the south-central United States // *Front. Earth Sci.* – 2022. – Vol. 10. – 934654. <https://doi:10.3389/feart.2022.934654>
- Arpe K., Bengtsson L., Golitsyn G.S., Mokhov I.I., Semenov V.A., Sporyshev P.V. Connection between Caspian Sea level variability and ENSO // *Geophys. Res. Lett.* – 2000. – Vol. 27. – P. 2693-2696. <https://doi.org/10.1029/1999GL002374>
- Shang-Ping Xie. Tropical Atlantic variability. In: *Coupled Atmosphere-Ocean Dynamics*. Elsevier, 2024. P. 251-276. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95490-7.00010-2>
- Ford B.W. El Nino and La Nina effects on tropical cyclones: The mechanisms: Master's work / Monterey, South Carolina: Naval postgraduate school Monterey, 2000. – 201 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/36701239.pdf>
- Hastenrath S. Tropical meteorology and climate: Tropical Climates / In: *Encyclopedia of Atmospheric Sciences (Second Edition)* (Eds): Gerald R. North, John Pyle, Fuqing Zhang. Academic Press, 2015. – P. 170-176. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00416-3>
- Jin F.-F., Boucharel J., Lin I.I. Eastern Pacific tropical cyclones intensified by El Niño delivery of subsurface ocean heat // *Nature*. – 2014. – Vol. 516. – P. 82-85. <https://doi.org/10.1038/nature13958>
- Power S.B., Kociuba G. The impact of global warming on the Southern Oscillation Index // *Clim. Dyn.* – 2011. – Vol. 37. – P. 1745-1754. <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0951-7>
- Cai W., Ng B., Geng T. et al. Anthropogenic impacts on twentieth-century ENSO variability changes // *Nat. Rev. Earth Environ.* – 2023. – Vol. 4. – P. 407-418. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00427-8>
- NCEI/NOAA. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/sst>
- Ren H.-L., Lu B., Wan J. H. et al. Identification Standard for ENSO Events and Its Application to Climate Monitoring and Prediction in China // *J. Meteor. Res.* – 2018. – Vol. 32(6). – P. 923-936. <https://doi.org/10.1007/s13351-018-8078-6>

17. Australian government. Bureau of Meteorology. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml>
18. Chan J.C.L. Tropical cyclone activity in the northwest Pacific in relation to the El-Niño Southern Oscillation phenomenon // *Mon. Wea. Rev.* – 1985. – Vol. 113. – P. 599-606. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1985\)113<0599:TCAITN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1985)113<0599:TCAITN>2.0.CO;2)
19. Pudov V.D., Petrichenko S.A. The El Niño and Tropical Cyclogenesis in the North-West Pacific // *Investig. Mar.* – 2002. – Vol. 30, no. 1 – P. 90-91. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782002030100009>
20. Ель Хадрі Ю., Берлінський М.А., Сліже М.О., Дерик О.В. Формування аномалій температури поверхні Мексиканської затоки під впливом урагану Саллі 11-17 вересня 2020 року // *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки.* – 2023. – Т. 28, вип. 1(42). – С. 26-38. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.1\(42\).282234](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.1(42).282234)
21. Wang Q., Li J., Jin F.F. et al. Tropical cyclones act to intensify El Niño // *Nat. Commun.* – 2019. – Vol. 10, – P. 3793. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11720-w>
22. Tran T.L., Ritchie E.A., Perkins-Kirkpatrick S.E. A 50-year tropical cyclone exposure climatology in Southeast Asia // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres.* – 2022. – Vol. 127. – e2021JD036301. <https://doi.org/10.1029/2021JD036301>
23. Francis A.S., Strahl B.R. Joint typhoon Warning center annual tropical cyclone report 2020. JTWC Tech. Rep., 2022. 146 p. <https://www.metoc.navy.mil/jtwc/products/atcr/2020atcr.pdf>
24. Tropical Cyclone Climatology. National Hurricane Center. NOAA/NCEP. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nhc.noaa.gov/climo/?text>

**Внесок авторів:** Ю. Ель Хадрі – розрахунки та їх аналіз, М. Берлінський – формулювання мети роботи та висновків, М. Сліже – аналіз попередніх досліджень, К. Головченко – підготовка малюнків.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Influence of the sea surface temperature of equatorial Pacific Ocean on the tropical cyclones activity

*Youssef El Hadri*<sup>1</sup>

PhD, Senior Lecturer of Oceanology and Marine Management Department,

<sup>1</sup> Odesa I.I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine;

*Mykola Berlinskyi*<sup>1</sup>

DSc (Geography), Professor of Oceanology and Marine Management Department;

*Mariia Slizhe*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Lecturer of Oceanology and Marine Management Department;

*Kateryna Holovchenko*<sup>1</sup>

Student of Oceanology and Marine Management Department

### ABSTRACT

**Introduction.** Today, the study of climate is one of the most important tasks of modern science. Particular attention is paid to issues of climate variability on different time scales. The El Niño – Southern Oscillation (ENSO) is the leading signal of interannual climate variability that influences the weather and climate of the globe. It has been revealed that during the onset of its different phases, weather and climate anomalies (up to extreme ones) are observed not only over the tropical zone of the Pacific Ocean, but also in extratropical latitudes, which are transmitted through teleconnections in the ocean-atmosphere system. Numerous studies have shown that ENSO modulates tropical cyclone activity in the northwest Pacific Ocean.

**The purpose of the study** is to determine the relationship between sea surface temperature (SST) changes in the equatorial Pacific Ocean and the frequency of tropical cyclones of varying intensity in the northwestern Pacific Ocean under current climatic conditions.

**Materials and methods of research.** The work uses data of the number of cases and intensity of tropical cyclones (TCs) for the period 1991-2020, and series of indices ONI and SOI. Using these data, statistics on the frequency of TCs in the study area were calculated and Pearson correlation coefficients were calculated.

**The scientific novelty** lies in obtaining quantitative characteristics of the relationship between SST and the number of TCs of varying intensity in modern climatic conditions.

**The practical significance** of the work lies in the fact that TCs are associated with the occurrence of severe weather conditions, which, when a TC reaches the densely populated coast of Southeast Asia, can pretend to be significant losses. Therefore, information that can be used in forecasting TCs and their trajectories is very high importance.

**Research results.** Analysis of the frequency of TCs of different intensity in the northwestern Pacific Ocean during the 1991-2020 showed that there was a decrease in the number of tropical depressions and typhoons. However, there has been a slight increase in the occurrence of tropical storms. The results of the analysis of the influence of SST variability in the equatorial Pacific Ocean on the frequency of TCs, showed that there is a statistically significant relationship only with the frequency of typhoons. The establishment of positive SST in the center of the equatorial Pacific Ocean, associated with the El Niño episode, is associated with an increase in typhoons in the northwestern Pacific Ocean.

**Keywords:** ocean-atmosphere interaction, tropical cyclones, El Niño, Southern Oscillation, climate variability.

### References

- Chiew, F.H.S., Piechota, T.C., Dracup, J.A., McMahon, T.A. (1998). El Nino/Southern Oscillation and Australian rainfall, streamflow and drought: Links and potential for forecasting. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 138-149. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00121-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00121-2)
- Huang, A.T., Gillett, Z.E. & Taschetto, A.S. (2024). Australian Rainfall Increases During Multi-Year La Niña. *Geophysical Research Letters*, 51(9), e2023GL106939. <https://doi.org/10.1029/2023GL106939>
- Wang Z., Chang C. & Wang B. (2007). Impacts of El Niño and La Niña on the U.S. Climate during Northern Summer. *J. Climate*, 20, 2165-2177. <https://doi.org/10.1175/JCLI4118.1>.
- Hafez, Y. (2016). Study on the Relationship between the Oceanic Nino Index and Surface Air Temperature and Precipitation Rate over the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4, 146-162. <https://doi.org/10.4236/gep.2016.45015>
- Rouault, M., Dieppois, B., Tim, N., Hünicke, B. & Zorita, E. (2024). Southern Africa Climate Over the Recent Decades: Description, Variability and Trends. In: *Sustainability of Southern African Ecosystems under Global Change (Ecological Studies, vol 248)*. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-10948-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-10948-5_6)
- Brönnimann, S. (2007). Impact of El Niño–Southern Oscillation on European climate. *Reviews of Geophysics*, 45(3), RG3003. <https://doi.org/10.1029/2006RG000199>
- Rohli, R.V., Snedden, G.A., Martin, E.R. & DeLong, K.L. (2022). Impacts of ocean-atmosphere teleconnection patterns on the south-central United States. *Front. Earth Sci.*, 10, 934654. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.934654>
- Arpe K., Bengtsson L., Golitsyn G.S., Mokhov I.I. & Semenov V.A., Sporyshev P.V. (2000). Connection between Caspian Sea level variability and ENSO. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 2693-2696. <https://doi.org/10.1029/1999GL002374>
- Shang-Ping Xie. (2024). Tropical Atlantic variability. In: *Coupled Atmosphere-Ocean Dynamics*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95490-7.00010-2>
- Ford, B.W. (2000). El Nino and La Nina effects on tropical cyclones: The mechanisms. Monterey, South Carolina : Naval postgraduate school Monterey <https://core.ac.uk/download/pdf/36701239.pdf>
- Hastenrath, S. (2015). Tropical meteorology and climate: Tropical Climates. In: *Encyclopedia of Atmospheric Sciences (Second Edition)*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00416-3>
- Jin, F.-F., Boucharel, J. & Lin, I.I. (2014). Eastern Pacific tropical cyclones intensified by El Niño delivery of sub-surface ocean heat. *Nature*, 516, 82-85. <https://doi.org/10.1038/nature13958>
- Power, S.B. & Kociuba, G. (2011). The impact of global warming on the Southern Oscillation Index. *Clim. Dyn.*, 37, 1745-1754. <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0951-7>
- Cai, W., Ng, B., Geng, T. et al. (2023). Anthropogenic impacts on twentieth-century ENSO variability changes. *Nat Rev Earth Environ*, 4, 407-418. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00427-8>
- NCEI/NOAA. (2024). Available at: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/sst> (accessed 12.03.2024)
- Ren, H.-L., Lu, B., Wan, J.H., et al. (2018). Identification Standard for ENSO Events and Its Application to Climate Monitoring and Prediction in China. *J. Meteor. Res.*, 32(6), 923-936 <https://doi.org/10.1007/s13351-018-8078-6>
- Australian government. Bureau of Meteorology. (2024). Available at: <http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml> (accessed 17.05.2024)
- Chan, J.C.L. (1985). Tropical cyclone activity in the northwest Pacific in relation to the El-Nino Southern Oscillation phenomenon. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 599-606. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1985\)113<0599:TCAITN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1985)113<0599:TCAITN>2.0.CO;2)
- Pudov, V.D. & Petrichenko, S.A. (2002). The El Niño and Tropical Cyclogenesis in the North-West Pacific. *Investig. Mar.*, 30(1), 90-91. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782002030100009>
- El Hadri, Y., Berlinskyi, M.A., Slizhe, M.O., & Deryk, O.V. (2023). Formation of surface temperature anomalies in the Gulf of Mexico under the influence of Hurricane Sally on September 11-17, 2020. *ONU Bulletin. Ser.: Geographical and geological sciences*, 28, 1(42), 26-38. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.1\(42\).282234](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.1(42).282234) [in Ukrainian]
- Wang, Q., Li, J., Jin, FF. et al. (2019). Tropical cyclones act to intensify El Niño. *Nat Commun*, 10, 3793. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11720-w>
- Tran, T.L., Ritchie, E.A., & Perkins-Kirkpatrick, S.E. (2022). A 50-year tropical cyclone exposure climatology in Southeast Asia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2021JD036301. <https://doi.org/10.1029/2021JD036301>
- Francis, A.S. & Strahl, B.R. (2022). Joint typhoon Warning center annual tropical cyclone report 2020. JTWC Tech. Rep. <https://www.metoc.navy.mil/jtwc/products/atcr/2020atcr.pdf>
- Tropical Cyclone Climatology. National Hurricane Center. NOAA/NCEP. Available at: <https://www.nhc.noaa.gov/climo/?text> (accessed 06.07.2024)

**Authors Contribution:** Y. El Hadri – calculations and their analysis,  
M. Berlinskyi – formulation of the purpose of the work and conclusions,  
M. Slizhe – analysis of previous studies, K. Holovchenko –drawings preparation  
**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 1 March 2024

Accepted 3 April 2024

## Атмосферні ріки та їх вплив на аномальні опади на заході України

**Олександр Щеглов**<sup>1</sup>

к. геогр. н., ст. наук. співробітник,

<sup>1</sup> Українській гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, Київ, Україна,  
e-mail: [shcheglov@w.uhmi.org.ua](mailto:shcheglov@w.uhmi.org.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-5702-6285>;

**Віталій Шпиг**<sup>1</sup>

к. геогр. н., зав. відділу фізики атмосфери,

e-mail: [vitol82@i.ua](mailto:vitol82@i.ua),  <https://orcid.org/0000-0003-1055-7120>;

**Тетяна Повшик**<sup>2</sup>

студентка, кафедра метеорології та кліматології,

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,  
e-mail: [tatianapovshik@gmail.com](mailto:tatianapovshik@gmail.com),  <https://orcid.org/0009-0006-3653-7469>;

**Нікіта Фомічев**<sup>2</sup>

студент, кафедра метеорології та кліматології,

e-mail: [nikitafomich2002@gmail.com](mailto:nikitafomich2002@gmail.com),  <https://orcid.org/0009-0004-2246-2326>

В роботі використано каталог атмосферних рік, ідентифікованих за методикою Д. Валісера та Б. Гуана для аналізу прояву атмосферних рік (АР) на території західної частини України. На прикладі днів з аномальними опадами (вище 95 процентилів для кожної метеостанції та кожного місяця) у Львівській та Волинській областях України показано, що в більшості випадків опади супроводжувалися явищем атмосферних рік на території України. Смуги АР при опадах найчастіше мали дугоподібну форму і простягалися з Північної Африки, через Середземне море та Туреччину до території України. Деяко рідше форма атмосферної ріки мала різко меридіональне простягання зі східної частини Середземного моря в напрямку України. Однак аналіз показав, що наявність атмосферної ріки, виділеної за методикою Д. Валісера та Б. Гуана не є виключною причиною випадіння інтенсивних опадів. Наприклад, частина аномальних опадів пов'язані з синоптичними ситуаціями (опади на холодних фронтах або фронтах оклюзії), при яких не виконуються всі умови для виділення АР як явища (розмір смуги, меридіональна складова потоку та інтенсивність потоку). У межах двох областей за період 1991-2020 рр. у більшості днів (в середньому по метеостанціям показник склав 72,36%) АР не відмічалось. При цьому опади за відсутності АР відмічалися в середньому у 32,2% днів (відносно загальної кількості днів). При наявності АР у регіоні приблизно у третині випадків опади не фіксувалися взагалі. У вибірці днів при відсутності АР та наявності АР приблизно рівна частка опадів 10-20 мм (2,73% проти 2,64%), 20-50 мм (1,37% проти 1,63%) та понад 50 мм (0,19% проти 0,16%). Навесні існує певна узгодженість із негативним добовими значенням індексу NAO саме у випадку орієнтації осі АР з південного заходу на територію України. Так, протягом 5 діб до моменту прояву АР на території України відмічаються значення індексу <-0.5, однак вони змінюються в процесі перебудови баричного поля. На основі обмеженої вибірки (94 випадки) не вдалося встановити закономірності ані стосовно залежності інтенсивності опадів від орієнтації АР, ані стосовно залежності кількості станцій з аномальними опадами від орієнтації АР. При порівнянні площі АР в межах як регіону дослідження, так і в межах території Східної та Південно-Східної Європи з кількістю опадів у західних областях України лінійної залежності не виявлено.

**Ключові слова:** атмосферна ріка, аномальні опади, перенесення вологи, циркуляція атмосфери.

**Як цитувати:** Щеглов Олександр. Атмосферні ріки та їх вплив на аномальні опади на заході України / Олександр Щеглов, Віталій Шпиг, Тетяна Повшик, Нікіта Фомічев // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 292-304. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-21>

**In cites:** Shcheglov Oлександр, Shpyg Vitalii, Povshyk Tetyana, Fomichev Nikita (2024). Influence of atmospheric rivers on extreme precipitation in western Ukraine. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 292-304. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-21> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** «Атмосферна ріка» (далі – АР), відповідно до Метеорологічного глосарію Американського метеорологічного товариства – довга і вузька смуга інтенсивного горизонтального перенесення водяної пари, що пов'язана зі струминними течіями низького рівня, що передують холодному фронту позатропічного циклону [1]. В останні роки інтерес до явища АР зростає, оскільки все більше авторів пов'язують його із екстремальними опадами [5-11]. Згідно [12] від трьох до п'яти АР присутні в кожній півкулі в будь-який момент часу, і вони зде-

більшого переважають над позатропічними акваторіями океанів. Більшість досліджень АР присвячені територіям, що безпосередньо межують з океаном, як важливим джерелом забезпечення атмосфери вологою [2-4]. Питання щодо міри впливу АР на режим опадів на територіях, що віддалені від океанічного узбережжя є менш вивченим. В даній статті ми намагаємося визначити взаємозв'язок аномальних опадів у західній частині України з АР в Східноєвропейському регіоні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Над океанічними поверхнями відбувається інте-

нсивне насичення повітря вологою, а особливості циркуляції в Північній частині Тихого океану та в Північній Атлантиці сприяють переміщенню вологих повітряних мас на континенти за рахунок західного перенесення [13]. Циклонічна активність в районі Північної Атлантики (додатна фаза NAO або ПАК – Північно-Атлантичного коливання) може супроводжуватися появою потужних АР, що передусім впливають на північну та північно-західну частину Європейського субконтиненту. За оцінками [4] близько 20-30% опадів на західному узбережжі Європи пов'язані з АР. За іншими оцінками з жовтня по квітень на заході Франції та Британії ця частка складає навіть до 40%. Особливу важливу роль АР відіграють у формуванні зимових опадів і особливо пов'язані з екстремальними випадками, наприклад, у Великобританії, на Піренейському півострові та у Норвегії. Так, в роботі [14] на основі вибірки випадків АР за 1979–2018 роки було показано, що південно-західна частина Норвегії є регіоном, де більшість екстремальних опадів (~78,5%) пов'язані з АР. Окрім Європейського континенту, АР досліджувались для низки інших регіонів планети [2, 3, 13, 15]. В роботі [22] проведено аналіз результатів двох кампаній літакового зондування і зроблено висновки щодо вкладу різних синоптичних ситуацій при наявності АР, циклонів, фронтів (або одночасно кількох або усіх перелічених об'єктів) в загальну суму опадів та їх інтенсивність в арктичній зоні. Вказується, що лише частина випадків АР пов'язана з наявністю одночасно і фронтів, і атмосферних рік (16% та 19% відповідно) [22]. Більш детально огляд праць щодо вивчення явища АР представлено в [23].

**Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми.** Визначення повторюваності АР при наявності або відсутності аномальних опадів є важливим пунктом для подальшого відбору матеріалу для детального дослідження явища та його моделювання. Для території України такі оцінки на даний момент відсутні в науковій літературі. Оцінка того, як часто АР проявляються при аномальних опадах, або наскільки часто вони відсутні в окремо взятому регіоні важливі для виявлення неоднозначностей та протиріч. Виявлені аспекти важливо врахувати, перш ніж переходити до вивчення окремих випадків (case study).

**Метою** статті є оцінка частоти прояву атмосферних рік, виділених за методикою [13] при аномальних опадах в західних областях України (Львівська та Волинська області).

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні задачі дослідження:

1. Оцінити повторюваність прояву АР на території України чи прилеглих територіях сусідніх з нею держав під час аномальних опадів у західних областях України.

2. Дослідити, чи існує зв'язок між інтенсивністю опадів на метеорологічних станціях у визначеному регіоні та просторовою орієнтацією осі АР, а також зв'язок між кількістю станцій з аномальними опадами та орієнтацією АР.

3. Отримати типові просторові конфігурації АР шляхом групування випадків за принципом геометричної подібності АР.

4. Дослідити, чи існують відмінності повторюваності прояву та просторової орієнтації атмосферних рік для різних сезонів при аномальних опадах у регіоні дослідження.

**Матеріали та методи дослідження.** В роботі використано дані Галузевого державного архіву матеріалів гідрометеорологічних спостережень Державної служби України з надзвичайних ситуацій, який входить до складу Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського, щодо добової кількості атмосферних опадів по метеорологічним станціям Волинської та Львівської областей за період 1991-2020 рр. Також залучалися дані щодо індексу циркуляції NAO з офіційного сайту National Weather Service Climate Prediction Center [16]. Проведено кореляційний аналіз місячних даних індексу NAO та місячної кількості опадів на обраних станціях. Розраховано порогові значення добової кількості опадів (95 перцентиль для кожної станції та кожного місяця) для виявлення аномальних випадків. У цій статті зроблено фокус на вибірці найбільш показових випадків аномальних опадів. До таких випадків були віднесені такі дні, в які добові суми опадів одночасно перевищували встановлені порогові значення на більш ніж 10 станціях регіону дослідження. Для зіставлення аномальних опадів у різних сезонах із епізодами АР в Східноєвропейському регіоні використано каталог випадків АР за методикою [13], який було створено на основі реаналізу ERA-Interim з електронного ресурсу [17]. Для методики ідентифікації АР [13] основою є інтегральне перенесення водяної пари (IVT). Показник IVT враховує меридіональну та зональну складову перенесення повітря та вологи [13, 18]. При цьому в каталозі [17] АР фіксуються у випадку, якщо виконуються наступні умови: 1) IVT має перевищувати значення 85-го перцентилья та не бути меншим 100 кг/м/с, 2) орієнтація потоку у зоні вказаних значень IVT має бути в межах відхилення на 45 градусів відносно напрямку на північ, 3) довжина АР має як мінімум в два рази перевищувати ширину.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Фактор ПАК відіграє важливу роль в формуванні та поширенні АР на територію Європи. Наприклад, при негативній фазі NAO, азорський антициклон послаблюється, а ісландський мінімум стає менш глибоким, як наслідок, інтенсивність західного перенесення в атмосфері над континентальною частиною Європи знижується. Натомість, траєкторії циклонів спрямовані більше на

південь Європи (Середземномор'я) [24], що забезпечує транспортування вологих повітряних мас саме в південну частину Європи. Враховуючи наявність меридіональної складової потоку при АР, такі умови є сприятливими для формування та прояву АР на території України. Розглянемо кореляційний зв'язок між опадами в регіоні дослідження та індексом NAO (табл. 1).

В табл. 1. наведені коефіцієнти кореляції з

Таблиця 1 / Table 1

Кореляція місячної кількості опадів з індексом NAO (вибірка 1991-2020 рр.),

показано лише значущі коефіцієнти /

Monthly precipitation correlation with the NAO index (1991-2020), only significant coefficients are shown

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
<b>Володимир-Волинський</b>		-0.38	-0.38			-0.40		-0.53				
<b>Ковель</b>				-0.41		-0.47		-0.49				
<b>Любешів</b>						-0.30		-0.48	-0.35			
<b>Маневичі</b>					-0.32	-0.46						
<b>Світязь</b>								-0.47		-0.34		
<b>Броди</b>			-0.40	-0.38		-0.32		-0.37				
<b>Кам'янка-Бузька</b>		-0.42	-0.43					-0.39				
<b>Мостиська</b>			-0.53		-0.31							
<b>Рава-Руська</b>			-0.36	-0.40								
<b>Луцьк</b>		-0.31						-0.40	-0.30			
<b>Турка</b>			-0.37	-0.43	-0.49							
<b>Славське</b>				-0.37	-0.53				-0.35			
<b>Стрий</b>			-0.53	-0.51	-0.45	-0.38				-0.34		
<b>Дрогобич</b>			-0.52	-0.48								
<b>Яворів</b>			-0.46	-0.42						-0.31		
<b>Львів</b>			-0.44	-0.36	-0.32							

індексом NAO та місячною кількістю атмосферних опадів на метеорологічних станціях у двох західних областях України – Волинській та Львівській за період 1991-2020 рр. Найбільше значущих коефіцієнтів кореляції Пірсона ( $r < -0.361$  або  $r > 0.361$ , за рівня значущості  $p=0.05$  [19]) відзначено у березні та квітні (10 та 9 станцій відповідно), дещо менше – у серпні (7), травні та червні (по 6). Усі значущі коефіцієнти є від'ємними і відгук аномально високої кількості опадів є саме на від'ємну фазу індексу NAO, тобто при циклонічній активності, зміщеній в район Середземного моря. Тобто циклонічна активність в Середземномор'ї та конфігурація висотної фронтальної зони у формі висотної улоговини над Західною Європою може формувати АР з Середземного моря через Анатолійський півострів, Чорне море та Україну. Сприятливим фактором формування АР в Східній та Південно-Східній Європі буде чергування зонального про-

цесу, як передумови інтенсивного перенесення повітряних мас із Атлантики, з подальшою перебудовою на меридіональний процес. Останній буде супроводжуватися формуванням висотної улоговини над Західною Європою та встановленням меридіонального перенесення у східній та південно-східній частині Європи.

Для того, щоб оцінити, наскільки часто АР проявляються на території України чи суміжній території під час аномальних опадів у західних областях України, сформовано вибірку найбільш показових випадків. Для фіксації аномальних опадів обрано невеликий регіон (дві західні області), оскільки спроба аналізувати процеси на території всієї країни призводить до певних складнощів, обумовлених віддаленістю регіонів. Наприклад, в такому випадку опади можуть фіксуватися в різні дні. Тому обрано ті випадки, для яких на понад 10-ти станціях з 16-ти одночасно спостерігалась аномальна кількість опадів (табл. 2).

Таблиця 2 / Table 2

Випадки з аномальною добовою кількістю опадів у Волинській та Львівській областях, весна /  
Cases of extreme precipitation days in the Volyn and Lviv regions, spring

Дата	Число станцій з аномальною кількістю опадів	Середня добова кількість опадів, мм	Індекс NAO за 5 дів (мін...макс)	Орієнтація AP по відношенню до території України	Дата	Число станцій з аномальною кількістю опадів	Середня добова кількість опадів, мм	Індекс NAO за 5 дів (мін...макс)	Орієнтація AP по відношенню до території України
14.03.2013	16	39.1	<b>-0.32...0.24</b>	Із південного заходу	15.03.2013	16	29.7	<b>-0.07...0.24</b>	Із півдня
18.04.1999	16	39.1	<b>-1.06...0.22</b>	Із південного заходу	06.04.2000	16	40.7	<b>-0.5...0.13</b>	Із півдня
19.04.1999	16	49.8	<b>-1.06...0.57</b>	Із південного заходу	24.05.2013	15	43.2	<b>-0.63...0.2</b>	Із півдня
05.04.2000	16	38.8	<b>-0.75...-0.06</b>	Із південного заходу	08.03.2009	14	19.6	0.53...0.85	Із півдня
23.05.2013	15	40.8	<b>-0.63...0.31</b>	Із південного заходу	30.05.2020	14	31	0.17...0.61	Із півдня
05.05.2019	15	33.6	<b>-1.73...-1.63</b>	Із південного заходу	28.03.1993	13	16.3	0.22...0.82	Із півдня
05.03.2005	14	16.8	<b>-1.26...-0.86</b>	Із південного заходу	31.05.2014	13	34	<b>-0.25...0.12</b>	Із півдня
07.03.2009	14	20.8	0.53...0.89	Із південного заходу	25.03.2001	14	25.6	<b>-0.32...0.03</b>	Із заходу
20.04.1998	15	33.6	<b>-0.58...0.42</b>	Із південного сходу	26.05.2015	15	40	0.38...0.65	Не на території України
19.04.1998	14	30.2	<b>-0.87...0.38</b>	Із південного сходу	28.04.2019	14	27.7	<b>-1.02...0.65</b>	Не на території України
12.04.1995	13	18.2	0.59...1.08	Із південного сходу	15.05.2014	14	46.9	<b>-1.25...0.02</b>	Не на території України
					10.03.2006	13	14.7	<b>-0.5...0.29</b>	Не на території України

На кожній станції для кожного місяця визначено поріг добової суми опадів вище 95 перцентилі в якості показника аномально високої кількості опадів. Опираючись на результати кореляційного аналізу (див. табл. 1), можна помітити, що у весняний період року з березня по травень фіксується найбільша кількість метеостанцій, на яких місячні кількості опадів мають обернений зв'язок із NAO. Виходячи із міркувань, наведених кількома абзацами вище, щодо процесів, що можуть супроводжуватися появою AP на території Східної Європи і стати причиною аномальних опадів, сформовано вибірку аномальних опадів на метеорологічних станціях регіону дослідження.

Для того, щоб перевірити наявність та конфігурацію AP в дні з аномальними опадами, використано каталог випадків AP на основі даних реаналізу ERA-Interim за методикою Guan та Waliser [13] з електронного ресурсу [17]. Оцінити конфігурацію AP можна за допомогою даних змінної "shape" з netCDF-файлу даного каталогу. "Shape" являє собою набір даних у вузлах регулярної сітки, в яких були виявлені AP за пороговими значеннями IVT. Характеристика положення AP відносно території України в день з аномальними опадами приведена в останній колонці таблиці 2. Для даної вибірки випадків аномальних опадів на Заході України є кілька типових конфігурацій AP і лише 4 випадки із 23 не пов'язані із AP безпосередньо над територією України. Однак при цьому AP спостерігалися південніше України.

Враховуючи оцінки [4], щодо ролі NAO у формуванні AP, проаналізовано добові значення індексу в межах 5 діб до моменту появи AP на території Східної Європи. Як можна бачити з табл. 2, є певна узгодженість із негативним значенням індексу NAO саме у випадку орієнтації осі AP з південного заходу на територію України. Так, протягом 5 діб до моменту прояву AP на території України відмічаються значення індексу  $< -0.5$ , однак вони змінюються в процесі перебування поля тиску.

З метою узагальнення отримано композитні карти форми AP у дні з аномальними опадами. Для цього дані з каталогу AP у вузлах сітки перетворено у бінарний формат за принципом: при наявності AP у вузлі сітки бінарному значенню присвоюється одиниця, при відсутності – нуль. Для кожної доби використовувалося одне поле з чотирьох доступних (00, 06, 12 або 18 UTC), що описувало максимальну площу AP за добу. Сума бінарних чисел обраховувалась окремо для 4 груп, попередньо виділених візуально за конфігурацією AP. Для більш якісної візуалізації використана кригінг-інтерполяція (рис. 1).

Найбільш повторюваний варіант конфігурації AP – з дугоподібною віссю від північних регіонів Африки (Алжир, Туніс), через Грецію та західну частину Туреччини, причорноморські регіони Румунії в напрямку до центральної та західної частини України (рис. 1а). Інша досить часта конфігурація – при якій вісь AP направлена чітко із півдня на північ зі Східного Середземномор'я, через Туреччину, Чорне море та центральну частину України (рис. 1б).

Характерною особливістю розглянутих епізодів з аномальними опадами є те, що вони не обов'язково пов'язані із від'ємною фазою NAO у добовому розрізі (див. табл. 2). Однак у більшості випадків за попередні 5 діб індекси NAO були з від'ємним знаком, що може свідчити про певну роль передісторії процесів в надходженні насичених океанічною вологою повітряних мас до Середземномор'я.

Здебільшого для інших сезонів спостерігаються ті ж самі конфігурації просторового положення AP, що і навесні. На рис. 2 наведено по два найбільш повторювані типи конфігурації AP для кожного сезону. Показовим моментом є те, що для літа другим найбільш повторюваним типом конфігурації є AP з віссю, що орієнтована зі сходу на північний захід України (32% випадків). Для літа також характерною є значна кількість епізодів аномальних опадів, при яких AP взагалі не проявлялася на території України чи навіть Східної Європи (близько 27%).

Ще більша кількість аномальних опадів, що не пов'язані з AP – восени (близько 32%), тоді як навесні таких випадків менше (близько 17%), а найменше – взимку (близько 8%). Такі випадки можуть бути пов'язані із випаданням опадів на активізованих холодних фронтах або фронтах оклюзії, які переміщуються із заходу та північного заходу [21]. Можна допустити, враховуючи умову, що для виділення AP, орієнтація потоку у зоні відповідних значень IVT має бути в межах відхилення на 45 градусів стосовно напрямку на північ, не є дивним відсутність AP при таких випадках, особливо при західній траєкторії переміщення фронту. При цьому найбільш типова конфігурація для усіх сезонів, а саме – орієнтація осі AP з південного заходу на північний схід по сезонам охоплює: навесні – 35%, влітку – близько 40%, восени – 64%, взимку – близько 58%.

З метою виявлення спільних рис, характерних для синоптичної ситуації на середньому рівні тропосфери (500 гПа), побудовано осереднені, або так звані «композитні» карти просторового розподілу геопотенціалу з використанням ресурсу [20] (рис. 3). При цьому, не зважаючи на відмінності у розмірах та траєкторіях баричних утворень (біля землі), випадки першої групи (див.



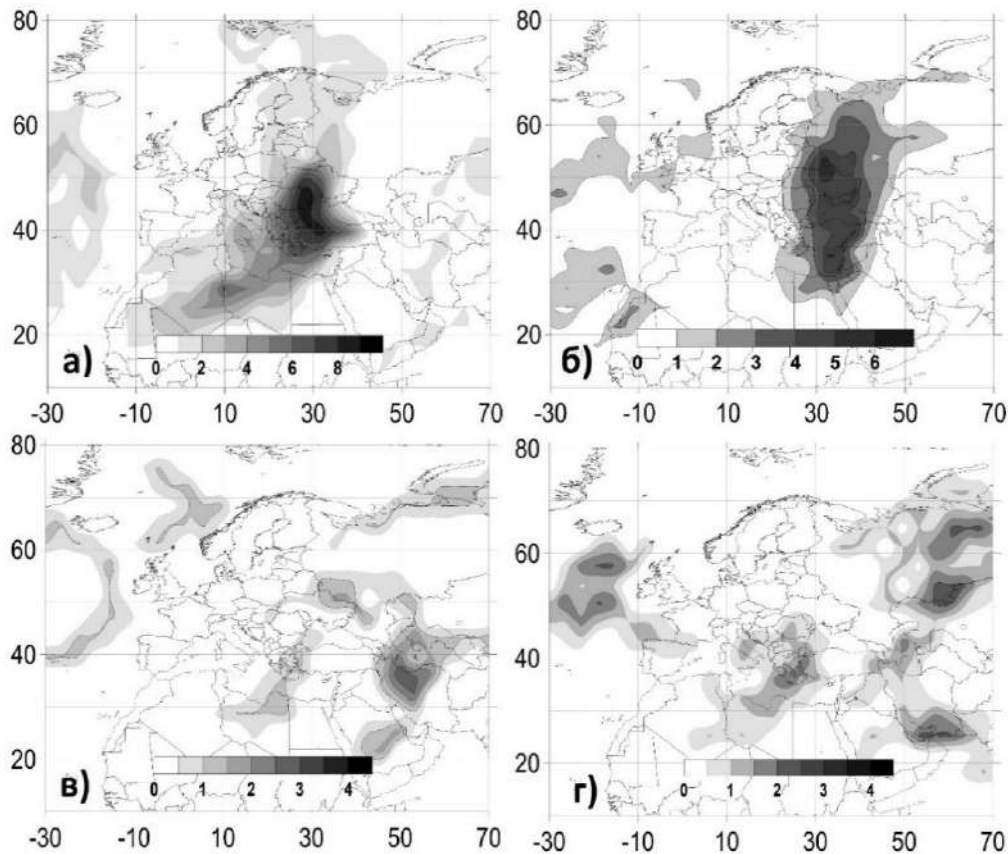


Рис. 1. Кількість випадків АР при аномальних опадах у Волинській та Львівській областях (див. табл. 2) при різній орієнтації осі АР: а) з південного заходу, б) з півдня, в) з південного сходу, г) поза територією України /

Fig. 1. The number of AR cases during extreme precipitation in the Volyn and Lviv regions (see Table 2) with different orientations of the AR axis: a) from the southwest, b) from the south, c) from the southeast, d) outside the territory of Ukraine

рис. 1а) загалом узгоджуються між собою в контексті положення та форми висотної фронтальної зони (далі – ВФЗ). ВФЗ формує висотну улоговину над Західною Європою, тоді як АР оконтурює її південну та південно-східну периферію (рис. 3а,б).

Дні із різко меридіональним орієнтуванням АР (див. рис. 1б) не обов'язково супроводжується синоптичними ситуаціями, відмінними від згаданої найбільш повторюваної групи. Навпаки, ці дні в хронологічному відношенні є продовженням тих процесів, наприклад, коли висотна улоговина зміщується із Західної Європи далі на схід та видовжується у південному напрямку, формуючи більш виражений меридіональний потік повітря (рис. 3а,б).

Виявлено всього 3 випадки навесні, що пов'язані із АР, орієнтованою із південного сходу на північний захід вздовж території України (рис. 1в). Ці випадки пов'язані із циклонічною діяльністю над Чорним морем при розвитку висотної улоговини або висотного циклону над південно-східною частиною Європи. Синоптична ситуація при цьому сприяє перенесенню во-

логи, в тому числі з Середземного або Червоного моря. Деяка частина випадків з аномальними опадами взагалі не пов'язана з наявністю АР в межах України (рис. 1г).

На рис. 4 графічно зображено всі випадки з аномальними опадами з вибірки в залежності від просторової орієнтації АР у вигляді діаграми розсіювання. Всього вибірка включає в себе 94 випадки із зафіксованою сумою опадів вище 95-го перцентилля на 11 станціях і більше.

Випадки було розділено за наявністю, положенням та формою АР в межах Атлантико-Європейського сектора та Східної Європи зокрема. Перша категорія випадків включає в себе дні, коли АР або відсутні, або знаходились далеко поза межами території України (21,3%). Випадки з південного заходу, при яких АР бере початок в районі північно-західної частини Африканського континенту або навіть північно-західного узбережжя склали 22,3% вибірки. Найбільш повторюваний варіант орієнтації АР (27,7%) – коли вона бере початок з центральної частини Середземного моря і через Балкани поширюється в напрямку України. Орієнтація АР з

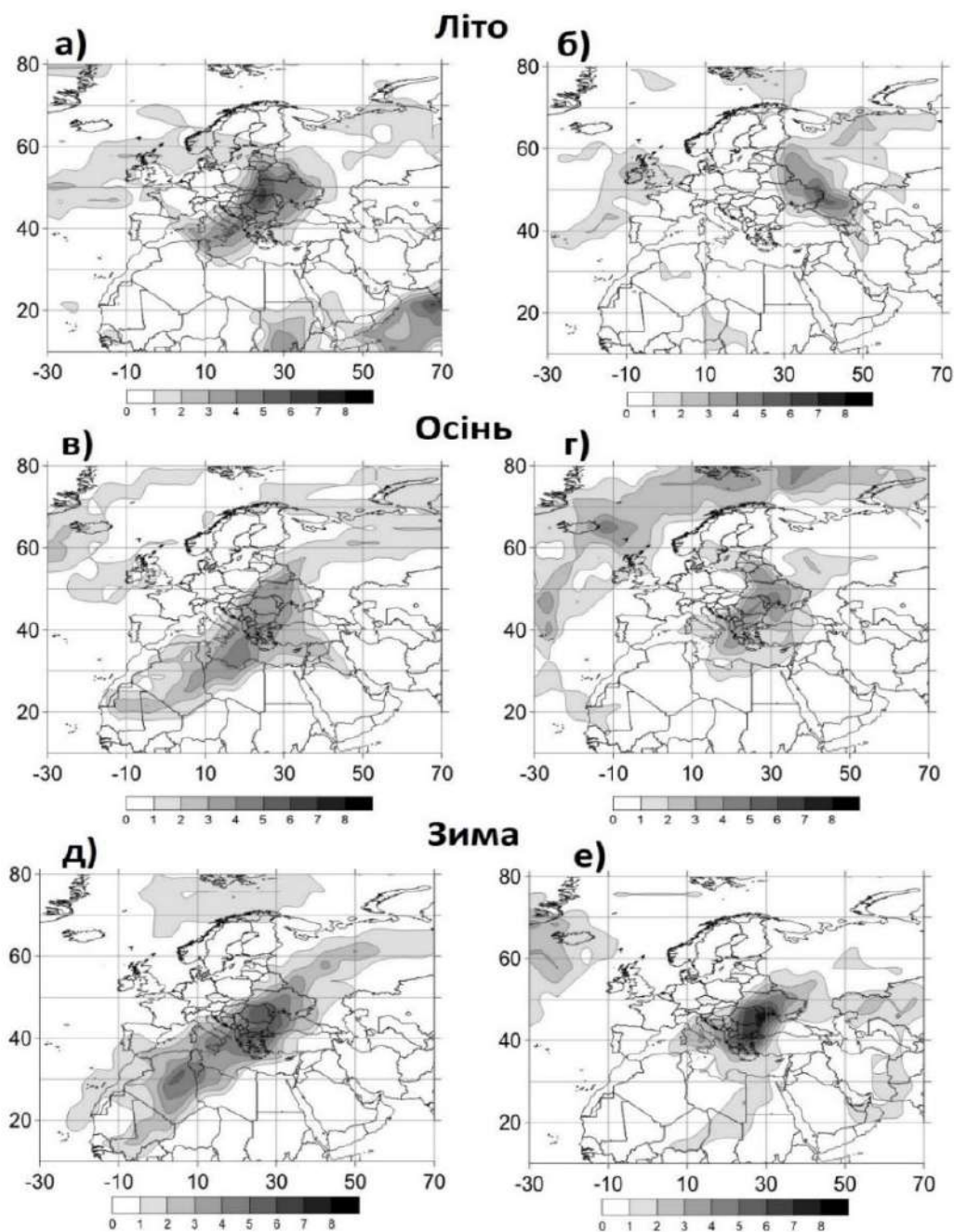


Рис. 2. Найбільш типові конфігурації просторового поширення АР при аномальних опадах у Волинській та Львівській областях при різній орієнтації осі АР (на шкалі – кількість випадків) / Fig. 3. The most typical configurations of the spatial distribution of AR during extreme precipitation in the Volyn and Lviv regions with different orientation of the AR axis (number of cases is on the scale)

півдня (початок зони – в районі східної частини Середземного моря) спостерігалась в 10,6% випадків. Аналогічна частка випадків припадає на АР з південного сходу. Найбільш рідкісна ситуація (7,4%) для даної вибірки випадків – коли зона АР починалась в межах континентальної частини Європи та перетинала західну частину України, поширюючись далі у північно-східному напрямку.

Оскільки вибірка випадків днів з аномальними опадами, для яких ми встановили форму та орієнтацію АР є досить обмеженою, додатково

порівнювались ряди даних опадів та було розраховано кількість точок, класифікованих як АР в межах сектору, який охоплює регіон дослідження: 22,5-27,0 град. сх. д.; 48,0-52,0 град. пн. ш. На рис. 5 наведено статистику щодо кількості днів з опадами або їх відсутності, що отримана шляхом осереднення по 16 метеорологічним станціям.

У межах сектору за період 1991-2020 рр. у більшості днів (72,36%) АР не відмічалось. При цьому опади за відсутності АР в межах сектору відмічалися в середньому у 32,2% днів (відносно

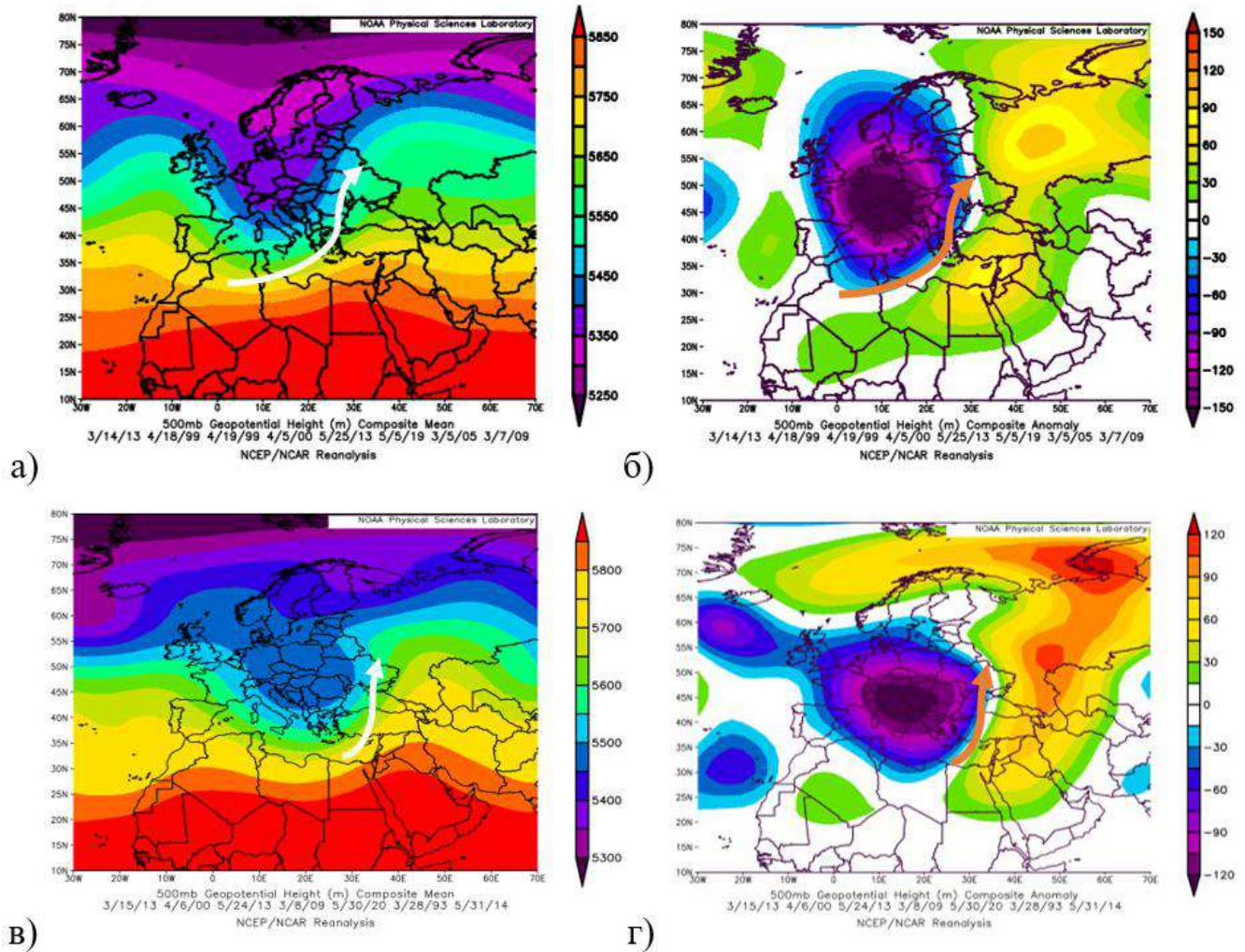


Рис. 3. «Композитні карти» та карти аномалій відносно 1991-2020 рр. на рівні 500 гПа для днів з аномальними опадами навесні при різних орієнтаціях АР (на рисунку відображені кривими): з південного-заходу на північний схід (а – композитна, б – аномалія) та з півдня на північ (в – композитна, г – аномалія) /

Fig. 2. Composite maps anomalies maps (relative to 1991-2020) at the 500 hPa level for days with extreme precipitation in spring at different orientations of AR (shown by curves in the figure): southwest to northeast (a – composite, b – anomaly) and south to north (c – composite, d – anomaly)

загальної кількості днів). Наявність АР в секторі зафіксована у 27,64% днів. При наявності АР у регіоні приблизно у третині випадків опади не фіксувалися взагалі. Також варто відзначити, що інтенсивні опади зафіксовано як при наявності, так і при відсутності АР у межах зазначеного регіону. Таким чином, виходячи із рис. 5, гіпотезу щодо обов'язкової наявності АР в межах регіону, де випадають аномальні опади варто відкинути. Так, у вибірці днів при відсутності АР та наявності АР приблизно рівна частка опадів 10-20 мм (2,73% проти 2,64%), 20-50 мм (1,37% проти 1,63%) та понад 50 мм (0,19% проти 0,16%). Оскільки каталог АР [44] не містить поля з розрахованою характеристикою IVT, в межах даної статті не можемо відповісти на питання стосовно залежності інтенсивності опадів від IVT. Порівняння ж площі АР в межах регіону з

інтенсивністю опадів на метеорологічних станціях показує суттєвий розкид значень відносно лінії розсіювання, а отже, й відсутність лінійної залежності.

Очевидним висновком із рис. 5 також є те, що наявність АР над територією регіону дослідження не є причиною випадіння інтенсивних опадів. В той самий час відсутність АР не означає неможливість випадання аномальних опадів. Дві останні тези мають місце у випадку виділення АР за методикою [13]. В цілому результат не суперечить висновкам, зробленим в роботі [22]. Таким чином, можна казати про ймовірність впливу АР на окремо взяті випадки з аномальними опадами, однак це потребує детального аналізу синоптичної ситуації.

**Висновки.** Таким чином, в статті вперше для низки північно-західних областей України

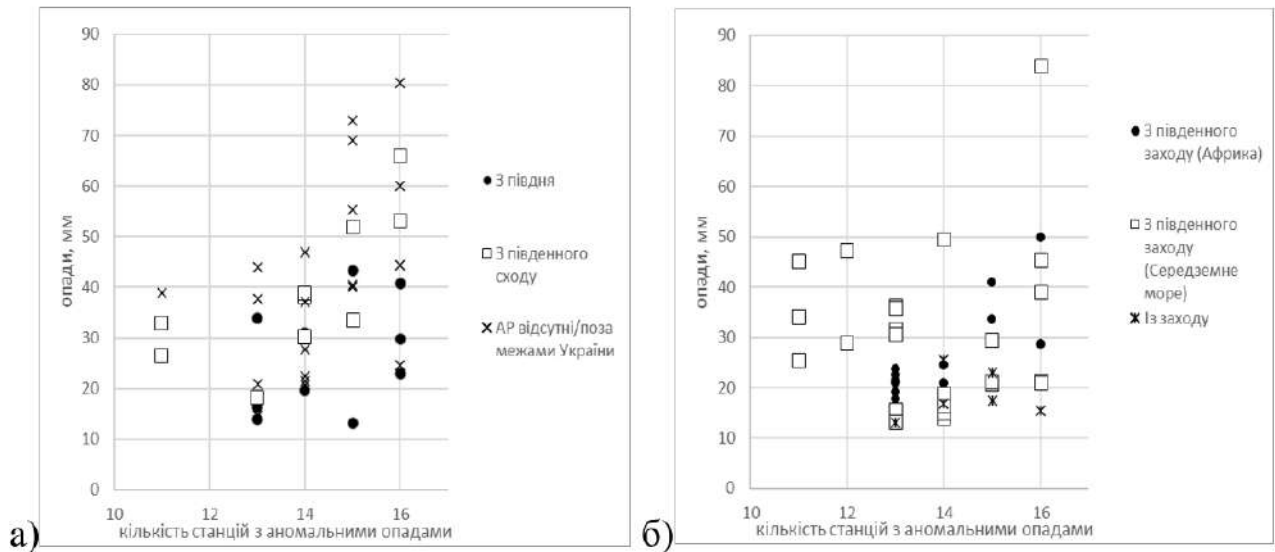


Рис. 4. Число станцій з опадами вище порогу аномальних опадів та середня добова кількість опадів на цих станціях в залежності від орієнтації АР: а) з півдня, з південного сходу та за відсутності АР; б) з південного заходу (початок АР в районі північної частини Африки), з південного заходу (початок АР в районі східної частини Середземного моря) та із заходу /  
 Fig. 4. The number of stations with extreme precipitation and the average daily precipitation at these stations depending on the orientation of AR: a) from the south, from the southeast and in the absence of AR; b) from the southwest (the beginning of the AR is the northern part of Africa), from the southwest (the beginning of the AR is the eastern part of the Mediterranean Sea) and from the west

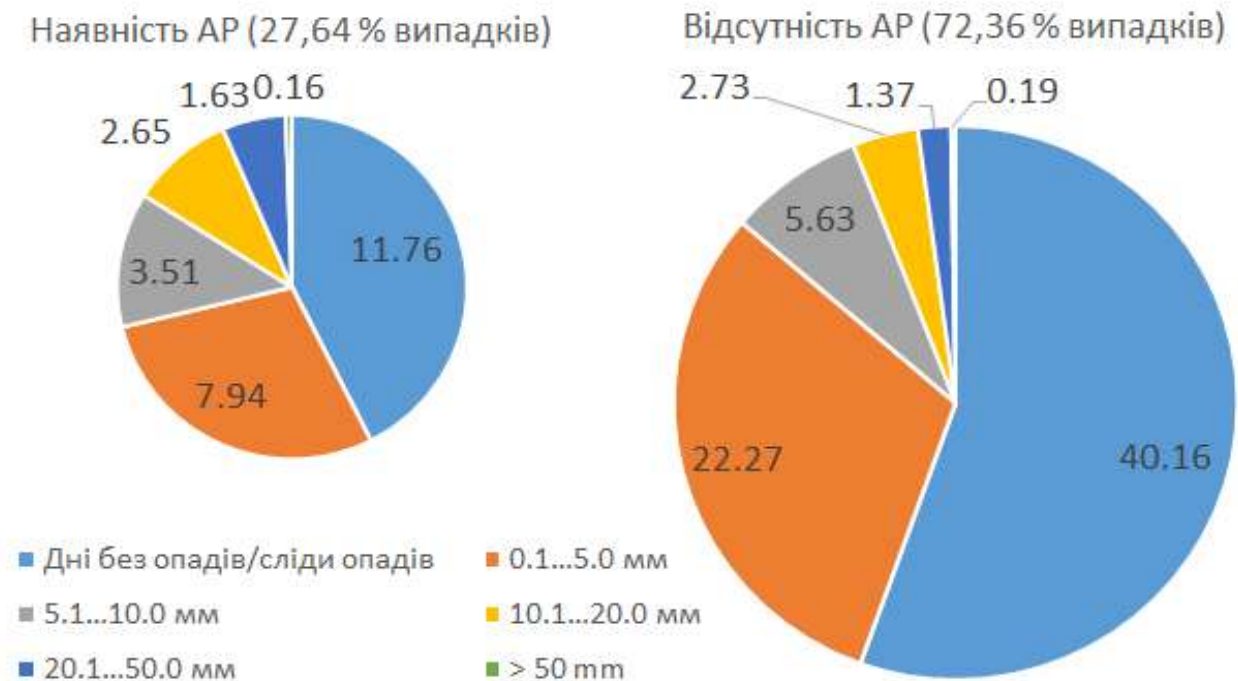


Рис. 5. Частка днів без опадів та днів з опадами різної градації, % від загальної кількості днів за період 1991-2020 рр. /  
 Fig. 5. Share of days without precipitation and days with different precipitation rate, % of the total number of days for the period 1991-2020

здійснено оцінку взаємопов'язаності явища АР з аномальними атмосферними опадами. Відповідно до поставлених задач отримано наступні висновки:

1. Дні з аномальними опадами у Львівській та Волинській областях України в більшості випадків супроводжувалися епізодами АР на території України. При цьому опади, які не відно-

сяться до аномальних, за відсутності АР в межах регіону відмічалися на станціях в середньому частіше (32,2% днів відносно загальної кількості днів), ніж за наявності АР (27,64% днів).

2. Виділено три типові просторові конфігурації АР під час аномальних опадів у західних областях України: 1) вісь із південного заходу: з північних регіонів Африки або Середземного моря через Балкани та територію України; 2) із півдня, меридіонально-орієнтована АР: зі східної частини Середземного моря через Туреччину, Чорне море на територію України; 3) із південного сходу: через Каспійське море та Кубань на територію України. Лише в кількох випадках при аномальних опадах орієнтування АР було із заходу. Найчастіше зона прояву АР має дугоподібну форму і простягається з Північної Африки, через Середземне море та Туреччину до території України.

3. На основі вибірки, яка використовувалася у даному дослідженні (94 випадки), не вдалося

встановити закономірності ані стосовно залежності інтенсивності опадів від орієнтації АР, ані стосовно залежності кількості станцій з аномальними опадами від орієнтації АР. Також аналіз показав, що наявність АР, виділеної за методикою Д. Валісера та Б. Гуана, не є виключною причиною випадіння інтенсивних опадів. Наприклад, частина аномальних опадів пов'язані з синоптичними ситуаціями (опаді на холодних фронтах або фронтах оклюзії), при яких не виконуються всі умови для виділення АР як явища (розмір смуги, меридіональна складова потоку та інтенсивність потоку).

4. Сезонні відмінності щодо типової конфігурації атмосферних рік при аномальних опадах не є вираженими. Загалом такі випадки визначаються станом великомасштабних процесів в Атлантико-Європейському секторі, і найчастіше узгоджуються із від'ємною фазою Північно-Атлантичного коливання за декілька днів до появи АР та аномальних опадів у регіоні.

#### Список використаної літератури

1. *Atmospheric River. Glossary of Meteorology. American Meteorological Society. 2020. URL: [https://glossary.ametsoc.org/wiki/Atmospheric\\_river](https://glossary.ametsoc.org/wiki/Atmospheric_river) (дата звернення: 28.10.2023)*
2. *Mundhenk B.D., Barnes E.A., Maloney E.D. All-season climatology and variability of atmospheric river frequencies over the North Pacific. Journal of Climate. Vol. 29 (13). 2016. pp. 4885–4903. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0655.1>*
3. *Guan B., Molotch N.P., Waliser D.E. et al. The 2010/2011 snow season in California's Sierra Nevada: role of atmospheric rivers and modes of large-scale variability. Water Resources Research. Vol. 49 (10). 2013. pp. 6731–6743. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20537>*
4. *Lavers D.A., Villarini G. The contribution of atmospheric rivers to precipitation in Europe and the United States. Journal of Hydrology. Vol. 522. 2015. pp. 382–390. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.12.010>*
5. *Ralph F. M., Neiman P. J., Wick G. A. and Coauthors. Dropsonde observations of total water vapor transport within North Pacific atmospheric rivers. Journal of Hydrometeorology. Vol. 18(9). 2017. pp. 2577–2596. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-17-0036.1>*
6. *Benedict I., Ødemark K., Npien T., Moore R. Large-scale flow patterns associated with extreme precipitation and atmospheric rivers over Norway. Mon. Weather Rev. Vol. 147(4). 2019. pp. 1415–1428. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-18-0362.1>*
7. *Liberato M.L.R., Ramos A.M., Trigo R.M., Trigo I.F., Dur'an-Quesada A.M., Nieto R., Gimeno L. Moisture Sources and Large-Scale Dynamics Associated with a Flash Flood Event. American Geophysical Union (AGU): Chapter 11. 2012. pp. 111–126. <https://doi.org/10.1029/2012GM001244>*
8. *Ralph F.M., Rutz J.J., Cordeira J.M., Dettinger M.D., Anderson M., Reynolds D., Schick L.J., Smallcomb C. A scale to characterize the strength and impacts of atmospheric rivers. Bull. Am. Meteorol. Soc. Vol. 100(2). 2019. pp. 269–289. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0023.1>*
9. *Waliser D., Guan B. Extreme winds and precipitation during landfall of atmospheric rivers. Nat. Geosci. Vol. 10. 2017. pp. 179–184. <https://doi.org/10.1038/NGEO2894>*
10. *Ralph F.M., Neiman P.J., Wick G.A., Gutman S.I., Dettinger M.D., Cayan D.R., White A.B. Flooding on California's Russian River: role of atmospheric rivers. Geophysical Research Letters. Vol. 33(13). 2006. L13801. <https://doi.org/10.1029/2006GL026689>*
11. *Lavers D.A., Villarini G. The nexus between atmospheric rivers and extreme precipitation across Europe. Geophysical Research Letters. Vol. 40(12). 2013. pp. 3259–3264. <https://doi.org/10.1002/grl.50636>*
12. *Zhu Y., Newell R. E. A proposed algorithm for moisture fluxes from atmospheric rivers. Monthly Weather Review. Vol. 126(3). 1998. pp. 725–735. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1998\)126<0725:APAFMF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1998)126<0725:APAFMF>2.0.CO;2)*
13. *Guan B., Waliser D. E. Detection of atmospheric rivers: Evaluation and application of an algorithm for global studies. J. Geophys. Res.-Atmos. Vol. 120(24). 2015. pp. 12514–12535. <https://doi.org/10.1002/2015JD024257>*
14. *Michel C., Sorteberg A., Eckhardt S., Weijenborg C., Stohl A., Cassiani M. Characterization of the atmospheric environment during extreme precipitation events associated with atmospheric rivers in Norway - Seasonal and regional aspects. Weather and Climate Extremes. Vol. 34. 2021. 100370. ISSN 2212-0947. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100370>*

15. Gorodetskaya I., Rowe P., Zou X., Chyhareva A., Krakovska S., Cordero R. Antarctic Peninsula warming and precipitation phase transition during atmospheric river events. DACH2022 Leipzig, Deutschland, 21–25 Mar 2022, DACH2022-309. <https://doi.org/10.5194/dach2022-309>
16. National Weather Service Climate Prediction Center. URL: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov> (дата звернення: 28.11.2022).
17. Guan B. AR Reanalysis Database. URL: <https://ucla.box.com/ARcatalog> (дата звернення: 28.10.2023).
18. Ionita M., Viorica N., Guan B. Rivers in the sky, flooding on the ground: The role of atmospheric rivers in inland flooding in central Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*. Vol. 24(11). 2020. pp. 5125–514. <https://doi.org/10.5194/hess-24-5125-2020>
19. Aspelmeier, J. (2005). Table of critical values for Pearson's r. Retrieved from: <https://pdf4pro.com/amp/view/table-of-critical-values-for-pearson-s-r-59198f.html> (Дата звернення: 01.12.2023)
20. Kalnay et al. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-470. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
21. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.). За редакцією В.М. Лінінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. – Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Державна гідрометеорологічна служба. – К.: Ніка-Центр, 2006. – 312 с.
22. Lauer, M. and Rinke, A. and Gorodetskaya, I. and Sprenger, M. and Mech, M. and Crewell, S. Influence of atmospheric rivers and associated weather systems on precipitation in the Arctic. *Atmos. Chem. Phys.*, 23, 8705–8726, 2023 <https://doi.org/10.5194/acp-23-8705-2023>
23. Щеглов О.А., Шниг В.М., Фомічев Н.Р. Атмосферні ріки: потенційний вплив на атмосферні процеси та метеорологічні явища на території України. *Метеорологія, гідрологія, моніторинг довкілля*. 2022. №2. С. 4-10.
24. Семенова І.Г., Нажмудінова О.М. Регіональна синоптика: підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2019. 212 с.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

## Influence of atmospheric rivers on extreme precipitation in western Ukraine

*Oleksandr Shchekhlov*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Senior Research,

<sup>1</sup> Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine;

*Vitalii Shpyg*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Head of Department of Atmospheric Physics;

*Tetyana Povshyk*<sup>2</sup>

Student, Department of Meteorology and Climatology,

<sup>2</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine;

*Nikita Fomichev*<sup>2</sup>

Student, Department of Meteorology and Climatology

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** In recent years, interest in the atmospheric river (AR) phenomenon is growing, as more and more researchers associate it with extreme precipitation. Relatively few works are devoted to the assessment of the influence of atmospheric rivers on precipitation in Eastern Europe.

**The purpose of the article** is to assess the occurrence of atmospheric river events during extreme precipitation in the western regions of Ukraine (Lviv and Volyn regions) and to analyze the geographical features of the spatial distribution of atmospheric river bends during extreme precipitation.

**Methods.** We used the catalog of atmospheric rivers identified according to the methodology of D. Walliser and B. Guan to analyze the occurrence of atmospheric river events on the territory of the western part of Ukraine. Also, we used the sample of days with extreme precipitation (greater than 95<sup>th</sup> percentile for each meteorological station and each month) in the Lviv and Volyn oblasts of Ukraine to match it with AR episodes. It is shown that in most cases extreme precipitation events were accompanied by the atmospheric river phenomenon detected on the territory of Ukraine or the bordering territories.

**Results.** The typical shape of atmospheric river bends during extreme precipitation most often is arc-shaped while the typical spatial coverage stretched from North Africa through the Mediterranean Sea and Turkey to the territory of Ukraine. Less often, the form of detected AR area had the form of a meridional bend extending from the eastern part of the Mediterranean Sea towards Ukraine. However, the analysis showed that the presence of atmospheric river phenomenon is not the exceptional reason for extreme precipitation. Part of the extreme precipitation events is associated with specific synoptic situations (precipitation caused by cold fronts or occluded fronts) whereas conditions for atmospheric

river detection are not fulfilled (bend size, meridional flow component, flow intensity). Atmospheric river episodes were not observed at most of the days of general sample (on average 72.36%) within the study area based on the period of 1991–2020. At the same time, precipitation events in the absence of AR were recorded on average in 32.2% of days (relative to the total number of days). In the presence of AR, precipitation was not recorded in about a third of cases. In the sample of days in the absence of AR and in the presence of AR, the proportion of precipitation of different gradations is as follows: for 10–20 mm is 2.73% and 2.64% respectively; for 20–50 mm is 1.37% and 1.63%; more than 50 mm is 0.19% against 0.16%. In the spring, there is a certain consistency with the negative daily value of the NAO index and the AR axis orientation from the southwest to the territory of Ukraine. Thus, within 5 days before the localization of AR on the territory of Ukraine, values of the NAO index  $<-0.5$  are noted, but the index changes in the process of the pressure field change. Based on a limited sample of extreme precipitation (94 cases), we assessed the correspondence of the precipitation rate to the area of atmospheric rivers and their features of the spatial orientation. ARs extending from the southwest (north of Africa) and the south (western part of the Mediterranean Sea) are characterized by the greatest recurrence. No regularities were found either concerning the dependence of the precipitation rate on the orientation of the AR, or concerning the dependence of the number of stations with extreme precipitation on the orientation of the AR. No linear dependence was found for the area of atmospheric rivers within both the study region and the territory of Eastern and Southeastern Europe with daily precipitation in the western regions of Ukraine.

**Keywords:** atmospheric river, extreme precipitation, moisture transfer, atmospheric circulation.

### References

1. Atmospheric River (2020). Glossary of Meteorology. American Meteorological Society. Retrieved from: [https://glossary.ametsoc.org/wiki/Atmospheric\\_river](https://glossary.ametsoc.org/wiki/Atmospheric_river)
2. Mundhenk, B. D., Barnes, E. A., & Maloney, E. D. (2016). All-Season Climatology and Variability of Atmospheric River Frequencies over the North Pacific. *Journal of Climate*, 29(13), 4885–4903. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0655.1>
3. Guan, B., N. P. Molotch, D. E. Waliser, E. J. Fetzer, and P. J. Neiman (2013), The 2010/2011 snow season in California's Sierra Nevada: Role of atmospheric rivers and modes of large-scale variability, *Water Resour. Res.*, 49, 6731–6743, <https://doi.org/10.1002/wrcr.20537>
4. Lavers, D.A., Villarini, G. (2015). The contribution of atmospheric rivers to precipitation in Europe and the United States. *Journal of Hydrology*. Vol. 522. pp. 382–390. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.12.010>
5. Ralph, F. M., Iacobellis, S. F., Neiman, P. J., Cordeira, J. M., Spackman, J. R., Waliser, D. E., Wick, G. A., White, A. B., & Fairall, C. (2017). Dropsonde Observations of Total Integrated Water Vapor Transport within North Pacific Atmospheric Rivers. *Journal of Hydrometeorology*, 18(9), 2577–2596. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-17-0036.1>
6. Benedict, I., Ødemark, K., Nipen, T., & Moore, R. (2019). Large-Scale Flow Patterns Associated with Extreme Precipitation and Atmospheric Rivers over Norway. *Monthly Weather Review*, 147(4), 1415–1428. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-18-0362.1>
7. Liberato, M.L.R., Ramos, A.M., Trigo, R.M., Trigo, I.F., Durán-Quesada, A.M., Nieto, R. and Gimeno, L. (2012). Moisture Sources and Large-Scale Dynamics Associated With a Flash Flood Event. In *Lagrangian Modeling of the Atmosphere* (eds J. Lin, D. Brunner, C. Gerbig, A. Stohl, A. Luhar and P. Webley). <https://doi.org/10.1029/2012GM001244>
8. Ralph, F. M., Rutz, J. J., Cordeira, J. M., Dettinger, M., Anderson, M., Reynolds, D., Schick, L. J., & Smallcomb, C. (2019). A Scale to Characterize the Strength and Impacts of Atmospheric Rivers. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(2), 269–289. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0023.1>
9. Waliser, D., Guan, B. (2017). Extreme winds and precipitation during landfall of atmospheric rivers. *Nat. Geosci.* 10. 179–184. <https://doi.org/10.1038/NGEO2894>
10. Ralph F.M., Neiman P.J., Wick G.A., Gutman S.I., Dettinger M.D., Cayan D.R., White A.B. (2006). Flooding on California's Russian River: role of atmospheric rivers. *Geophysical Research Letters*.33(13), L13801. <https://doi.org/10.1029/2006GL026689>
11. Lavers, D.A., Villarini, G. (2013). The nexus between atmospheric rivers and extreme precipitation across Europe. *Geophysical Research Letters*, 40(12), 3259–3264. <https://doi.org/10.1002/grl.50636>
12. Zhu, Y., Newell, R. E. (1998). A proposed algorithm for moisture fluxes from atmospheric rivers. *Monthly Weather Review*. 126(3). 725–735. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1998\)126<0725:APAFMF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1998)126<0725:APAFMF>2.0.CO;2)
13. Guan, B., Waliser, D. E. (2015). Detection of atmospheric rivers: Evaluation and application of an algorithm for global studies. *J. Geophys. Res.-Atmos*, 120(24), 12514–12535. <https://doi.org/10.1002/2015JD024257>
14. Michel, C., Sorteberg, A., Eckhardt, S., Weijenborg, C., Stohl, A., Cassiani, M. (2021). Characterization of the atmospheric environment during extreme precipitation events associated with atmospheric rivers in Norway - Seasonal and regional aspects. *Weather and Climate Extremes*, 34, 100370. ISSN 2212-0947. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100370>
15. Gorodetskaya, I., Rowe, P., Zou, X., Chykhareva, A., Krakovska, S., Cordero, R. (2022). Antarctic Peninsula warming and precipitation phase transition during atmospheric river events. *DACH2022 Leipzig, Deutschland, 21–25 Mar 2022, DACH2022-309*. <https://doi.org/10.5194/dach2022-309>
16. National Weather Service Climate Prediction Center. Retrieved from: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov>
17. Guan, B. (2021). AR Reanalysis Database. Retrieved from: <https://ucla.box.com/ARcatalog>.

18. Ionita, M., Viorica, N., Guan, B. (2020). Rivers in the sky, flooding on the ground: The role of atmospheric rivers in inland flooding in central Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(11), 5125–514. <https://doi.org/10.5194/hess-24-5125-2020>
19. Aspelmeier, J. (2005). Table of critical values for Pearson's *r*. Retrieved from: <https://pdf4pro.com/amp/view/table-of-critical-values-for-pearson-s-r-59198f.html> (Дата звернення: 01.12.2023)
20. Kalnay et al. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-470. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
21. Lipinsky, V.M., Osadchiy, V.I., Babichenko, V.M. (Eds.) (2006). *Hazardous meteorological phenomena on the territory of Ukraine during the last twenty years (1986-2005)*. Ukrainian Research Hydrometeorological Institute. State hydrometeorological service. Kyiv, Nika-Center. [in Ukrainian]
22. Lauer, M. and Rinke, A. and Gorodetskaya, I. and Sprenger, M. and Mech, M. and Crewell, S. (2023). Influence of atmospheric rivers and associated weather systems on precipitation in the Arctic. *Atmos. Chem. Phys.*, 23, 8705–8726, <https://doi.org/10.5194/acp-23-8705-2023>
23. Shcheglov, O.A., Shpyg, V.M., Fomichev, N.R. (2022). Atmospheric rivers: potential impact on atmospheric processes and meteorological phenomena on the territory of Ukraine. *Meteorology, hydrology, environmental monitoring*, 2, 4-10. [in Ukrainian]
24. Semenova I.G., Nazhmudinova O.M. (2019). *Regional synoptics: textbook*. Odesa State Environmental University. Odesa. [in Ukrainian]

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 28 December 2023

Accepted 2 February 2024



# ЕКОЛОГІЯ

<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-22>

UDC 911.375.53

Received 24 December 2023

Accepted 3 May 2024

## Preparation of future development scenarios of urban landscapes in accordance with natural and socio-economic conditions (on the example of the cities of the Kura-Araz lowland)

*Shahnaz Amanova*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Leading Researcher, Department of Sustainable Farming and Plant Diversification,

<sup>1</sup> Research Institute of Crop Husbandry, Baku, Azerbaijan,

e-mail: [shahnaz.amanova@gmail.com](mailto:shahnaz.amanova@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0001-7962-7073>;

*Afag Hajiyeva*<sup>2</sup>

PhD (Geography), Associate Professor,

<sup>2</sup> Azerbaijan State University of Economics, Baku, Azerbaijan,

e-mail: [afaq.adiu@mail.ru](mailto:afaq.adiu@mail.ru),  <https://orcid.org/0000-0002-9813-7835>;

*Firuz Jafarova*<sup>2</sup>

PhD (Geography),

e-mail: [jafarova\\_firuz@mail.ru](mailto:jafarova_firuz@mail.ru),  <https://orcid.org/0000-0003-1342-1843>

### ABSTRACT

**Problems Statement and Purpose.** More than 50% of the world's population lives in cities. In Azerbaijan, 53% of the population lives in cities. For this reason, almost all global problems originate from urban landscapes. Therefore, it is very important to study the development of cities and prepare the future scenario. Our goal is to study the cities located in the Kura-Araz plain, determine their annual growth rate and forecast future development trends.

**Data and Methods.** In the article, the development of 17 cities located in the Kur-Araz plain in the central part of Azerbaijan during the historical period and its future forecast were analyzed. Modern methods were especially preferred during the research. Satellite images of cities were processed and the results were analyzed. Satellite images from 1975 and 2023 were used and deciphered in determining the boundaries of cities and studying their dynamics. The dynamics of changes in the areas of the cities were studied by determining the boundaries of the cities, and the dynamics of population growth was studied and analyzed. Statistical analyzes were used in the study of the population.

**Results and Discussion.** The cities of Kura-Araz lowland cover 25% of the cities of the republic. These rivers are the main source of the formation of cities. However, as these coastal cities grew, the ecological problems of the Kura and Araz rivers increased and the water level decreased. Cities have grown in all directions and are still growing. For the first time in Azerbaijan, urban landscapes were studied based on GIS technologies and Remote Sensing methods. For the first time, the factors of natural conditions, the absolute height, inclination and exposure of the terrain were analyzed based on GIS technologies, and it was determined that 2/3 of the research area is located below sea level, and 1/3 is located in areas up to a maximum of 200 m absolute height. The inclination of the area continues up to a maximum of 5°. Cities have been classified in different directions.

**Conclusion.** For the first time, issues of territorial management of urban landscapes were conducted and mapped on the basis of GIS technologies. At this time, it was determined that cities have grown more than 2 times during 1975-2023. However, this increase cannot be compared with the dynamics of population growth. Because during these years, the population growth has varied between 10-30%. Urban landscapes have grown mainly in riverside areas, along transport routes.

**Keywords:** *urban landscape, urban development, GIS, Kura-Araz plain, urban development scenarios, ArcGIS.*

**In cites:** Amanova Shahnaz, Hajiyeva Afag, Jafarova Firuz (2024). Preparation of future development scenarios of urban landscapes in accordance with natural and socio-economic conditions (on the example of the cities of the Kura-Araz lowland). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 305-322. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-22>

**Introduction. Preliminary Studies.** Urban landscape refers to an outdoor environment that is dominated by and influenced by urban features. This includes both natural and man-made elements found in an urban area such as parks, roadways, buildings and other elements that are present in a town or city. An urban landscape is made up of a variety of different elements and it is constantly changing to accommodate the needs of the community [11].

Urban landscapes can take on many different forms. Some urban landscapes may include high rise buildings and modern architecture, while others may focus on parks and green spaces. Other urban landscapes may include monuments and historic architecture, etc [12].

The urban landscape is dynamic and constantly changing. In a modern large city, it is influenced by the following factors [13]:

- Increased population density. Cities are being built up with multi-storey buildings, underground floors and parking lots.

- Need for mobility. Interchanges are being built and roads are being widened. Public transport infrastructure is being built for new areas: bus lanes, stops.

- Need for convenience. The number of pedestrian streets is increasing, and infrastructure for people with disabilities is being developed.

- Request for sustainability. Cities are becoming greener, eco-fuel transport is being launched on bus routes: electricity, methane.

**Economic and territorial development of urban landscapes.** More than 78% of carbon dioxide emissions in urban ecosystems are related to anthropogenic activities [24]. The ecological footprint of cities can extend beyond the city to agricultural areas, forests and water sources [3,20]. As a result, it has a negative impact not only on the local, but also on the regional and global ecosystem [5].

Urban landscapes are not only centers of consumption of energy, materials and other things, but also sources of waste, greenhouse gases, water and air pollution [26]. As cities grow, their sociological and ecological footprints spread over large areas. In this regard, the area of hard-to-reach places also decreases [7].

The world's population faces important environmental problems such as climate change and pollution [19,30]. The main reason for this is the consumption demand of the population living in cities [2].

Currently, 54% of the world's population lives in cities [29]. It is estimated that this number will be 70% by the end of the century. Thus, cities create and exacerbate two main problems [5]. These are the problems of poverty and environmental degradation [22].

Urban growth greatly affects the quality of water, air and vegetation [28]. In order to cope with the problems that arise as urban areas expand, the countries of the world should implement effective urban planning and planning [9,16].

The most important problems of cities include [8]:

- Strong growth of the territory and population of cities leads to the problem of poverty [27]. City executive power and other state bodies have difficulties in providing services to all residents [11,17].

- Consumed energy causes further air pollution [14,18].

- Gases emitted by vehicles used in urban transport cause high levels of lead formation in the air of the urban ecosystem [21].

- Uncollected waste in urban areas poses a serious threat to the health of living beings [10, 23].

- The number of problems arising during the development of urban ecosystems is endless [17].

Then we can also mention the solutions [6].

- Creating jobs in the suburbs and ultimately fighting poverty [13].

- Use environmentally friendly transport [15].

- Application of green energy [25, 22].

- Increasing the area of greenery, forests and parks, etc.

So, city is an area that is expanding every day. For this reason, it is important to study cities taking into account the environmental problems they create. Our goal is to study the cities located in the Kura-Araz plain, determine their annual growth rate and forecast future development trends. It is important in the management and planning of cities. Our research object covers 17 cities located in the Kura-Araz plain. The subject of the research is the past and future development of these cities.

**Material and methods.** Decoding of satellite images, mathematical-statistical, historical and mathematical-analysis methods were used during the research.

In order to analyze the dynamics of the boundaries of cities, the boundaries of those cities in 1975 and 2023 were studied. At that time, in 1975, the boundaries of settlements were vectorized based on their topo plans. Topo plans of 1975 were placed in coordinates using ArcGIS software. WGS 1984 coordinate system was used at this time. Then the boundaries of the settlements were vectorized. Later, their Geographic Information Databases were created. The area and perimeter of the territory of the cities are included in the Geographic Information Databases. After the 1975 study of the borders of the cities, the borders of other settlements located around the cities were also studied in the same way, and Geographic Information Databases were created and the information was entered into the database.

The populated areas of cities and their surrounding villages in 2023 were vectorized using Google Earth software. These boundaries were then saved as KML files. The KML file was converted to a feature class using ArcGIS software. At this time, Geographical Information Databases were created to analyze the borders of 2023 and the information was entered into the database. These data include the area and perimeter of the city and surrounding areas.

Based on the Geographical Information Database, the area of cities and surrounding settlements was calculated and the areas that grew over 48 years were analyzed by percentage.

The dynamics of the population of the cities was studied on the basis of mathematical-statistical and mathematical-analytical methods. At that time, analyzes were conducted based on the statistical indicators of the State Statistics Committee of the

Republic of Azerbaijan. The dynamics of the population in 2000-2022 made it possible to monitor the population growth of cities.

Satellite images and their boundaries were superimposed and predicted to analyze the directions in which cities could develop and expand in the future. At this time, the surrounding agricultural areas (crops, pastures) were taken into account.

**Results and discussion.** Cities have reached their modern state after a long historical journey. This depended on the geographical location of the cities, neighborhood relations, and other factors. If we pay attention to the historical-geographical analysis of the development of these cities, the cities located in our research area are distinguished by their ancient history. Among these cities, we can especially mention Mingachevir, Barda, Beylagan and others.

About 5,000 years ago, it was discovered that there was life in the city of Mingachevir, our research area, whose population was engaged in fishing, handicrafts, agriculture and horse breeding. The Albanian inscriptions belonging to the ancient period, especially the Mingachevir-Sudağilan epitaph, provide extensive information about the occupation of the population at that time. According to some sources, living in this city dates back to B.C. It is mentioned that it belongs to the III millennium. Arshap and Roman coins were also found as evidence of the development of trade among the population during that period. The famous Turkish traveler Evliya Çelebi in his work "Travel" mentioned the settlement of the people on the banks of the river and their weaving. As a result of research conducted in the country, the oldest earrings were found in this city. Although the most extensive studies were conducted after the Second World War, all studies prove that Mingachevir was built in BC. There has been life since the 3rd millennium, and the main occupation of the population here has been agriculture, crafts and trade. The conducted studies show that the population is settled on the right bank of the Kura River in the city of Mingachevir. The settlement of the population on the left bank coincides with recent times. The high level of cultural relations in this city had a strong influence on the formation of the city.

The modern form and structure of the city of Mingachevir dates back to the end of World War II. During this period, the modern city of Mingachevir was built with the participation of 20,000 people. The growth and formation of the city in the next quarter was related to the development of machine-building, electric power, chemical, petrochemical, food and light industries and the expansion of the construction of industrial facilities.

Our other research city is the city of Shirvan,

which, like the city of Mingachevir, is included in the group of medium cities that play an important role in the country's energy production. The name of this city is especially mentioned since the 18th century. At that time, Zubov, who was a Russian general, entered here with a military detachment and called it Yuekaterinaserd, and the relocation of 2,000 Russians led to an increase in the number of Russians who were relocated here. In the 30s of the 20th century, the name of the city was changed to Ali Bayramli. However, in 2008, the name of the city located in this area with historical Shirvan lands was called Shirvan with its historical name. However, a new stage in the city's development began in 1955 when an oil well hit a fountain in the Kurovdag field. Later, in 1956-68, the construction of the first open-type State District Power Station (SDPS) in Europe led to the faster development of the urban landscape.

The city of Yevlakh, which is included in the group of medium cities in the study area, is one of the cities that play an important role in the economic life of the country. The city of Yevlakh began to develop in the 19th century after the Baku-Tbilisi railway, which was built to expand relations between Azerbaijan and Georgia, was commissioned. This area, which used to be a village, received the status of a city in 1939. At the next stage, in the 70s of the 20th century, large-scale industrial enterprises began to be built in the city, including a reinforced concrete plant, a cotton ginning factory, a tobacco fermentation factory, a bakery, a tractor repair plant, an industrial complex, and others.

The construction of Yevlax-Balakén and Yevlax-Khankendi railway lines and the commissioning of the airport in the city have already led to the development of the city infrastructure. In the 70s of the 20th century, the wool processing factory opened in the city further accelerates the development of the city.

There are several reasons for the development of the city. These include its location on the banks of the Kura River, its location on the east-west roads, and others.

The development of the landscape of Agdash city, which was previously called Uchgovak, has been particularly intensive since the 19th century. At the end of the 19th century, looms for the production and processing of cotton were built in Agdash village, which was previously part of the Sheki district, and later became the administrative center of the Aresh district in the 19th century (1873), and 7 factories in this direction began to operate there at the same time. At that time, the population of this area, which had the status of a village, was engaged in cotton growing, cocoon growing and silk growing.

Our other research city is Zardab urban land-

scape. The strategic importance of the Kura River in its creation, formation and development is undeniable. Although the initial stage of the city's development was felt from the beginning of the 16th century, the main development was observed in the 70s of the 20th century. Some sources even associate the name of the city with the flooding of the surrounding area during the flooding of the Kura and Karasu rivers and the development of agriculture in those areas, which indicates the importance of water for irrigation. Like other urban landscapes, this area, which had the status of a village when it was created, is shown to have small-scale workshops producing sugar, licorice root and silk. During the Khanate period, the population was engaged in sericulture, agriculture and cattle breeding.

The city of Ujar, which belongs to medieval cities, is also included in our research area. The city of Barda, distinguished by its ancient history, dates back to BC. It began to develop in the V-IV centuries. At that time, craftsmanship was particularly developed in the city and was the main occupation of the population. This city, which previously had the status of the capital, is surrounded by strong fortress walls. During the Sassanid era, important trade connections were distinguished here by the density of markets and craft districts, as well as public and religious buildings. This city, distinguished by the strength of trade relations in the Middle Ages, changed its location several times as a result of floods in the Tartar River. Already in the XII-XIII centuries, the city existed in its current location.

Beylagan city is another urban landscape that stands out for its history. In the 9th-11th centuries, the main occupation of the population was smithing, blacksmithing, jewelry, and pottery, and tools, weapons, and household items were made in this city. At that time, along with many functions of the cities, the trade function was also distinguished. In this city, which was famous for carpet weaving, metalworking, pottery, silk, woodworking, and glass production even at that time, jewelry was also specially selected.

Another city of ours, distinguished by its history, is the city of Agjabedi, which name was first mentioned in 1593. The city is distinguished by the development of agriculture due to its favorable natural conditions.

In ancient times, there was even a shipbuilding workshop in the city of Salyan, which was formed and developed under the influence of the Kura River. The city was visited by boat and fish was grown. The settlement of Salyan, which used to be a village, received the status of a city in 1916. Our other city, Saatli, which received the status of a city in 1971, received the status of a city-type settlement in 1947.

Territorial growth of cities also increases their management problems. At this time, there are changes in the microclimate. The existing agricultural and pasture areas around the city are increasingly included in the territory of growing cities, and over time, these areas are also involved in construction, as a result of which the problem of food supply of the city and surrounding settlements arises. The growing food problem also destroys the concept of comfortable living expected in cities.

In order to study the territorial development of cities, we studied the dynamics of the borders of all cities included in our research area in 1975, 2020, 2021, 2022 and 2023. For this, the topo plan of the cities from 1975 and satellite images from other years were used. Peko images belong to Landsat 5,8,9 and Azersky satellites. Landsat satellite images were obtained from online resources. The data of the Azersky satellite, which is our country's own satellite, was obtained as a result of the competition.

If we pay attention to the dynamics of the territory of the city of Neftchala, which is part of our research area, we can clearly see that the territory of the city has expanded in the eastern part over the past years.

According to architectural rules, in medium-sized cities, sewage, industrial area, utility-storage, transport and other areas covered a certain percentage of the city. In medium cities, this indicator was 50-67%, 11-15%, 5-15% and 15-22%, respectively. In this regard, after the vectorization processes carried out in the city of Salyan, we have calculated that in 2022, the residential area will be approximately 65%, the industrial area will be 12%, the area occupied by transport will be 12%, and the other part will be parks and other types of areas.

Based on the study of the dynamics of the city area, we can note that in 1975, the area of Salyan city was 8.94 km<sup>2</sup>, and in 2021 it was 14.92 km<sup>2</sup>. During 46 years, the area of the city increased by 5.96 km<sup>2</sup>, that is, the area expanded 1.7 times. This means that the average annual growth is 1.45%.

The rapid expansion of the city of Salyan directly and indirectly affects all components of the landscape separately and the landscape complex as a whole. It was determined that these cities developed in different directions. The main reasons for this are the location at the intersection of transport routes, favorable terrain and climatic conditions, and the location on the banks of the Kura and Araz rivers.

The cities located in our study area have developed in different directions due to their geographical location. This was also influenced by their social and economic status. Its location on transport roads, its location on the banks of Kura and Araz rivers are the main factors that stimulate the development of urban landscapes (Figure 1).

Around the city of Zardab, Gelma, Tazakend, Deli Gushchu, Dakkaoba and other settlements played an important role in the formation and development of the urban landscape. Together with Zardab, these villages played an important role in meeting the needs of the city's population for agricultural products. However, the expansion of the city of Zardab has led to the reduction of the area of these settlements, as well as the reduction of the surround-

ing agricultural areas. As a result, we must be prepared for future problems in providing the population with food. Because these settlements are not only of the city of Zardab, but also of the capital and other cities located close to the region, as well as its share in exported products. This means that in the future we may encounter various problems in exported products (Figure 2).



Fig. 1. Investigation area

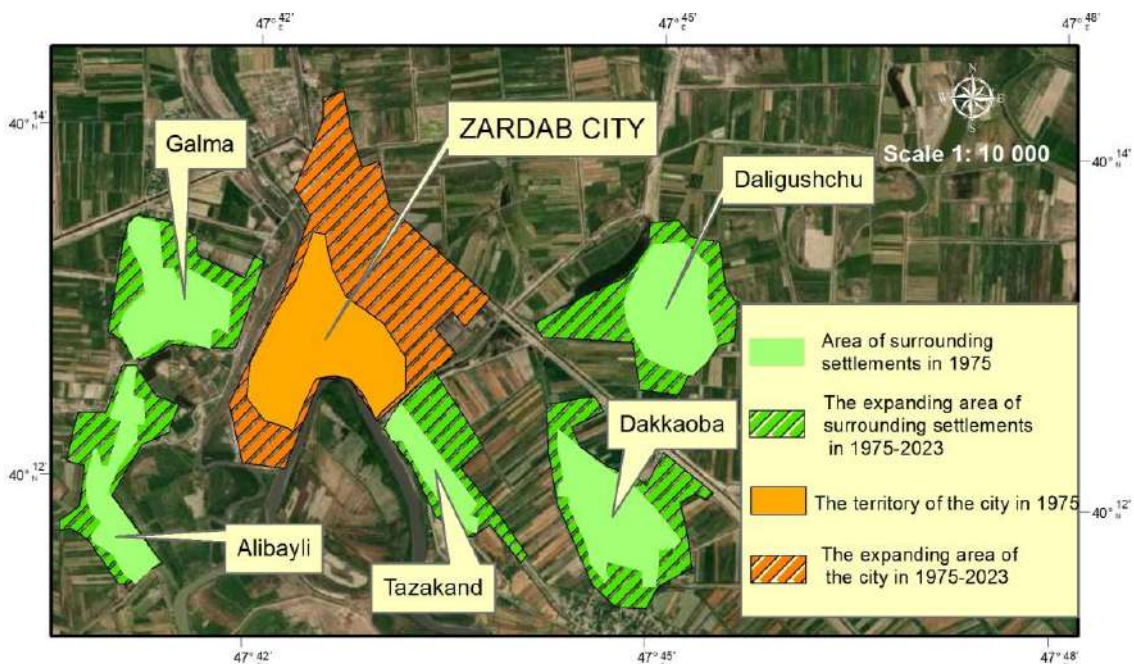


Fig. 2. The role of Zardab city and surrounding settlements in its development

We encounter almost the same scene in the urban landscape of Yevlakh. The surrounding settlements of Upper Garkhun, Jirdakhan, Nematabad, Samadabad, Lower Garkhun and other settlements played an important role in the development and formation of the urban landscape in terms of territory and population. The role of Kura river in the development of this city is also important. So, if we pay attention to the formation of the city over a long period of time, we can clearly see its development along the Kura river in the eastern direction. How-

ever, in addition to this, the location of the city on important transport routes also played an important role in its formation. It is also undeniable that it is located on the roads going from west to east, as well as on the roads connecting the central part of the country with its northwestern part (Figure 3).

The role of Garaybeyli, Garabörk, Alpout, Mushkurly, Rastaje and other villages from surrounding settlements is important in the formation of Ujar city (Figure 4).

If we talk about the main villages located aro-

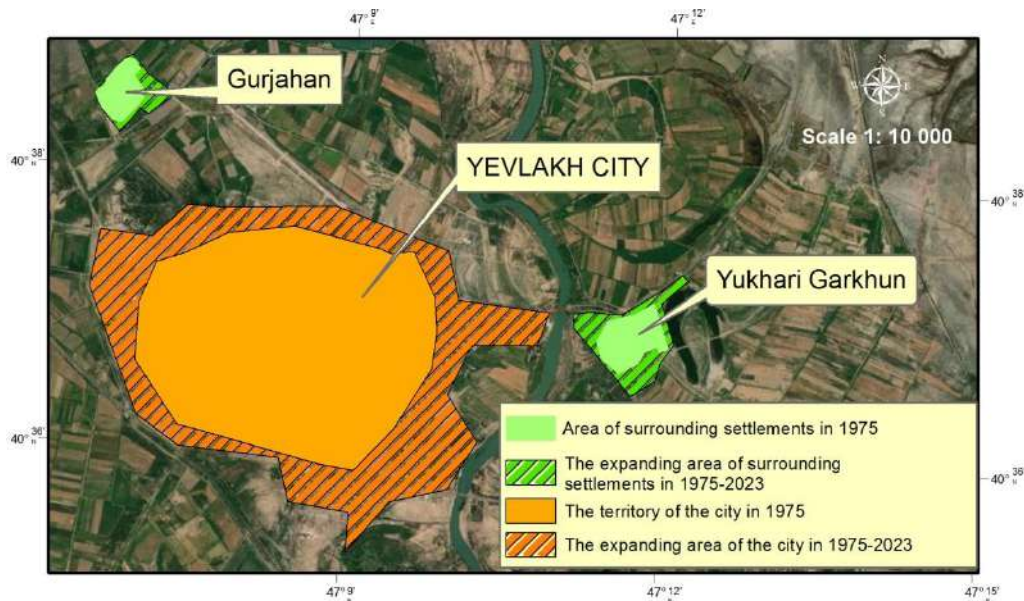


Fig. 3. The role of Yevlakh city and surrounding settlements in its development

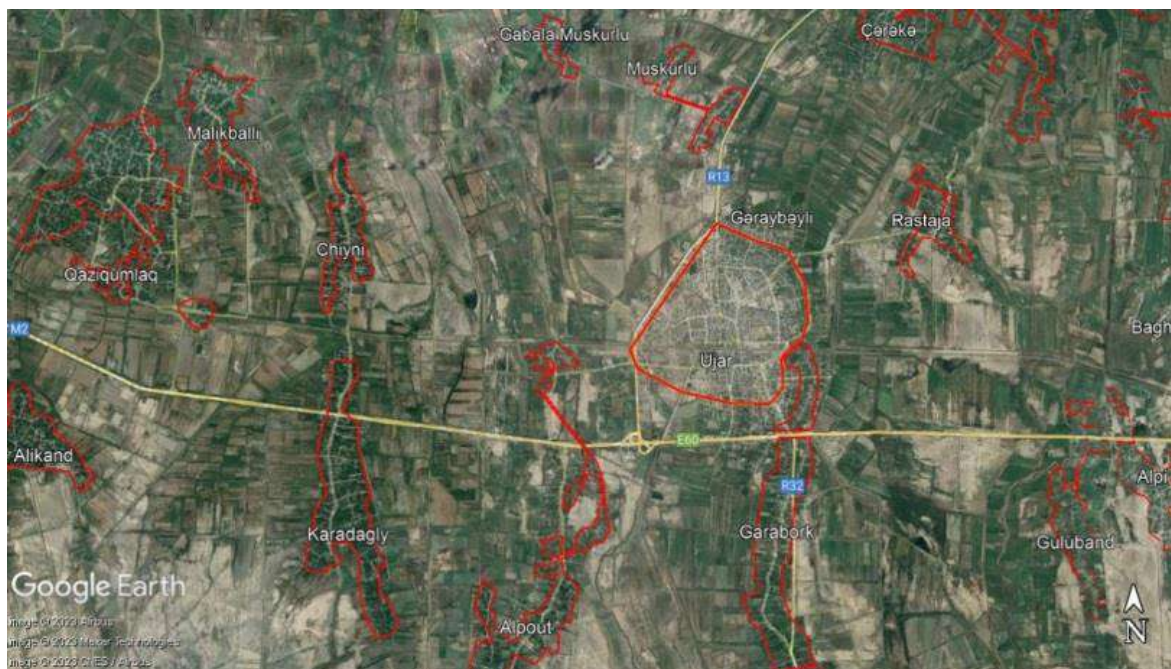


Fig. 4. The role of Ujar city and surrounding settlements in its development

und the urban landscape of Salyan and their role in the formation of this urban landscape, it is necessary to highlight the villages of Garagashli, Kirkh Chirag, Marishli, Seyidsadig, Arabgardashbeyli and

others. These villages play an important role in providing the population with agricultural products in the city of Salyan (Figure 5).

In the formation of the city of Sabirabad, which

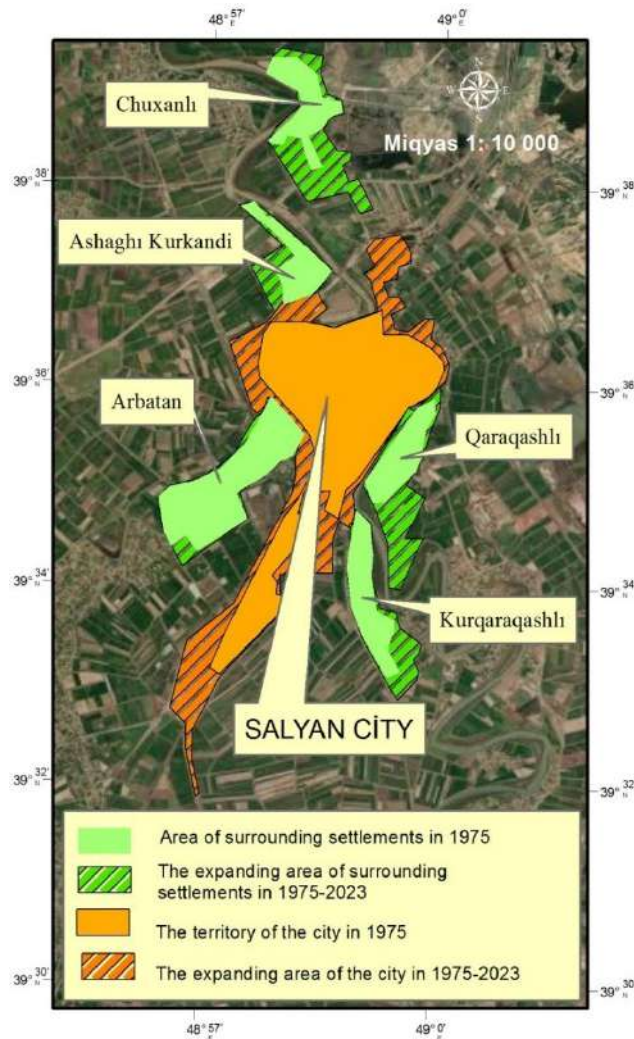


Fig. 5. The role of Salyan city and surrounding settlements in its development

is located at the confluence of the Kura and Araz rivers, along with the Kura and Araz rivers, its location on the transport route, as well as the role of

Sugovushan, Galagayin, Ghafarli, Beylik and other settlements around it is important (Figure 6).

The role of the Kura River, the Caspian Sea

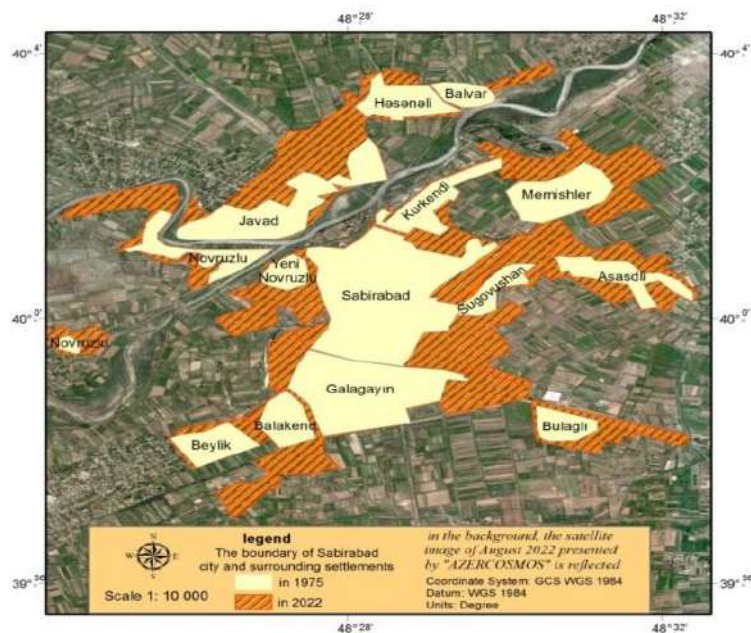


Fig. 6. The role of Sabirabad city and surrounding settlements in its development

and, of course, the surrounding settlements, especially the Banke settlement and the settlements of Garavalli, Yenikend, Uzunbaba, Kirmizi Shafaq,

Ikinki Mayak, is important in the development of the Neftchala urban landscape formed at the mouth of the Kura River (Figure 7).

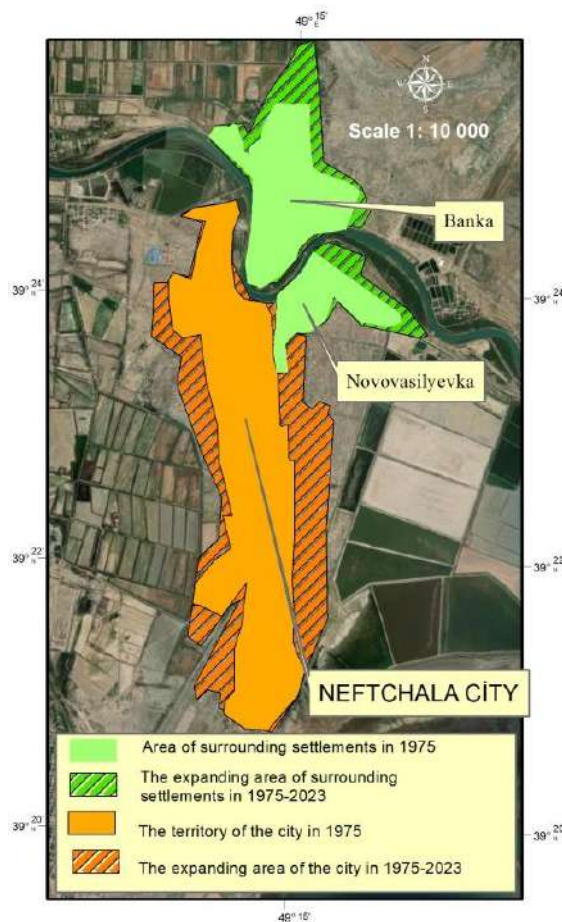


Fig. 7. The role of Neftchala city and surrounding settlements in its development

In the formation of the urban landscape of Mingachevir, which is a large city of the research area, the role of its Kura riverside mpvgei and the Mingachevir reservoir, as well as the role of Havarli, Hüryushagi, Hajiselli, Aksham and other villages located around it and included in the territory of Yevlakh district, is undeniable. If we analyze the

role of the Kura River in the formation of the city, it is necessary to mention its hydropower potential, fishing importance and the recreational importance of the Mingachevir reservoir built on it. In addition, the establishment of recreation areas along the banks of the Kura River plays an important role in the formation of the urban landscape (Figure 8).

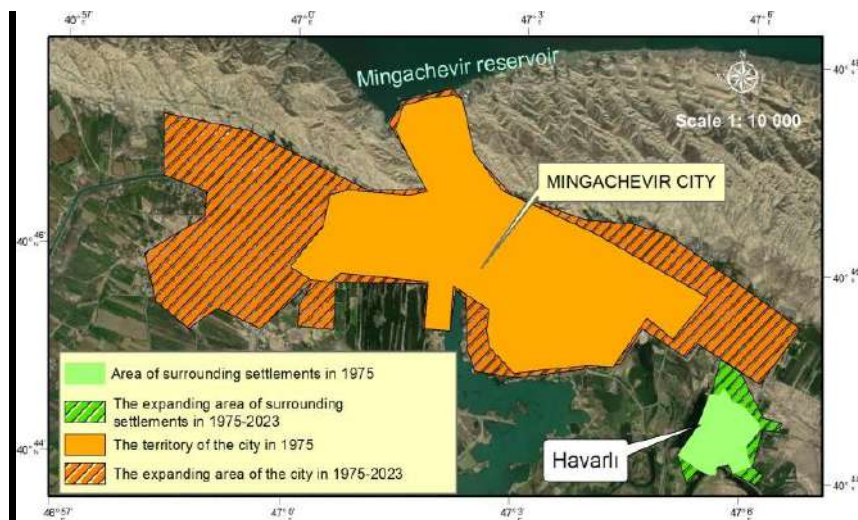


Fig. 8. The role of Mingachevir city and surrounding settlements in its development



The city of Kurdamir is located on the east-west roads. The role of Atakishili, Akhtachi Karabujag, Shahbeyli and other villages from surrounding settlements in its formation is undeniable. But the most important factor is the transport factor (Figure 9).

The first factor in the formation of the urban landscape of Imishli along the coast of the Araz River was, of course, the influence of the Araz River. However, it is necessary to mention Karalar, Otuziki, Murguzali, Baciravan and other settlements from the surrounding settlements (Figure 10).

Kura River has an important role in the formation of urban landscapes of Shirvan and Hajigabul. However, the role of these cities in the ecological problems of water bodies is undeniable. Thus, the first cause of the ecological problems of Lake Hajigabul was related to the development of

these urban landscapes. The water in this lake, which is used for irrigation purposes, has completely dried up. In the development of these cities, the role of Garaguney, Pirsaat, Garatugay, Gudejuhur and others from the surrounding settlements is important (Figure 11).

In the formation of Bilasuvar city landscape, the role of Beydili, Khirmandali, Mokhozabad, Aliabad, as well as Bagbanlar, Chinarli, Chayli, Asgarabad, Ashaghi Jureli settlements located in the north, and Asgarabad, Ashaghi jurali, located in the east, are important (Figure 12).

The most important factor in the formation of the urban landscape of Beylagan is the settlements located around it, such as Shafaq, Mayak, Yukhari Aran, Alinazarli, Bolsulu, Tahikend, Orta Alinazarli, first Ashikli and others (Figure 13).



Fig. 9. The role of Kurdamir city and surrounding settlements in its development

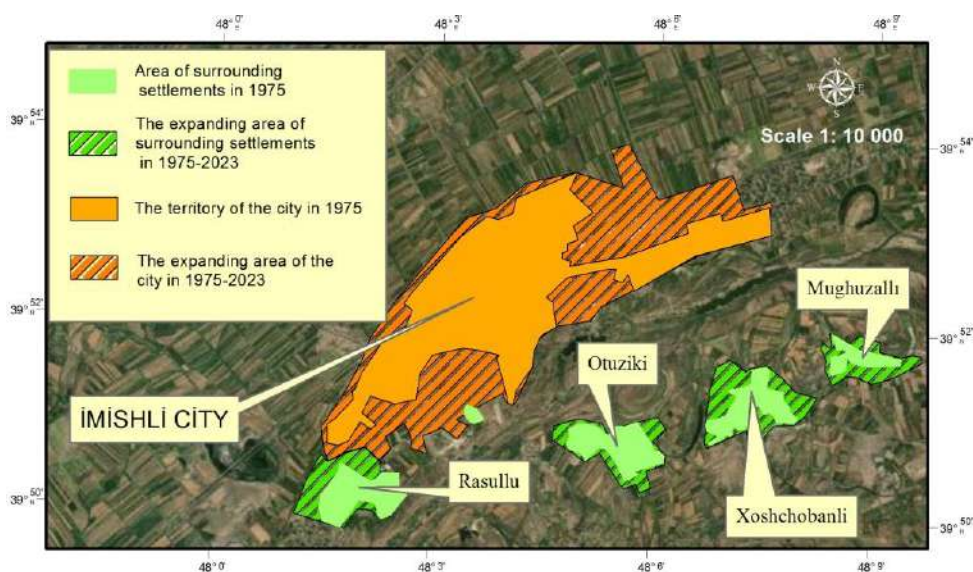


Fig. 10. The role of Imishli city and surrounding settlements in its development

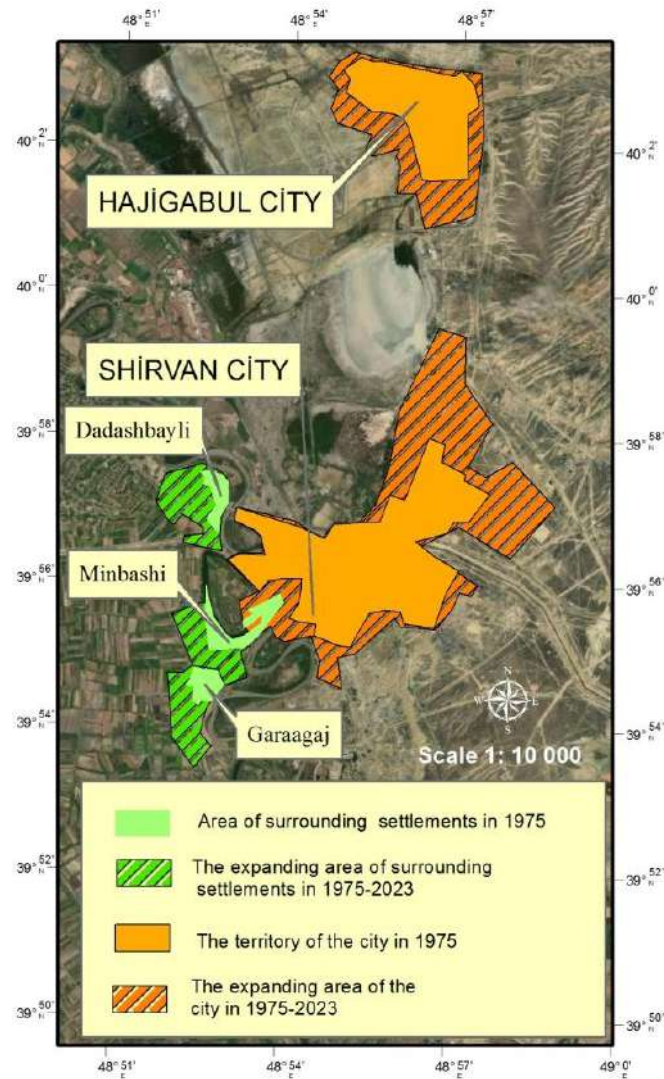


Fig. 11. The role of the cities of Shirvan and Hajigabul and surrounding settlements in its development



Fig. 12. The role of Bilasuvar city and surrounding settlements in its development

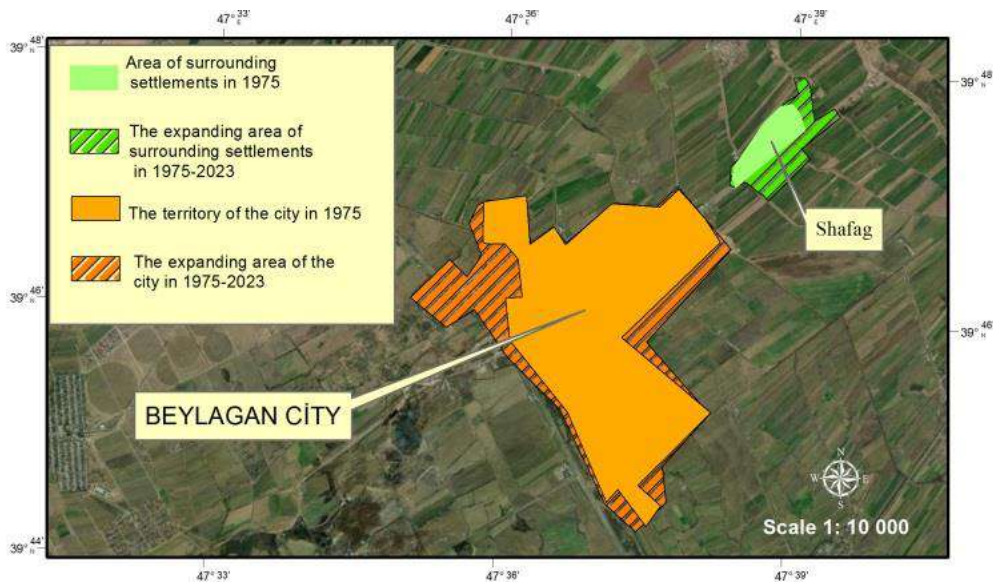


Fig. 13. The role of Beylagan city and surrounding settlements in its development

In the formation of the urban landscape of Barda, which has an ancient history, its economic geographical position, political geographical position, along with its location along the Ancient Silk Road, the surrounding settlements also played an important role. As we know, rural settlements were formed before cities. Of course, the historical place of the city of Barda was not the territory of the current city of Barda. The role of Zumürkhan, Garadağlı, Güloğlular, Gasimbeyli, Mughanli, Kalantarli, Aliyanli, Garademirchilar and others in the formation of the current city of Barda is important (Figure 14).

The role of Turyanchay is important in the formation of Agdash urban landscape. Its location on the river bank, as well as the role of Garadaghli, Gurjuva, Ashagi Zeynaddin, Yeniarch, Golgaty,

Mursal and other settlements from the surrounding settlements is undeniable (Figure 15).

Surrounding settlements also play a role in the formation of the Agjabedi urban landscape, to which we can especially refer to the Agabayli settlement (Figure 16).

We can also group cities by population. At this time, the population plays an important role. The cities of the study area belong to large, medium and small cities. There are also small settlements here, which can become large cities in their future development.

The group of large cities in the study area includes only the city of Mingachevir. He joined this group in 2013. Currently, the number of inhabitants is more than 106 thousand people. The city of Mingachevir performs economic and non-economic

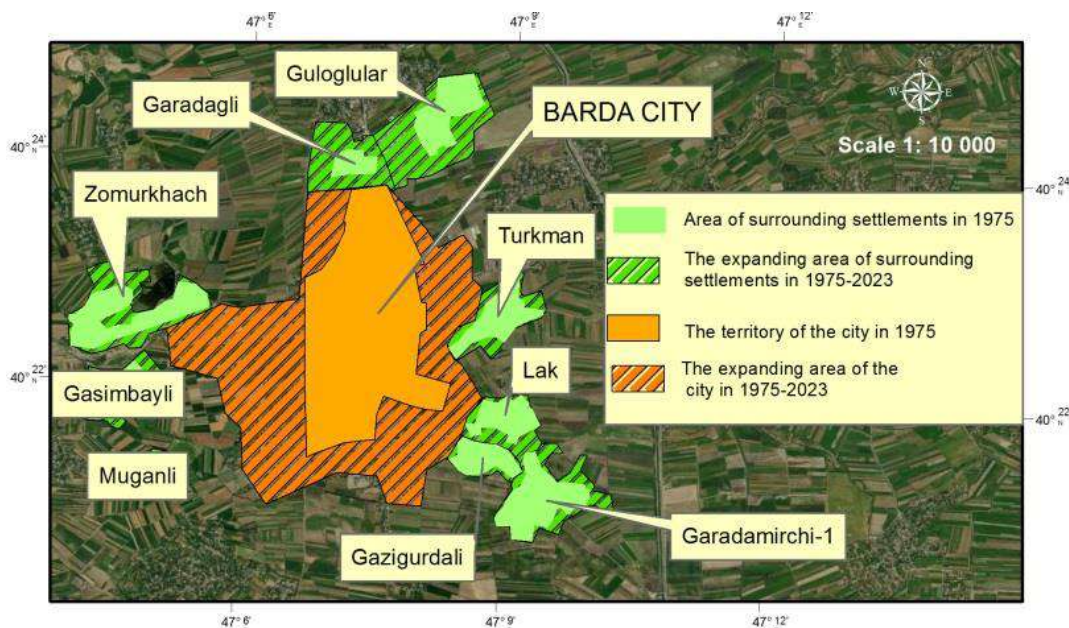


Fig. 14. The role of Barda city and surrounding settlements in its development

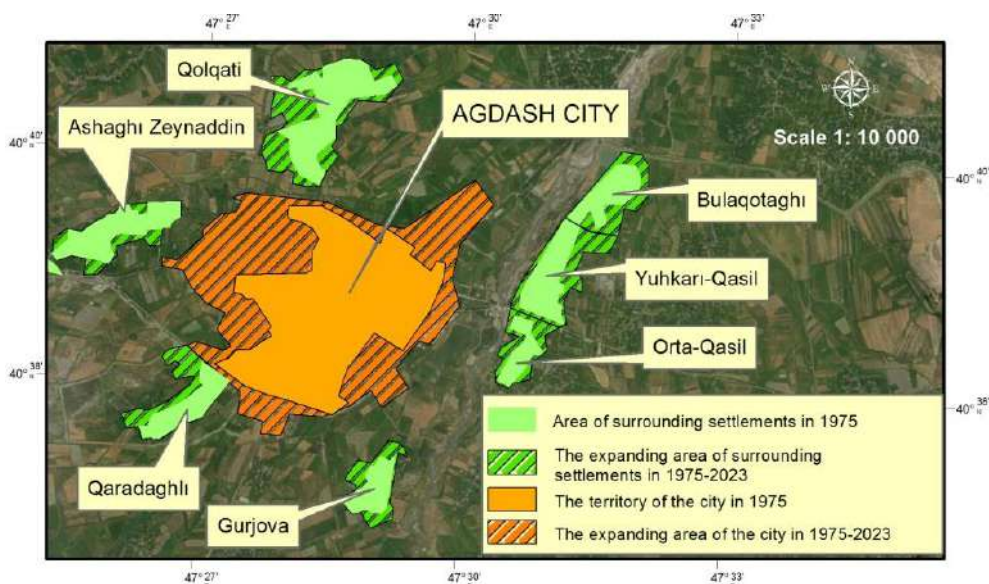


Fig. 15. The role of Agdash city and surrounding settlements in its development

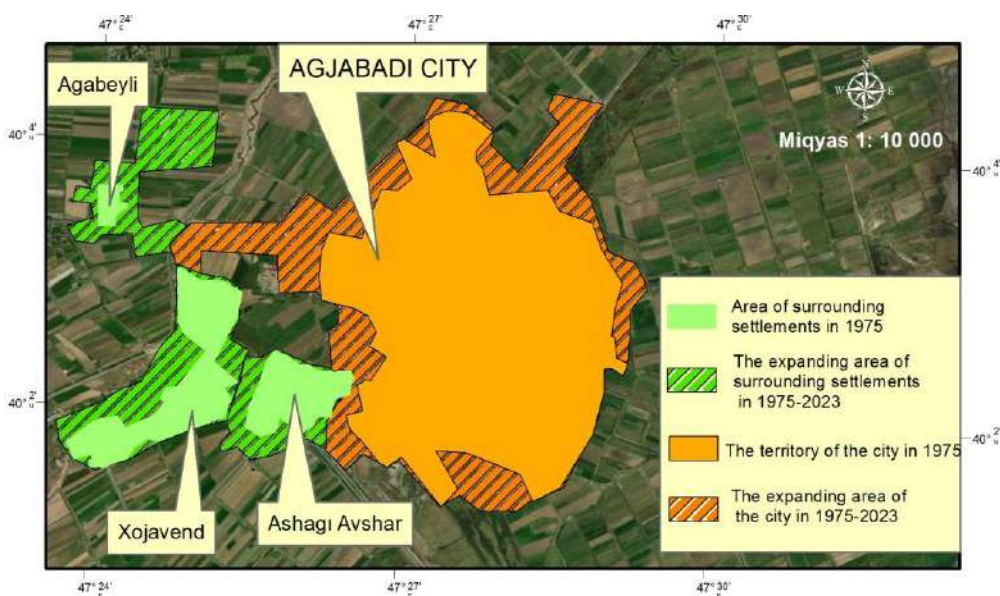


Fig. 16. The role of Agjabadi city and surrounding settlements in its development

functions due to its structural and functional characteristics. Economic functions include light industry, machine building, food industry, construction and chemical industry. Non-economic functions include cultural and educational functions.

The city of Mingachevir belongs to the group of multifunctional cities. This city differs from other cities of the research area due to its organizational-economic, industrial-transportation, scientific, political, cultural-educational and other functions (with the exception of the city of Shirvan). The city of Mingachevir is included in the group of large cities as the administrative center of food and light, electric power, appliance manufacturing, industry and resort.

The group of medium cities includes the cities of Yevlakh and Shirvan. The city of Yevlakh performs economic and non-economic functions ac-

ording to its structural and functional characteristics. Economic functions include light and food industry, transport. Non-economic functions include cultural-educational and administrative functions. The city of Shirvan performs economic and non-economic functions due to its structural and functional characteristics. Economic functions include electricity, oil production, engineering, food industry and transportation hub. Non-economic functions include cultural and educational functions.

The cities of Shirvan and Yevlakh are included in the group of medium cities as the administrative center of food and light, machine building, energy, road transport and railway.

The city of Shirvan belongs to the group of multifunctional cities. This city differs from other cities of the research area due to its organizational-economic, industrial-transportation, scientific, polit-

ical, cultural-educational and other functions (with the exception of the city of Mingachevir). In Shirvan city, processing industry, especially device manufacturing, electrical engineering fields have also developed. This city, together with the city of Mingachevir, is one of the cities where the country's largest power plant exists.

"Arfa" furniture factory, "Dan" bricks, non-alcoholic beverage factories belonging to "Yevlax Qida" LLC, reinforced concrete plant belonging to "Yevlax-Beton" OJSC, "Lala-textil" LLC in Yevlax city there is a sewing factory, "Gilan" leather processing, as well as a seed processing enterprise owned by "Azertoxum" LLC, a canning factory owned by "Karvan-K" LLC, and bakery and pasta shops.

The sewing factory belonging to "Lala-Textile" LLC is located on an area of 10.4 ha and includes 2 sewing, 1 office, 1 weaver, 1 knitter, 1 boiler room, 1 paint shop, 5 auxiliary buildings and 1 canteen. The personnel of this enterprise with 650 employees is planned to be increased to 1200 soon. The equipment available in the enterprise is mainly imported from countries such as Japan, Germany and Turkey.

The annual production capacity of the brick factory, which belongs to "Dan" LLC and is located on an area of 58 ha, is estimated at 30 million units. The manufactured products are suitable for both domestic demand and export to Georgia.

The equipment of "Arfa" furniture factory, which produces furniture for kitchen, office, living room and children's room, was brought from Italy and Germany.

"Lala Tekstil", "Yevlakhtamir" OJSC and ARFA furniture factory also operate in Yevlakh city.

In Shirvan, the Araz plant operating under the Ministry of Defense Industry, the Oil Processing Plant (cotton oil) equipped with the latest technologies, the Shirvan Cotton Processing Branch of LLC operating under the name "Azerpambig Agrarian Industrial Complex" and other enterprises operate.

Other cities of the study area belong to the group of small cities in terms of population.

Small cities also perform economic and non-economic functions according to their structural and functional characteristics. Economic functions include light and food industry, agriculture. Non-economic functions include cultural-educational and administrative functions. However, within this group of cities, chemical and fish processing in Neftchala, transport in Ujar, and construction industry in Sabirabad also perform economic functions.

The cities of Agdash and Barda are included in the group of small cities, which are administrative centers of food and light industry, agriculture, construction materials, as well as agro-industry.

The city of Agjabadi is included in the group of

small cities such as food and light industry, railway and road transport, agriculture, administrative district center cities.

The cities of Salyan and Imishli are included in the group of small cities such as food and light industry, machine building, chemistry, construction, oil and gas extraction, railway and road transport.

Ujar and Neftchala are included in the group of small cities such as food and light industry, oil extraction, agriculture, railway and road transport, administrative district center cities.

Other cities are included in the group of small cities, such as food and light industry, agriculture and administrative district center cities.

The settlements in the study area include Aran settlement of Yevlakh district, Turyanchay and Leki settlements of Agdash district, Karrar settlement of Kurdamir district, Karachala and Kirkhbulag settlements of Salyan district, Bahramtep and Vatega settlements of Imishli district, Bahar, Orconokidze, Kahramanli, Milabad, Orengala, Baharabad of Beylagan district, It includes Gunesh, Shafaq, Sharq, Sarisu, Turkler, Yeni Mil, Yukhari Aran and Mayak settlements, Mugan, Padar and Pirsaat settlements of Hajigabul district, Bayramli and Hajigahramanliq settlements of Shirvan city, Banke, Hasanabad, Khilli settlements of Neftchala district.

According to the population of the cities, the classification was made according to the following classification.

- small towns with a population of up to 50,000 people
- medium-sized cities with a population of 50-100 thousand people
- large cities with a population of 100-250 thousand people
- large cities with a population of 250-500 thousand people
- huge cities with a population of 500,000-1,000,000.
- millionaire cities, the population of which is more than 1 million.

Based on this classification, the cities of the study area are classified as follows. The big city is Mingachevir, the middle cities are Yevlakh and Shirvan, and other cities are included in the group of small cities (Table 1).

Following the development dynamics of urban landscapes, we prepared their future development trend (Table 2). The surrounding areas were studied based on the analysis of satellite images. Areas where the natural conditions are favorable for the future development of cities and where vacant areas are possible for growth are predicted for future development.

The cities located in the study area have grown in all directions due to favorable natural conditions

Table 1

## Population of cities in 2000-2022

№	cities	population, thousand people						
		2000	2005	2010	2014	2015	2020	2022
1	Aghjabadi	28,2	30,2	38,8	40,0	40,4	41,4	41,6
2	Aghdash	24,0	26,9	29,2	31,3	31,5	32,5	32,7
3	Beylagan	6,6	9,3	15,3	15,9	16,0	16,8	16,8
4	Barda	36,1	37,2	37,9	38,9	39,3	40,2	40,3
5	Bilasuvar	17,6	18,9	20,3		21,8	23,3	
6	Hajigabul	19,8	23,9	25,2	25,9	26,2	27,4	27,4
7	İmişli	30,7	31,5	32,4	33,9	34,3	36,1	36,2
8	Kurdamir	15,3	17,9	18,1	18,4	18,5	19,2	19,3
9	Neftchala	17,7	20	20,6	21,2	21,4	22,0	22,1
10	Mingachevir	<b>94,5</b>	95,2	<b>96,9</b>		101,6	<b>106,1</b>	
11	Salyan	35,0	44,6	36,4	37,2	37,6	38,9	38,9
12	Saatli	16,6	17,1	17,6	18,8	18,9	20,1	20,3
13	Sabirabad	27,4	27,9	28,4	29,4	29,8	30,9	31,0
14	Shirvan	65,7	68,5	73,1	77,0	78,1	82,4	82,8
15	Ujar	15,6	17,0	16,9	17,3	17,5	18,2	18,3
16	Yevlakh	52,6	54,4	57,9	59,4	60,0	62,5	63,1
17	Zardab	10,0	10,2	10,3	10,7	10,7	11,0	11,0

Table 2

## Future development trend of urban landscapes

№	Urban landscapes	Territorial development in 1975-2023	Forecast of future territorial development	Results	Solutions
1	Neftchala	East	East, west, south	The city may develop due to the lowering of the level of the Caspian Sea in the southern direction, but it may cause various socio-economic problems as a result of the rising of the sea level. If the city develops in the east and west directions, the existing farmlands will be destroyed, which will create a threat of facing the problem of food shortage in the future.	Partially restricting the construction of courtyard houses and giving preference to high-rise (3-5 storey) buildings. Applying tax depending on the area to yard houses that are built but not used for a long time.
2	Shirvan	North, northeast	In all directions	There is a danger of entering the construction area of Lake Hajigabul and erasing it from the scene of history, there is a danger of living a life where the rivers of the Araz River in the cities of İmişli and Saatli are destroyed by drying up and turning into a construction site. In the case of its development, the existing agricultural lands will be destroyed, which will create a threat of facing the problem of food shortage in the future.	
3	Hajigabul	West and South	In all directions	The problem related to Lake Hajigabul is urgent.	

4	Mingachevir	Due to its proximity to traffic roads, it is in the south and east direction	West	If it is developed, the existing agricultural lands will be destroyed, which will create a threat of facing the problem of food shortage in the future.
5	Berde	As a result of the proximity to the transportation system and the influence of the nearby Garadağlı, Güloğlu, Zumürkhan, Aliyanli settlements, in all directions	North-west, south, east	
6	Salyan	East	Northwest, southwest, southeast, north, east	
7	Bilesuvar	In all directions	In all directions except the east direction	
8	Sabirabad	In all directions	Only east and southeast	
9	Saatli	In all directions, but more intense in the southern direction	North, south, east	
10	İmişli	East and south due to transport routes	In all directions	
11	Kurdemir	In all directions due to transport routes	In all directions	
12	Ujar	It is more intensive in all directions, as well as due to the presence of the Garaybeyli settlement in the north	All directions except the north, especially in the south due to proximity to the highway, more intense	
13	Yevlakh	In the south, south-east direction due to traffic roads	In all directions	
14	Agdash	South, south-east, south-west due to transport routes	In all directions	
15	Agjabedi	In all directions, especially in the western direction due to transport roads and Agabayli, Jafarbeyli settlements	In all directions except the West	
16	Beylegan	in the south and west direction due to traffic routes	In all directions	
17	Zerdab	Its location in the neighborhood with settlements on all sides has been the reason for development in all directions	East	

and proximity to large rivers. But this growth has also created various problems. The city may develop due to the lowering of the level of the Caspian Sea in the southern direction, but it may cause various

socio-economic problems as a result of the rising of the sea level. If the city develops in the east and west directions, the existing farmlands will be destroyed, which will create a threat of facing the

problem of food shortage in the future. If it is developed, the existing agricultural lands will be destroyed, which will create a threat of facing the problem of food shortage in the future. There are various ways to prevent this. Partially restricting the construction of courtyard houses and giving preference to high-rise (3-5 storey) buildings. Applying tax depending on the area to yard houses that are built but not used for a long time.

**Conclusion.** As a result of the conducted research, it was found that the cities located on the

banks of the Kura and Araz rivers have grown twice in the last 40 years. The main reason for this is that the river creates a favorable position.

The development of cities has led to the destruction of the surrounding farmlands and pastures. As a result, we may face food shortages in the near future.

There is an opportunity to grow in almost all directions for the development of cities.

To optimize growth in cities, instead of courtyard houses, 3-5-story buildings can be built here.

### References

1. Amanova, S. (2023). *Basic construction-ecological norms in urban systems and ecogeographic consequences of sustainable development of urban areas (in Sabirabad city representation)*. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32(3), 441-449. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112339>
2. Соколов, В., Удалов, І., & Кононенко, А. (2021). *Performance of special engineering and geological researches in the territories of industrial and urban agglomerations*. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (54), 106-116. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-08> [in Ukrainian]
3. Hajiyeva G.N., Eyyubova Z.I. (2019). *The role of climatic factors in the pollution of the atmosphere of Sumgayit and surrounding areas*. *Scientific works of Nakhchivan State University, "Natural and medical sciences" series*, 2(100), 182-187. <https://ndu.edu.az/public/wp-content/uploads/Elmi%20Eserler/100%20tebiet%202019.pdf>
4. Hajiyeva A.Z., Garibov Y.A. (2016). *Study of the pasture-hayfield transformation of natural landscapes in the south-eastern slope of Greater Caucasus and relevant risks and dangers through special observation squares*. *Journal Massachusetts Review of Science and Technologies*, 1(13), 253-259.
5. Havryliuk, O. (2021). *Differential and non-differential urbanization in Ukraine during the soviet and post-soviet era*. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (55), 141-158. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-11> [in Ukrainian]
6. Hesse, M. (2008). *Planning cities for the future: The successes and failures of urban economic strategies in Europe*. *Growth and Change*, 39(3), 534-536. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2009.00250.x>
7. Кізілова, Н., Ричак, Н., Чебукін, Д., & Лукієнко, М. (2021). *Ecological assessment of surface water quality in a rainless period under the conditions of urban water collection*. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (54), 289-305. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-22> [in Ukrainian]
8. López de Lucio, R. (2003). *Transformaciones territoriales recientes en la región urbana de Madrid (Recent territorial changes in the urban region of Madrid)*. *Urban*, 8, 124-161. [https://oa.upm.es/45362/1/Lucio\\_transformaciones.pdf](https://oa.upm.es/45362/1/Lucio_transformaciones.pdf)
9. Нестеренко, В. (2021). *The rivers in Kharkiv urban space: the history of interaction between nature and society (second half of the XVII<sup>th</sup> - early XXI<sup>th</sup> century)*. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (54), 224-239. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-17> [in Ukrainian]
10. Provotar, N., Olishevskaya, Y., Mezentshev, K., & Kravchenko, K. (2021). *Street art in urban space: location and perception in Ukrainian cities*. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (55), 216-231. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-16> [in Ukrainian]
11. Rossi, U. (2004). *The multiplex city. The process of urban change in the historic centre district of Naples*. *European Urban and Regional Studies*, 11(2), 156-169, DOI: <https://doi.org/10.1177/0969776404041421>
12. Serohin, D., & Kostrikov, S. (2023). *Towards urbanistic geosituation delineation*. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (58), 241-256. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-19>
13. Sgambati, S.; Gargiulo, C. (2022). *The evolution of urban competitiveness studies over the past 30 years. A bibliometric analysis*. *Cities*, 128, 103811, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103811>
14. Shariff, N.M. (2012). *Private vehicle ownership and transportation planning in Malaysia*. In *International Conference on Traffic and Transportation Engineering (ICTTE); IACSIT Press: Singapore, Volume 64, 68*, DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/917/1/012040>
15. Sharifi, A. (2020). *Sharifi Urban resilience assessment: Mapping knowledge structure and trends*. *Sustainability*, 12 (15), 5918.
16. Shasha Xu, Weijun He, Liang Yuan, Dagmawi Mulugeta Degefu, Yang Yang and Hua Li (2021). *The Relationship between Coordination Degree of the Water–Energy–Food System and Regional Economic Development*. *Sustainability*, 13(3), 1305, DOI: <https://doi.org/10.3390/su13031305>



17. Shen, Q. Shen, W. Zeng, Y. Ye, S.M. Arisona, S. Schubiger, R. Burkhard, (2018). *StreetVizor: Visual exploration of human-scale urban forms based on street views*. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24 (1), 1004-1013, DOI: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2744159>
18. Suryanto, T.; Haseeb, M.; Hartani, N.H. (2018). *The correlates of developing green supply chain management practices: Firms level analysis in Malaysia*. *Int. J. Supply Chain. Management*, 7, 316, <https://doi.org/10.3390/su14063362>
19. Song, M.; Xie, Q. (2021). *Evaluation of urban Competitiveness of the Huaihe River eco-economic belt based on dynamic factor analysis*. *Comput. Econ.*, 58, 615–639, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10614-019-09952-5>
20. Teddy-Ang and Toh, S. (2020). *Singapore: Empowering a smart nation*. *Communications of the ACM*, 63 (4), 60-63.
21. Tékouabou, S.C.K.; Chenal, J.; Azmi, R.; Touluni, H.; Diop, E.B.; Nikiforova, A. (2022). *Identifying and Classifying Urban Data Sources for Machine Learning-Based Sustainable Urban Planning and Decision Support Systems Development*. *Data*, 7, 170. <https://doi.org/10.3390/data7120170>
22. Tomarchio, L. (2019). *Mapping human landscapes in Muscat, Oman, with social media data*. *Arab gulf cities in transition: Towards new spatialities*, 68-105, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000339868>
23. Wang et al., L. Wang, X. Chen, Y. Xia, L. Jiang, J. Ye, T. Hou, L. Wang, Y. Zhang, M. Li, Z. Li. (2022). *Operational data-driven intelligent modelling and visualization system for real-world, on-road vehicle emissions—a case study in Hangzhou city, China*. *Sustainability*, 14 (9), 5434, DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095434>
24. Wang, B.; Xie, H.L.; Ren, H.Y.; Li, X.; Chen, L.; Wu, B.C. (2019). *Application of AHP, TOPSIS, and TFNs to plant selection for phytoremediation of petroleum-contaminated soils in shale gas and oil fields*. *J. Clean. Prod.*, 233, 13–22, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.301>
25. Wanping Yang, Zhenya Zhang, Yajuan Wang, Peidong Deng and Luyao Guo. (2022). *Impact of China's Provincial Government Debt on Economic Growth and Sustainable Development*. *Sustainability*, 14(3), 1474, DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031474>
26. Weichselgartner and Kelman, J. Weichselgartner, I. Kelman. (2014). *Challenges and opportunities for building urban resilience*. *A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*, 11 (1), 20-35, [https://www.preventionweb.net/files/62657\\_05weichselgartnerkelman1101.pdf](https://www.preventionweb.net/files/62657_05weichselgartnerkelman1101.pdf)
27. Wurm, M.; Droin, A.; Stark, T.; Geiß, C.; Sulzer, W.; Taubenböck, H. (2021). *Deep learning-based generation of building stock data from remote sensing for urban heat demand modeling*. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 10, 23, DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi10010023>
28. Xiao and Cao, L. Xiao, H. Cao. (2017). *Organizational resilience: The theoretical model and research implication*. *Proceedings of the ITM web of conferences, EDP Sciences*, 04021, DOI: <https://doi.org/10.1051/itmconf/20171204021>
29. Zhan, X.; Zheng, Y.; Yi, X.; Ukkusuri, S.V. (2016). *Citywide traffic volume estimation using trajectory data*. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, 29, 272–285, DOI: <https://doi.org/10.1109/TKDE.2016.2621104>
30. Zhou, J., Zhou, P. Jiang, J. Yang, X. Liu. (2021). *Designing a smart incentive-based recycling system for household recyclable waste*. *Waste Manag.*, 123, 142-153, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.030>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

## Підготовка сценаріїв майбутнього розвитку міських ландшафтів відповідно до природних і соціально-економічних умов (на прикладі міст Кура-Аразької низовини)

Шахназ Аманова <sup>1</sup>

к. геогр. н., пров. наук. співробітник відділу сталого землеробства та диверсифікації рослинництва,

<sup>1</sup> Науково-дослідний інститут рослинництва, Баку, Азербайджан;

Афаг Гаджієва <sup>2</sup>

к. геогр. н., доцент,

<sup>2</sup> Азербайджанський державний економічний університет, Баку, Азербайджан;

Фіруза Джафарова <sup>2</sup>

к. геогр. н.

Понад 50% населення планети проживає в містах. З цієї причини майже всі глобальні проблеми походять від міських ландшафтів. Тому дуже важливо вивчати розвиток міст і готувати сценарій майбутнього. Наша мета

– вивчити міста, розташовані на Кура-Аразькій рівнині, визначити їх річний приріст і спрогнозувати перспективи розвитку. У статті проаналізовано розвиток 17 міст, розташованих на Кура-Аразькій рівнині в центральній частині Азербайджану, протягом історичного періоду та його прогноз на майбутнє. Особливу увагу під час дослідження надавали сучасним методам. Супутникові знімки міст були оброблені та проаналізовані їх результати. Міста Кура-Аразької низовини займають 25% міст республіки. Річки є основним джерелом утворення міст. Однак із зростанням цих прибережних міст екологічні проблеми річок Кура та Араз посилюються, а рівень води знижується. Міста росли в усіх напрямках і продовжують рости. Вперше в Азербайджані на основі ГІС-технологій і методів дистанційного зондування досліджено міські ландшафти. Вперше на основі ГІС-технологій проаналізовано фактори природних умов, абсолютну висоту, нахил та експозицію рельєфу, і встановлено, що 2/3 досліджуваної території знаходиться нижче рівня моря, а 1/3 знаходиться на ділянках до 200 м абсолютної висоти. Нахил ділянки продовжується максимум до 5°. Міста були класифіковані за різними напрямками. Вперше проведено та картографовано питання територіального управління міськими ландшафтами на основі ГІС-технологій. На цей час було встановлено, що за 1975-2023 роки міста виросли більш ніж у 2 рази. Однак цей приріст не можна порівняти з динамікою зростання населення. Тому що за ці роки приріст населення коливався в межах 10-30%. Міські ландшафти виросли переважно в прирічкових районах, уздовж транспортних шляхів.

**Ключові слова:** міський ландшафт, міський розвиток, ГІС, Кура-Аразька рівнина, сценарії міського розвитку, ArcGIS.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 24 квітня 2023 р.


Прийнята 3 травня 2024 р.

## Decarbonization as a multilateral political mechanism for carbon regulation


*Oleg Batrymenko*<sup>1</sup>

DSc (Politics), Professor,<sup>1</sup> Kyiv National University named after Taras Shevchenko, Kyiv, Ukraine,  
e-mail: [batrymenko@ukr.net](mailto:batrymenko@ukr.net),  <https://orcid.org/0000-0003-0211-248X>;

*Dmytro Chomko*<sup>1</sup>

PhD (Geology), Associate Professor,  
e-mail: [chomko@knu.ua](mailto:chomko@knu.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-8454-5531>;

*Oleg Tkach*<sup>1</sup>

DSc (Politics), Professor,  
e-mail: [tio19@ukr.net](mailto:tio19@ukr.net),  <https://orcid.org/0000-0003-3131-1533>

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** This article is devoted to the analysis of the current state and prospects of the decarbonization project and its role in foreign policy in the process of creating the emissions trading system and the mechanism of the new European system of taxation of imported goods that leave a large carbon footprint (Control Border Adjustment Mechanism, CBAM) (the so-called "carbon border"). The issues raised in this work correspond to the Sustainable Development Goals (SDGs), namely: the fight against climate change (13 goals), which were adopted by the United Nations in 2015 as a universal call to action to reduce poverty, protect the planet and ensure that by 2030 all people live in peace and prosperity. It was analyzed that the EU institutions (Commission, Council or European Parliament) had the greatest impact on the organizational structure of the European Union emissions trading (STV).

**Purpose.** The purpose of the study is to analyze the role of decarbonization as a multilateral political mechanism of carbon regulation at the border.

**Methods.** Comparative, systemic, institutional research methods are used in the article.

**Research results.** Attempts by the European Parliament to significantly change the decentralized nature of the ETS have failed. Thus, the process of updating the ETS and the mechanism of the new European system of taxation of imported goods that leave a large carbon footprint corresponds to the main provisions of the intergovernmental approach. Decarbonization is a term used to remove or reduce carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from the atmosphere. Decarbonization is achieved by switching to low-carbon energy sources. The project "Cross-Border Adjustment of the Carbon Tax Upon World Accession" makes it possible to avoid negative consequences for trade and can create a win-win situation - in economic, political and environmental terms. Documents reflecting the positions of the subjects and the course of the legislative process were used as primary materials. The research was conducted on the basis of the process tracking method. The article proves that the decisive confluence in the formation of the ETS design was the member states (the balance of interests and influence of the member states in the Council of the EU). The commission played a significant role as the author of the idea and moderator of compromises. The Commission and the European Parliament have on several occasions successfully blocked or softened Member State amendments that threatened to undermine the substance of emissions trading.

**Conclusions.** As the planet faces rising temperatures and more frequent extreme weather events, it is clear that our current infrastructure practices must evolve. To mitigate and adapt to climate change, sustainable infrastructure is not just an option; it is a necessity.

**Keywords:** decarbonization, decision-making process in the EU, USA, energy policy, climate policy, emissions trading system, greenhouse gases, carbon regulation, climate action.

**In cites:** Batrymenko Oleg, Chomko Dmytro, Tkach Oleg (2024). Decarbonization as a multilateral political mechanism for carbon regulation. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 323-334. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-23>

**Formulation of the problem.** By 2059, it is planned that Europe will completely abandon carbon energy. However, today companies are forced to pay taxes for the production of products that emit a carbon footprint. Decarbonization is the process of transition to a low-carbon economy. Decarbonization as a climate policy includes US and EU measures. Carbon footprint (English Carbon footprint) - the total emissions of all greenhouse gases are formed (directly and indirectly) as a result of the activities of an individual person, organization, city, country, etc. To simplify calculations, the amount of emissions of all greenhouse gases (water vapor, nitrous oxide, methane) is converted into CO<sub>2</sub> equivalent, that is, they calculate how much CO<sub>2</sub> gives the

same greenhouse effect as a certain amount of other greenhouse gas. A decarbonization strategy answers the question: If action should be initiated, international initiatives in the field of carbon regulation will create high-level technological and economic development. In 2015, the United Nations adopted the 17 Sustainable Development Goals (SDGs), also known as the Global Goals, as a universal call to action to reduce poverty, protect the planet and ensure that by 2030, all people live in peace and prosperity. The issues raised in this paper clearly correspond to one of them - the fight against climate change [1]. On the way to EU integration, the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of March 24, 2021 is important for Ukraine. No. 265

„On the establishment of a working group on the coordination of the approach to the application to Ukraine of the carbon adjustment mechanism at the border for consultations with the European Commission”.

**Analysis of publications by research topic.** In Ukrainian historiography, there are no special monographic or dissertation studies dedicated to the comprehensive study of decarbonization as a multilateral political mechanism of carbon regulation at the border („carbon borders”), the role of the complex in foreign policy at the current stage of the low-carbon economy. Scientific analysis of the role of decarbonization as a multilateral political mechanism of carbon regulation at the border („carbon borders”) at the current stage of the development of international relations should be regular, comprehensive and based on a wide documentary base. These problems were analyzed in domestic scientific works: M. V. Andrienko, V. S. Shako, A. I. Volkov, I. S. Varlamova, I. O. Lychenko, N. A. Malysh, A. A. Sadkov, M. B. Turchyn, O. V. Baluyeva, N. M. Chinkulyaka, A. V. Chugai, P. O. Fesyanova.

Andrienko M.V., Shako V.S. analyzed the adaptation of European practices regarding the implementation of state environmental policy at the regional level [1]. Baluyeva O.V., Chinkulyak N.M. carried out a cluster analysis of the territories of Ukraine according to indicators of anthropogenic loads on the surrounding natural environment [2].

I.S. Varlamova revealed theoretical approaches to defining the concept of "ecological safety" [3]. Volkov A.I. analyzed the prospects of using decision-making support systems for assessing and controlling the level of technogenic load on the environment [4].

Kirova M.O. analyzed the experience of foreign countries regarding the institutional provision of environmental safety: proposals for Ukraine [5].

Lychenko I.O. Environmental security problems of the temporarily occupied territories of Donetsk and Luhansk regions and the organizational and legal basis of their solution [6]. M. B. Turchyn analyzed environmental ethics in the paradigm of postmodernism [7]. Fesyanaov P.O. investigated state regulation of environmental safety at the regional level: the experience of European countries [8]. Chugai A.V. carried out an assessment of man-made load on environmental components of Odesa region [9].

In addition, among foreign researchers work on political and economic threats to environmental security, measures to stimulate technological and economic development, international initiatives in the field of carbon regulation by such authors as F. Cavalcanti, Michael Begon, Colin R. Townsend, John L. Harper. The problem of carbon energy in

the works of Ukrainian researchers is considered only fragmentarily. In connection with this, there is a need to summarize the available amount of knowledge on the problem, to draw appropriate scientific conclusions.

The term "decarbonization" is used as a broad general term, including its various nuances in the literature, low-carbon development and low-carbon transition are increasingly used to define sustainable transition processes. These mechanisms involve changing upstream and downstream aspects of energy systems, including coal and fossil fuel industries, energy-intensive sectors, buildings, transport and other service sectors.

Thus, decarbonization is a multifaceted concept that includes problems and solutions, biophysical and technological challenges, and multiple scales, locations, and levels of analysis and intervention [11, 20].

Expressions such as coal and carbon intensive regions (CCIRs) have been introduced to account for the multiple geographic, social, cultural and political aspects that characterize complex systems [10].

This, however, widens the number of actors to be considered as part of the decarbonization process, meaning extractive industries, carbon-intensive sectors and services, and local and imagined communities involved [17].

In addition, it clearly indicates the need for a systemic and interdisciplinary approach that jointly takes into account the various dimensions and participants involved in policy development and implementation [12].

Indeed, studies show how sectorality and lack of systemic awareness can lead to rebound effects and unintended feedbacks, such as those observed in the case of biofuel production or high-efficiency construction, in which local benefits can mean unintended social and environmental consequences [15].

On the contrary, different perspectives jointly emphasize how co-evolutionary interaction and coordination between ecological, technological and societal transformations are necessary to accelerate the transition [22].

Decarbonization has been studied from the perspective of: as part of socio-technical shifts towards clean energy systems [13, 16]; radical forms of change and socio-ecological reconfiguration [22]; changes in social representations [20], cultures and practices; and historical trajectories [13]. Decarbonization has also been studied in terms of the impact it can have on communities and individuals, either as a source of well-being and increasing the perception of (energy) justice [21]; or as a factor that divides communities [20]. In addition, changes in the energy system involve changes in the way of life, which affects a number of social problems: from

mobility (European Commission, 2007; European Commission, 2020) to gender relations [21], to public health [23] and well-being [19].

So the range of topics related to decarbonization is wide. Given their importance for policy and research, a comprehensive review of the scientific literature is needed to determine how the term has been defined and used, and to guide this field of research.

**The purpose of the study** is to analyze the role of decarbonization as a multilateral political mechanism of carbon regulation at the border.

**Selection of previously unresolved parts of the general problem.** The relevance of studying the state and prospects for the development of the decarbonization strategy, the impact of the problem on international relations, on the foreign policy of countries is due to several main reasons. First, decarbonization requires reducing greenhouse gas emissions in Ukraine, the US, and the EU by 2030. Investigating priority actions that will phase out fossil fuel use and replace it with a clean energy economy that is more efficient and better for health and well-being. The environmental policy strategy should determine not only the priority goals and directions, but also the appropriate measures and means of their implementation, taking into account the real state of the natural environment and trends in it, the needs of the socio-economic development of the country. is based on fundamental doctrinal provisions. This is the result of scientific research, which is related to the analysis of the essence of phenomena and processes, the clarification of regularities and trends.

Second, decarbonization efforts will require significant public investment in clean infrastructure and major changes in industrial policy. The effectiveness of the state environmental policy depends on the effectiveness of the tools for its practical implementation, including the relevant environmental legislation. Today, the environmental legislation of Ukraine, in order to become an effective tool and a prerequisite for the implementation of environmental policy, needs integration into society and the state at the level of reforming the system of relevant regulatory acts, which will be the subject of further research.

Thirdly, the task is to implement the Fit for 55 package of measures to achieve the EU's climate goals by 2030 on the way to climate neutrality. Reducing greenhouse gas emissions requires additional large-scale investments. Therefore, developing countries often perceive calls for the introduction of environmental technologies as a hidden policy of restraining their economic development. Since the signing of the UN Framework Convention on Climate Change in 1994, all the activities of the inter-

national community aimed at solving the problem of climate change can be divided into two stages: the Kyoto Protocol, which has actually ended, and a new stage of global action, which is determined by the conclusion of the Paris Agreement in 2015.

**The main results of the study.** The European Commission presented a document on the mechanism of the new European system of taxation of imported goods that leave a large carbon footprint (Control Border Adjustment Mechanism, CBAM) (the so-called „carbon border”).

O.N. Keohane, professor of international relations at Princeton University, and Jeff D. Colgan, associate professor at the Watson Institute of International Affairs at Brown University, identified Jeff D. Colgan in the article „Save the Environment, Save American Democracy”, in which it is determined that President Joe Biden announced the goal of sharply reducing greenhouse gas emissions by America 2030. The promise will be difficult to fulfill due to partisan polarization and a weak Democratic majority in Congress, but it is necessary to maintain a viable environment in the twenty-first century [16].

The carbon footprint consists of direct and indirect emissions. Direct emissions — the amount of CO<sub>2</sub> or other greenhouse gases emitted into the atmosphere from the territory of a specific enterprise, country, household, mainly during the burning of fossil fuels (oil products, gas, coal). It also includes heat and electricity consumption figures that are produced outside the enterprise or household. For an individual, direct emissions are calculated by determining how many trips a person makes on this or that type of transport (how much fuel is consumed), how much gas or coal needs to be spent (at the CHP or directly in the apartment) for heating the home, how much electricity is spent on the operation of appliances [25, p. 19]. Indirect emissions - the amount of CO<sub>2</sub> or other greenhouse gases emitted into the atmosphere during the production and transportation of products used by a specific person, company, or country. The amount of greenhouse gas emissions can only be calculated approximately, more or less accurate statistics can be collected only when calculating the amount of fossil fuel burned in industry, housing and public utilities, and in transport. Volumes of emissions from anthropogenic forest fires, decomposition of household waste cannot be determined precisely or cannot be calculated at all.

Decarbonization requires creative reforms. The US needs to take action to phase out fossil fuel use and replace it with a clean energy economy that is more efficient and better for people's health and well-being. Numerous reports demonstrate how technological advances have made this possible:

mass clean electrification (which is driving the EV revolution) is becoming possible. The green economy from hydrogen cars to ultra-low emission industrial processes is becoming a reality [36].

Decarbonization efforts will require significant public investment in clean infrastructure and major changes in industrial policy. However, it will also create millions of jobs in the installation of wind turbines, the modernization of buildings and the construction of new manufacturing facilities. The benefits of such green reindustrialization are huge, and the long-term economic costs are modest, especially compared to the cost of inaction [27].

Decarbonization as a climate policy is not only a domestic policy, it is also a foreign policy. For US environmental efforts to be successful, they must not threaten the global competitiveness of US industry or increase emissions from its trading partners. Thus, climate policy must be multifaceted, allowing the world to take bold steps toward decarbonization.

The goal of achieving EU carbon neutrality by 2050 was announced by the President of the European Commission, Ursula von der Leyen, in September 2019. This event was preceded by the commitment of the EU countries, as well as the strategy of transition to a carbon neutral economy adopted in November 2018. It is obvious that the ambitious tasks of decarbonization affect European producers of the most carbon-intensive industries - energy, metallurgy, chemical, oil refining and others.

While domestic policy goals are often at odds with foreign policy goals, this is not the case with climate policy. They have a historic opportunity to simultaneously help save the planet, strengthen social solidarity and strengthen ties with their allies in Europe and Asia [30].

In the period from 1947 to 2017 US trade policy was aimed at reducing protectionist barriers both domestically and globally. This goal was achieved first through mutual trade agreements and then through international institutions such as the General Agreement on Tariffs and Trade and the World Trade Organization. A fundamental rule of the GATT (General Agreement on Tariffs and Trade) and the WTO is non-discrimination: foreign supplies cannot be treated differently than domestic suppliers. The European Union has historically been a major proponent of free trade, but its approach to climate change is now forcing it to reverse course. In July 2021, the European Commission proposed a path that would make it the world's first economic bloc to achieve zero greenhouse gas emissions by 2050. *The plan, called the European Green Deal (2020)*, involves a major overhaul of EU laws and regulations in eight key policy areas, targeting €1 trillion in climate-related investment. It will also

expand the EU's carbon market, known as the European Union Emissions Trading Scheme [33].

The European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS) requires industry in the European Union to buy carbon credits to offset their emissions, and for the first time now a significant price of around €55 per ton of carbon is charged for greenhouse gas emissions. The Commission can act independently, but important measures will require the approval of the European Council and member state governments.

The Control Boundary Adjustment Mechanism (CBAM) focuses on industries that are major sources of carbon emissions, and its penalties will only apply to countries that do not have comparable domestic carbon fees to offset the cost of carbon and foreign producers. If it is adopted unilaterally, it will face objections under WTO rules. The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) held high-level meetings to bring a cross-border carbon tax (CBAM) into line with WTO rules. Those meetings revealed significant differences, including objections from the Biden administration.

The Carbon Cross-Border Adjustment (CBAM) program, which is being implemented unilaterally by the US, will face the same challenges as the EU. Both policies cause enormous political resistance from trading partners and suffer from the economic inefficiency of tariffs. However, multilateral CBAM is attractive. Thus, the initiatives of the EU and the OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) provide the USA with a historic opportunity.

If the US were to adopt CBAM with the agreement of the European Union, it would exempt the EU from any sanctions and provide strong incentives for other countries. The combination of the US and EU CBAM, implemented in coordination with each other, also encourages China and other countries to take their own measures to lower carbon prices to avoid paying US and EU tariffs.

The effectiveness of CBAM (Control Border Adjustment Mechanism, CBAM) is evidenced by several important events. Under the leadership of Prime Minister Yoshihide Suga in 2020-2021, Japan reaffirmed its commitment to the climate, pledging to cut emissions by 46 percent by 2030 and reach zero emissions by 2050. On July 16, China opened its own carbon trading market as part of a new national emissions trading system. Ukraine China prices remain low, but the EU's ETS (Greenhouse Gas Trading System) also starts at low prices, and carbon credits have become more expensive over time. emissions, the more attractive the global CBAM implementation initiative should be.

SWAM has differences from STV. The EU ETS is the world's first international emissions trading system and the EU's leading policy on climate change. It sets limits on greenhouse gas emissions by industrial enterprises by industry. Quotas must be purchased on the STV market; a number of free allowances are also allocated to prevent carbon leakage. This system has proven to be effective in reducing the risk of leakage, but it also reduces the incentive to invest in greener production in the EU and abroad. CBAM will gradually become an alternative to this system. At the same time, according to the new version of the ETS proposed by the Commission, the number of free allowances for all sectors will eventually decrease, making the ETS the most effective in achieving the EU's ambitious climate goals. Starting in 2026, free allowances will be phased out for CBAM sectors. In addition to the ETS, CBAM will be based on the purchase of emission compensation certificates for products imported into the EU. However, CBAM differs from STV in that it does not aim to "cap and sell". Prices of CBAM certificates will correspond to STV prices.

To ensure a level playing field for European and non-European companies, when the CBAM enters into full force in 2026, the system will be adjusted in line with the updated EU ETS, for example by reducing the number of free allowances available in the sectors covered by the CBAM. This means that the CBAM will apply to products gradually and in direct proportion to the reduction of free allowances allocated to these sectors under the ETS, until the free allowances are completely abolished in 2035. CBAM will only apply to the part of emissions not covered by free allowances under the ETS. EU ETS, which will ensure equal treatment of EU importers and producers.

A decarbonization agenda as a domestic climate policy, combined with measures to encourage other countries to adopt similar policies, could help Washington regain global leadership. However, US polarization has weakened foreign policy. The decarbonization movement can help create a sense of purpose for a broad political coalition that will last from election to election. This, in turn, will help restore a sense of national solidarity: by creating well-paid green jobs and rebalancing the social contract between the rich and the working class. This is aimed at preserving the climate and reducing inequality [24].

On the way to decarbonizing the US, the Biden administration faces serious obstacles in Congress. Thus, the multi-faceted mechanism of regulation of carbon limits, which is necessary for decarbonization, is difficult to reconcile. However, emergency situations (forest fires and floods in the USA, similar situations in China and Germany) illustrate the

destructiveness of the climate catastrophe. That is why, thanks to the implementation of a multilateral pro-climate policy regarding decarbonization, Biden will achieve three main goals: preserving the world's environment, strengthening US global leadership, and strengthening American democracy.

Decarbonization as a climate policy is analyzed in Central Asia the WECOOP (European Union - Cooperation on Water, Environment and Climate Change, WECOOP) newsletter, which regularly contains brief information on changes in EU policy and legislation, as well as new reports and research. published by the European Environment Agency and other specialized agencies [34].

Special attention in the „Fit for 55” package of measures is paid to the carbon border adjustment mechanism (CBAM), which determines the achievement of the EU's climate goals by 2030 on the way to climate neutrality. This is especially important for other countries. The „Fit for 55” package will accelerate the process of reducing greenhouse gas emissions over the next ten years. Its proposals include applying the Emissions Trading Scheme (ETS) to new sectors of the economy and strengthening existing ETS requirements, greater use of renewable energy sources, increased energy efficiency, and accelerated adoption of low-emission and essential vehicles. infrastructure, fuel, bringing tax policy into line with the goals of the European Green Deal. The package provides for the formation of tools for the preservation of natural carbon sinks [36].

The decarbonization agenda proposes a new Social Climate Fund to provide targeted funding to member states, which in turn can help their citizens invest in energy efficiency, new heating and cooling systems and cleaner vehicles. The Social Climate Fund will be financed from the EU budget in the amount of 25% of the expected revenues from emissions trading in the residential and automotive sectors. Between 2025 and 2032, member states will receive €72.2 billion in targeted adjustments to the Multiannual Financial Development Program. If equal funding is provided by member states, the Fund will be able to mobilize €144.4 billion to ensure a socially just transition. The benefits of immediate action to protect people and the planet are clear: cleaner air, cooler and greener cities, healthier citizens, lower energy consumption and lower bills, new jobs, technology and manufacturing opportunities, more space for nature and a healthier planet for generations to come. The task of the green transition is to ensure general access to benefits and opportunities [36].

Fit for 55 package is a socially just transition to reduce average emissions for new cars by 55% by 2030 and 100% by 2035 compared to 2021, making

all new cars registered after 2035 zero-emissions. To ensure drivers can charge or refuel their cars across Europe, the new version of the Alternative Fuels Infrastructure Regulation requires Member States to expand the network of charging stations to zero sales of zero-emission cars by equipping charging devices and filling stations on main roads - charging stations every 60 kilometers and hydrogen filling stations every 150 kilometers.

As part of the ReFuel initiative EU Aviation fuel suppliers will have to increase the proportion of clean fuels in aviation fuel used at EU airports, including low-carbon synthetic fuels known as e-fuels. Similarly, the Fuel initiative EU Maritime will stimulate the adoption of clean, zero-emission marine fuels and technologies by setting a limit on the greenhouse gas content of the energy used by ships calling at European ports.

The energy taxation system should protect and improve the single market, as well as support the „green” transition by creating the right incentives [36].

The revision of the Energy Taxation Directive proposes to bring the energy taxation system in line with the EU's energy and climate policy by promoting the use of clean technologies and abolishing outdated benefits and reduced rates, which today only encourage the use of fossil fuels [26].

The updated EU Emissions Trading Scheme (ETS) sets annual carbon prices and lowers emission limits in certain sectors of the economy. Over the past 16 years, emissions in the power industry and energy-intensive industries have decreased by 42.8%. The European Commission proposes to further reduce the emission limits and increase the annual rate of reduction. The Commission also proposes to phase out free emission allowances in the aviation sector, to align it with the Global Carbon Offsetting and Reduction System for International Aviation (CORSA), as well as to include the shipping sector in the EU ETS for the first time. To address the problem of insufficient emission reductions in the automotive and residential sectors, a new, separate EU Emissions Trading Scheme (ETS) was created to allocate fuels in these sectors.

Ukraine is also taking measures to decarbonize its economy, confirming its desire to move towards European integration and achieve carbon neutrality by 2060. It undertook to achieve carbon neutrality on the way to the EU. The Minister of Ecology and Natural Resources of Ukraine, Roman Abramovsky, spoke about Ukraine's goals at the UN Climate Change Conference COP 26 (World Environmental Forum) UNFCCC (Framework Convention on Climate Change) in October 2021. The UN Conference on Climate Change (COP 26), which took place in Glasgow from October 31 to November 12, 2021,

called for defending its own national interests and providing Ukraine with calculations of greenhouse gas emissions in Crimea and the temporarily occupied territories of Donetsk and Luhansk regions in relation to climate goals, outlined in the updated national Paris Agreements with a defined contribution. The conference ended with a „compromise” agreement on climate change. It was determined that all states should demonstrate readiness to achieve mitigation of the consequences of global warming, expand alternative projects aimed at protecting nature and developing an ecological approach to agriculture [29].

Action plans of Ukraine regarding the financing of the national defined contribution project (HBB 2 - Hemoglobin subunit beta -2, HBV 2) [35] to the Paris Agreement; access to global climate financing to achieve the goals of the Paris Agreement (WB 2); presentation of the Ukrainian climate monitoring system (monitoring, reporting and verification), which has already started work and is the first step towards the launch of the greenhouse gas emissions trading system - an economic tool for stimulating emissions reduction; creation of the Ukrainian Climate Fund and launch of the climate monitoring system; creation of marine protected areas in Antarctica. "Ukraine supports the creation of a marine protected area in the East Antarctica [35]. The round table in 2023 organized by the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine was attended by representatives of public organizations. The task was set to build a comprehensive state monitoring of the environment, which would not only meet the requirements of the EU, but also satisfy the demands of society.

However, this is only one aspect of the preservation of these ecosystems. The second nationally defined contribution (HBB 2 – Hemoglobin subunit beta -2, HBV 2) of Ukraine to the Paris Agreement declares ambitious goals – to reduce greenhouse gas emissions by 35% by 2030 compared to 1990. The Ukrainian Climate Fund appeared in 2023. At the time of its launch, the fund provided about UAH 8 billion of its own funds. Ukraine created a decarbonization fund to reduce carbon emissions. From January 1, 2024, the State Fund for Decarbonization and Energy-Efficient Transformation became operational in Ukraine. It will be filled by using the environmental tax on CO<sub>2</sub> emissions paid by industrial enterprises. Fund funds will be used to support energy efficiency projects and the use of renewable energy sources. This will allow Ukraine to reduce carbon emissions and become a more ecologically clean country. This is an important step for Ukraine, because it corresponds to European principles and will contribute to the recovery of the economy.

According to the information published on the



official website of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine at the link: <http://surl.li/ppkle>, within the International Conference "United for Justice. United for Nature" in October 2023, the Climate Office was opened. On the official website of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, you can find a number of news about the activities and work of the Ukrainian Climate Office (hereinafter-UKO), for example, at these links: <http://surl.li/qfizn>, <http://surl.li/qfiz>, <http://surl.li/qfizx>. The EPL welcomes the creation of the Ukrainian Climate Office as a step towards Ukraine's fulfillment of its international, in particular, European integration obligations in the field of climate change. However, due to the fact that in public access we were not able to get acquainted with any regulatory or other acts on the creation of the Ukrainian Climate Office, with the official website of the Ukrainian Climate Office, acts of the Ministry of Environment or the CMU, which would allow us to establish in which in which institutional or organizational form this office was created, what is its status, how does this office interact and correlate with the central bodies of executive power, what are the financing mechanisms for its activities, key goals and tasks facing it, we sent an information request to the Ministry of Environment with a number of questions So, what is the newly created UKO. UKO was created within the framework of the „Capacities 4 Climate Action” project (in English, „Capacities 4 Climate Action”, hereinafter - the C4CA project). One of the main tasks of the C4SA project is the development of potential in the field of climate protection in Ukraine. It is important that the direct tasks of the C4SA project include the creation of an independent „Ukrainian climate office” - an independent center of excellence. Regarding the legal basis of project implementation, C4SA was launched on the basis of the decision of the European Union and the Federal Ministry of Economy and Climate Protection of Germany (BMWK). In response to the question about the institutional and/or organizational form in which the UKO was created, we were given the following answer: The Ukrainian Climate Office is created on a project basis and is implemented by the C4SA project (current status is a project office). Research is currently being conducted on the possible legal forms of a new legal entity, which should act independently to determine the optimal organizational and legal form of the Ukrainian Climate Office. The Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine is a beneficiary of the C4SA project.

The goals and objectives of the C4SA project are to strengthen the potential of state and municipal structures, business and non-governmental organiza-

tions/civil society organizations in the field of climate protection in Ukraine by providing cross-sectoral services. Regarding the financing mechanisms of UKO, the C4CA project is co-financed by the European Union and the German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Protection (BMWK). The German part is financed by the International Climate Initiative (IKI).

Ukraine is focusing on the development of new technologies that will help humanity achieve climate neutrality by 2060. However, according to Stanislav Zinchenko, director of the GMK Center, CBAM will apply to all goods exported to the EU that use electricity. Ukrainian metallurgists who export their products to the European Union will lose 500 million euros per year due to CBAM (Control Border Adjustment Mechanism), a new European system of taxation of imported goods that leave a large carbon footprint). At the conference „Trade Wars: The Art of Defense”, organized by the law firm „Ilyashev and Partners”, it was noted that CBAM will affect everyone sooner or later, although the introduction of this tax was foreseen only for the import of a limited number of goods (cast iron, steel, aluminum, cement, some chemicals, fertilizers). However, it was planned that in the next 2-5 years, the norm will apply to all goods that use electricity in their production or are transported with emissions. As a result of the conference proposals, the Science-Based Targets initiative provides businesses with a clearly defined path to reducing greenhouse gas emissions in line with the Paris Agreement standards (limiting global warming below 2°C compared to pre-industrial temperatures, but aiming to stay below 1.5°C). Science-Based Targets (SBT) add value because they help companies evaluate scenarios and whether they can realistically accomplish them. As the Net 0 program meets all science-based goals, ESG reporting is defined among stakeholders and shows that environmental impacts are successfully reduced over time.

Since the damage to the environment from the war is significant, the climate policy of Ukraine cannot „wait” until the end of the war. It is important to form and plan for the period of its reconstruction in modern conditions. Yes, during the 555 days of the war in our country, CO<sub>2</sub> emissions reached 150 million tons. Of these, 60 million tons were caused by fires and military activities. Climatic problems lead to the "extinction" of territories. The economic losses of the world may reach 120-600 trillion dollars by 2100. The Minister of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, Ruslan Strelets, determined that it is almost like the square of Montenegro. For Ukraine, an effective climate policy is a matter of movement towards the EU and green reconstruction. Therefore,

priority steps that bring the country closer to these goals have already been determined. Among the launched practical processes, he noted: updating and improving the national system for monitoring reporting and verification of greenhouse gas emissions; a pilot emissions trading system is planned to start in 2025 with a full launch in 2026. This will allow the country to join the European ETS. President Volodymyr Zelenskyi determined that the government sees Ukraine as climate neutral in the future. For this, it is necessary to implement national policy in conditions of war. Reconstruction of Ukraine is not only about what we have to do after our victory, but also about what needs to be done in today's conditions. At the first coordination meeting of international donors and representatives of projects in the field of climate protection in January 2024, the following projects were presented: „Potential for Climate Action (C4CA)” (Ukrainian Climate Office) GIZ, GIZ STV Project, European Climate Foundation in Ukraine, Office of the Transition to green economy (GETO), the CIVITTA project, as well as the „Agreement of Mayors-East” project.

The impact assessment of CBAM was determined in September 2020, when the first mechanisms were created, that Ukrainian exporters will lose 570 million euros per year. Of them, 95% of the amount will be paid by metallurgists and energy companies. In a second round of calculations in April 2021, when more details were available, their center built a model for the steel industry. About 200 million euros per year for metallurgy alone [32].

From October 2023 to December 31, 2025, the transitional period of SVAM applies. In 2023, the European Parliament approved it. This requires EU importers to start reporting the emissions embedded in the EMS products they import. Failure to comply with the requirements of the Regulation entails the imposition of fines, followed by a ban on trade in the EU. As a result of the proposals, the advantages of a business that uses the SVAM mechanism are determined: to improve the reputation through the mechanism of attention of environmentally conscious customers; ensuring a competitive advantage as campaigns become more aggressive in the market; to join global initiatives, since participation in the mechanism of SVAM supports global efforts in the fight against climate change [25].

The very content and scope of the concept of „international ecological security” arose, developed and received wide application in international politics only in the second half of the 20th century. as a result of the rapid economic and technological development of mankind after the Second World War. It is very important to emphasize that the subject of analysis itself has been constantly changing, which

is noticeable in one of its aspects (climate security), which, as is known, has changed significantly in a negative direction over the past 50 years. There were justified fears and the objective need to eliminate negative consequences for human civilization, especially in the field of ecology, and perhaps for the very existence of humanity, required a reassessment of the scale of the threat [35].

The US government allocated \$3.5 billion in 2023 to clean the atmosphere from carbon Technology that can affect climate change turned out to be too expensive The US government provided grants for \$3.5 billion to build plants for carbon capture and storage, and also increased the tax credit up to \$180 per ton to support the technology (Climate Home News). It is a global effort to help stop climate change through direct carbon capture (DAC).

So, in Great Britain, the government has allocated about \$124 million for carbon capture, while \$12 billion has been allocated to stimulate demand for personal and commercial electric vehicles. The US plans to support four hubs. Their competition consists of two large projects of the oil company Occidental Petroleum. They have the potential to meet the US government's target of one million tons per year.

In 2024, 10 EU countries undertook to decarbonize the energy sector by 2035. Analysis by campaign group Beyond Fossil Fuels found that only four of the 10 EU countries that plan to phase out fossil fuels by 2035 or earlier have committed to replacing coal and gas with renewables. Other countries rely on inappropriate electricity generation technologies. Only Austria, Denmark, Lithuania and Luxembourg plan to replace coal and gas with RES. Belgium, France, Germany, Greece, Italy and the Netherlands have also committed to decarbonizing their energy sector by 2035.

Portugal, Sweden and Romania have similar obligations, but not adhere to this one give. Although they could increase the number of decarbonized energy capacities of the EU to 70%. Beyond Fossil Fuels emphasized that specific national commitments are the first step in transforming Europe's energy sector. After all, it provides clear signals to industry and the financial sphere about the direction of the energy transition. Meeting the 2035 time horizon is only part of the challenge.

Prospects for further research. It is important to analyze: will the appropriate carbon control mechanism be applied only to certain industries (for example, cement and metallurgy) or to the entire industrial production? What form will CBAM take? Will it be introduced as a special tax, or will it be included in the existing Emissions Trading Scheme (ETS)? Will the EU be able to develop an objective methodology for calculating the carbon footprint of

industrial products? Does the presence of an ETS - like emissions trading scheme in the country of origin exempt CBAM from use? What are the minimum standards for emissions trading schemes outside the EU? Does the introduction of CBAM mean a complete end to free FTAs for industries? What needs to be done to ensure that CBAM complies with the EU's obligations under international economic law, WTO requirements, the EU's bilateral trade agreements with third world countries and international environmental agreements that provide for „common but differentiated responsibilities” in the fight against climate change?

Exploring the issue demonstrates the importance of interdisciplinarity by pointing to the wide range of disciplines involved in decarbonization research. Moreover, the need for transdisciplinarity and systemic approaches [18] has been emphasized in such research to contribute to policy implementation that takes into account different institutions and actors (e.g. experts, lay people, stakeholders sides) and the parameters involved. In addition, this paper offers various ideas for future research. For example, the need to consider environmental events and policy agendas alongside changes in scientific fields to understand further levels of explanation for changes in the use and meaning of scientific terms such as decarbonization.

**Conclusions.** Stopping the next wave of emissions is entirely possible if developed and developing countries show leadership in addressing this problem. Many emerging market economies are ready to adopt climate change mitigation policies: Of the roughly two dozen countries identified as having the potential for high rates of emissions growth, half have proposed net-zero targets by mid-century. Indonesia intends to introduce a modest carbon tax on coal-fired power plants, and Mexico and South Africa already have carbon taxes in place.

China completed the creation of a national emissions trading system for power plants, Kazakhstan established its own emissions trading regime. Ethiopia has released an economic strategy that prioritizes "green" development, including plans to expand the supply of electricity from renewable sources and restore the country's forests.

It is well-founded that decarbonization as a climate policy is not only an internal policy, it is also a foreign policy. For US environmental efforts to be successful, they must not threaten the global competitiveness of US industry or increase emissions from its trading partners. Thus, climate policy becomes multifaceted, allowing the United States and the world to take bold steps toward decarbonization.

It has been proven that the carbon capping mechanism (CBAM) developed by the EU Green Deal has obstacles and commercial risks during its implementation. The challenge is to reduce America's greenhouse gas emissions by 2030. Investigating priority actions that will phase out fossil fuel use and replace it with a clean energy economy that is more efficient and better for people's health and well-being. Decarbonization efforts are driving significant public investment in clean infrastructure and major changes in industrial policy.

The task is to implement the Fit for 55 package of measures to achieve the EU's climate goals by 2030 on the way to climate neutrality. The goal is to achieve carbon neutrality of the EU. Carbon targeting instruments generate revenue that can be reinvested in driving innovation, economic growth and investment in clean technologies.

Ukraine is also taking measures to decarbonize the economy. The government is developing new technologies that will help humanity achieve climate neutrality by 2060.

### Bibliography

1. UNDP (2017). *The SDGs in action*. Mode of access: <https://www.undp.org/ukraine/sustainable-development-goals>
2. Baluyeva O.V., Chinkulyak N.M. Cluster analysis of territories of Ukraine according to indicators of anthropogenic loads on the surrounding natural environment. *Efficient economy*, 2013. No. 12. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/op=1&z=2574>
3. Varlamova I.S. Theoretical approaches to defining the concept of "ecological safety". *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences"*, 2017. No. 23 (2). P. 161–164.
4. Волков А. І. (Перспективи використання систем підтримки прийняття рішень щодо оцінки та контролю рівня техногенного навантаження на довкілля. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*, (20), 2019, 32-41. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-20-03>
5. Kirova M.O. *Experience of foreign countries regarding institutional provision of environmental safety: proposals for Ukraine. Balanced nature management*. 2018. No. 1. P. 158–165.
6. Lychenko I.O. *Environmental security problems of the temporarily occupied territories of Donetsk and Luhansk regions and the organizational and legal basis of their solution*. *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series "Legal Sciences"*. 2016. No. 845. P. 279–284.
7. Turchyn M.B. *Ecological ethics in the paradigm of postmodernism: autoref. thesis... candidate Philos. Sciences: 09.00.07 / Myroslava Bogdanivna Turchyn; Institute of Philosophy named after H.S. Skovorody of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Kyiv, 2014. 16 p.

8. Fesyaynov P.O. State regulation of environmental safety at the regional level: experience of European countries. URL: <http://academy.gov.ua/ej/ej13/txts/Fesyaynov.pdf>
9. Chugai A.V. Assessment of man-made load on environmental components of Odesa region. *Environmental sciences*. 2020. Issue 28. P. 102–110.
10. Allen M., Bird S., Breslow S., Dolak N. Stronger together: strategies to protect local sovereignty, ecosystems, and place-based communities from the global fossil trade mar. *Pol.*, 80, 2017, pp. 168-176.
11. Bridge G., S. Bouzarovski, M. Bradshaw, N. Eyre. Geographies of energy transition: space, place and the low-carbon economy. *Energy Pol.*, 53, 2013, pp. 331-340.
12. Fazey I., Schpke N., Caniglia G., Hodgson A., Kendrick I., Lyon C., et al. 2020 Transforming knowledge systems for life on Earth: visions of future systems and how to get there. *Energy Res. Soc. Sci.*, 70, 2020.
13. Geels FW, Sovacool B, Schwanen T, Sorrell S. Sociotechnical transitions for deep decarbonization. Accelerating innovation is as important as climate policy. *Science*, 357, 2017, p. 1242-1244
14. Grubler A. Energy transitions research: insights and cautionary tales *Energy Pol.*, 50, 2012, pp. 8-16.
15. Herring, H. National construction funds: solution problems consumption energy or decarbonization? *To build rez. Inf.*, 37, 2009, p. 192-195.
16. Keohane Robert O., Jeff D. Colgan. *Save the Environment, Save American Democracy How a Pro-Climate. Vision Can Strengthen America's Social Fabric // Foreign Affairs*. September 20, 2021. <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2021-09-20/save-environment-save-american-democracy>
17. Lempiinen H. *Arctic Energy and Social Sustainability*. Palgrave Macmillan, London (2019).
18. Norton LS (De). Constructing bridges for development and innovation: intercultural concerns regarding ICT4D *Am. Behav. Sci.*, 64 (2020), p. 1921.
19. Richardson J., A. Nichols, T. Henry. Do transition towns have the potential to promote health and well-being? A health impact assessment of a transition town initiative *Publ. Health*, 126 (2012), pp. 982-989,
20. Sarrica M., Richter, M., Thomas S., Graham I., Mazzara B.M. (2018a). Social approaches to energy transition cases in rural areas Italy, Indonesia and Australia: iterative methodologies and participatory epistemologies. *Energy Res. Soc. Sci.*, 45 (2018), pp. 287-296. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.07.001>
21. Sovacool, B.K., Martiskainen, M., Hook, A. et al. (2019). Decarbonization and its discontents: a critical energy justice perspective on four low-carbon transitions. *Climatic Change*, 155, 581–619. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02521-7>
22. Tabara J.D., Pahl-Wostl C. Sustainability learning in natural resource use and management. *Ecol. Soc.*, 12, 2007.
23. Weinstein MP, R. Eugene Turner. 2013. The global sustainability transition: it is more than changing light bulbs. *Sustain. Sci. Pract. Pol.*, 9 (2013), pp. 4-15.
24. Yang Y., D. Tilman. 2020. Soil and root carbon storage is key to climate benefits of bioenergy crops. *Biofuel Res. J.*, 26 (2020), pp. 1143-1148.
25. *The European Green Course and the climate policy of Ukraine: analyst. add. / with. P. Ivanyuta, L. M. Yakushenko; in general ed. A. Yu. Smenkovskiy*. Kyiv: NISD, 2022. 95 p.
26. Ineshu Acevedo, Michael R. Davidson, Jesse D. Jenkins, Valerie J. Karplus, David G. Victor (2020). How technology can save the planet. *Foreign affairs*. <https://www.foreignaffairs.com/world/paths-net-zero>
27. Michael Begon, Colin R. Townsend, John L 2006. *Harper. Ecology: from individuals to ecosystems*. – Wiley-Blackwell, 738.
28. *Climate change: Impacts on Japan / Nature Publishing Group*. Mode of access: <https://www.natureasia.com/ja-jp/advertising/sponsors/climate-change>.
29. *Framework Convention on Climate Change / UN*. Paris, 2015. 12.12. – FCCC / CP /2015/ L 9. 42 p. Mode of access: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/10r.pdf> (Date of circulation – 10.03.2016.)
30. Cavalcanti F. (2018). The main contradictions between countries in new climate agreement development / *Journal of Public Economics* 165 p. 201–216.
31. Cop26 <https://ecopolitic.com.ua/news/abramovskij-rozpoviv-pro-cili-ukraini-na-klimatechnij-konferencii-cop26-2/Ecopolitic.com.ua>
32. About "Goals of sustainable development of Ukraine for the period up to 2030": Decree of the President of Ukraine dated September 30, 2019, No. 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/722/2019>
33. IPCC, Fifth Assessment Report, Climate Change, 2013-2014, vol. 1-3. [Electronic resource] / UNEP 2014. *The Adaptation Gap Report 2014*. United Nations Environment Program (UNEP), Nairobi, 88 pp.
34. Wecoop (2021). <https://wecoop.eu> <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/>
35. HBB2 - Hemoglobin subunit beta-2. UniProt <https://www.uniprot.org/>
36. *European-green-deal*. (2020). [https://european-green-deal/delivering-european-green-deal\\_en](https://european-green-deal/delivering-european-green-deal_en)

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

#### References

1. UNDP (2017). *The SDGs in action*. Available at: <https://www.undp.org/ukraine/sustainable-development-goals>

2. Baluyeva O.V., Chinkulyak N.M. (2013). Cluster analysis of territories of Ukraine according to indicators of anthropogenic loads on the surrounding natural environment. *Efficient economy*. 12. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/op=1&z=2574>
3. Varlamova I.S. (2017). Theoretical approaches to defining the concept of "ecological safety". *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences"*. 23(2), 161–164.
4. Volkov, A.I. (2019). Prospects for Using of Decision Support Systems for Assessment and Control of Technogenic Pressure on the Environment. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (20), 32-41. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-20-03>
5. Kirova M.O. (2018). Experience of foreign countries regarding institutional provision of environmental safety: proposals for Ukraine. *Balanced nature management*. 1, 158–165.
6. Lychenko I.O. (2016). Environmental security problems of the temporarily occupied territories of Donetsk and Luhansk regions and the organizational and legal basis of their solution. *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series "Legal Sciences"*. 845, 279–284.
7. Turchyn M.B. (2014). *Ecological ethics in the paradigm of postmodernism: autoref. thesis... candidate Philos. Sciences: 09.00.07. Myroslava Bogdanivna Turchyn; Institute of Philosophy named after H.S. Skovorody of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Kyiv, 16.
8. Fesyanyov P.O. State regulation of environmental safety at the regional level: experience of European countries. URL: <http://academy.gov.ua/ej/ej13/txts/Fesyanyov.pdf>
9. Chugai A.V. (2020). Assessment of man-made load on environmental components of Odesa region. *Environmental sciences*. 28, 102–110.
10. Allen M., Bird S., Breslow S., Dolak N. (2017). Stronger together: strategies to protect local sovereignty, ecosystems, and place-based communities from the global fossil trade mar. *Pol.*, 80, 168-176.
11. Bridge G., Bouzarovski S., Bradshaw M., Eyre N. (2013). Geographies of energy transition: space, place and the low-carbon economy. *Energy Pol.*, 53, 331-340.
12. Fazey I., Schpke N., Caniglia G., Hodgson A., Kendrick I., Lyon C., et al. (2020). Transforming knowledge systems for life on Earth: visions of future systems and how to get there. *Energy Res. Soc. Sci.*, 70.
13. Geels F.W., Sovacool B., Schwanen T., Sorrell S. (2017). Sociotechnical transitions for deep decarbonization. *Accelerating innovation is as important as climate policy*. *Science*, 357, 1242-1244.
14. Grubler A. (2012). Energy transitions research: insights and cautionary tales. *Energy Pol.*, 50, 8-16.
15. Herring, H. (2009). National construction funds: solution problems consumption energy or decarbonization? *To build rez. Inf.*, 37, 192-195.
16. Keohane Robert O., Jeff D. Colgan. *Save the Environment, Save American Democracy How a Pro-Climate (2021). Vision Can Strengthen America's Social Fabric*. *Foreign Affairs*. September 20. <https://www.foreignaffairs.com/articles/umited-states/2021-09-20/save-environment-save-american-democracy>
17. Lempiinen H. (2019). *Arctic Energy and Social Sustainability*. Palgrave Macmillan, London, 29.
18. Norton L.S. (De) (2020). Constructing bridges for development and innovation: intercultural concerns regarding ICT4D *Am. Behav. Sci.*, 64, 1921.
19. Richardson J., Nichols A., Henry T. (2012). Do transition towns have the potential to promote health and well-being? A health impact assessment of a transition town initiative. *Publ. Health*, 126, 982-989.
20. Sarrica M., Richter, M., Thomas S., Graham I., Mazzara B.M. (2018). Social approaches to energy transition cases in rural Italy, Indonesia and Australia: Iterative methodologies and participatory epistemologies. *Energy Research & Social Science*, 45, 287-296. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.07.001>
21. Sovacool, B.K., Martiskainen, M., Hook, A. et al. (2019). Decarbonization and its discontents: a critical energy justice perspective on four low-carbon transitions. *Climatic Change*, 155, 581–619. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02521-7>
22. Tàbara J. David, Pahl-Wostl Claudia (2007). Sustainability learning in natural resource use and management. *Ecology and Society*, 12, 2. <https://www.jstor.org/stable/26267889>
23. Weinstein M.P., Turner R. Eugene (2013). The global sustainability transition: it is more than changing light bulbs. *Sustain. Sci. Pract. Pol.*, 9, 4-15.
24. Yang Y., Tilman D. (2020). Soil and root carbon storage is key to climate benefits of bioenergy crops. *Biofuel Res. J.*, 26, 1143-1148. <https://doi.org/10.18331/BRJ2020.7.2.2>
25. *The European Green Course and the climate policy of Ukraine (2022): analyst. add. with. P. Ivanyuta, L. M. Yakushenko; in general ed. A. Yu. Smenkovskiy*. Kyiv: NISD, 95.
26. Ineshu Acevedo, Davidson Michael R Jenkins., Jesse D., Karplus Valerie J., Victor David G. (2020). How technology can save the planet. *Foreign affairs*. Available at: <https://www.foreignaffairs.com/world/paths-net-zero>
27. Begon Michael, Townsend Colin R., Harper John L. (2006). *Ecology: from individuals to ecosystems*. Wiley-Blackwell, 738.
28. *Climate change: Impacts on Japan*. Nature Publishing Group. Available at: [https://www.natureasia.com/ja-  
jp/advertising/sponsors/climate-change](https://www.natureasia.com/ja-<br/>jp/advertising/sponsors/climate-change).
29. *Framework Convention on Climate Change*. UN. Paris, (2015). 12.12. FCCC/CP/2015/L9. 42. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/10r.pdf>
30. Cavalcanti F. (2018) The main contradictions between countries in new climate agreement development / *Journal of Public Economics* 165, 201–216.

31. Cop26. Available at: <https://ecopolitic.com.ua/news/abramovskij-rozpoviv-pro-cili-ukraini-na-klimatechnij-konferencii-cop26-2/Ecopolitic.com.ua>
32. About "Goals of sustainable development of Ukraine for the period up to 2030" (2019): Decree of the President of Ukraine dated September 30, 722/2019. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/722/2019>
33. IPCC, Fifth Assessment Report, Climate Change, 2013-2014, 1-3. UNEP 2014. The Adaptation Gap Report 2014. United Nations Environment Program (UNEP), Nairobi, 88.
34. Wecoop (2021). Available at: <https://wecoop.eu> <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/>
35. HBB2 - Hemoglobin subunit beta-2. UniProt. Available at: <https://www.uniprot.org/>
36. European-green-deal. (2020). Available at: [https://european-green-deal/delivering-european-green-deal\\_en](https://european-green-deal/delivering-european-green-deal_en)

## Декарбонізація як багатосторонній політичний механізм регулювання

**Олег Батрименко**<sup>1</sup>

д. політ. н., професор,

<sup>1</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
вул. Володимирська, 60, Київ, 01033, Україна;

**Дмитро Чомко**<sup>1</sup>

к. геол. н., доцент;

**Олег Ткач**<sup>1</sup>

д. політ. н., професор

Стаття присвячена аналізу поточного стану і перспективам проекту декарбонізації та його роль у зовнішній політиці в процесі створення системи торгівлі викидами та механізму нової європейської системи оподаткування імпортованих товарів, що залишають великий вуглецевий слід (Control Border Adjustment Mechanism, CBAM) (так званий «вуглецевий кордон»). Проблематика, порушена в даній роботі відповідає цілям сталого розвитку (SDGs), а саме: боротьба зі зміною клімату (13 ціль), які були ухвалені Організацією Об'єднаних Націй у 2015 році як універсальний заклик до дій щодо скорочення бідності, захисту планети та забезпечення того, щоб до 2030 року усі люди жили в мирі і достатку. Проаналізовано, що інституції ЄС (Комісія, Рада чи Європейський парламент) найбільше вплинули на організаційну структуру торгівлі викидами Європейського Союзу (STV). Метою дослідження є аналіз ролі декарбонізації як багатостороннього політичного механізму регулювання вуглецю на кордоні. Використано порівняльний, системний, інституціональний методи дослідження в статті. Спроби Європарламенту істотно змінити децентралізований характер ETS зазнали невдачі. Таким чином, процес оновлення ETS та механізм нової європейської системи оподаткування імпортованих товарів, що залишають великий вуглецевий слід, відповідає основним положенням міжурядового підходу. Декарбонізація досягається шляхом переходу на низьковуглецеві джерела енергії. Інфраструктура відіграє вирішальну роль у вирішенні проблем зміни клімату. Проект «Транскордонне коригування податку на вуглець при вступі світу» дає змогу уникнути негативних наслідків для торгівлі, може створити виграну ситуацію – в економічному, політичному та екологічному планах. Дослідження проводилось на основі методу відстеження процесу. Стаття доводить, що вирішальним злиттям у формуванні дизайну ETS були держави-члени (баланс інтересів і впливу держав-членів у Раді ЄС). Комісія відіграла значну роль як автора ідеї та модератора компромісів. Комісія та Європейський парламент кілька разів успішно блокували або пом'якшували виправлення держав-членів, які загрожували підірвати зміст торгівлі викидами. Оскільки планета стикається з підвищенням температури та частішими екстремальними погодними явищами, стає зрозуміло, що наша поточна інфраструктурна практика має розвиватися. Щоб пом'якшити наслідки зміни клімату та адаптуватися до них, стійка інфраструктура – це не просто варіант; це необхідність.

**Ключові слова:** декарбонізація, процес прийняття рішень в ЄС, US, аенергетична політика, кліматична політика, система торгівлі викидами, парникові гази, вуглецеве регулювання, боротьба зі зміною клімату.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Надійшла 26 лютого 2024 р.

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Прийнята 15 травня 2024 р.

## Ecological problems of the plant cover of the northeastern slope of Great Caucasus (within Azerbaijan)

*Gülmar Nuru Hajiyeva*

PhD (Geography), Chief Researcher,

Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan

Institute of Geography named after academician Hasan Aliyev, Baku, Azerbaijan,

e-mail: [hgulnarn@gmail.com](mailto:hgulnarn@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0002-1061-1652>

### ABSTRACT

**Highlight the purpose.** Plant cover of our republic, especially forest ecosystems, has lost its original state as a result of the influence of natural and anthropogenic factors. The study of the impact of these factors on biodiversity has been the focus of many experts. The settlement of the studied area since ancient times and the good development of agriculture have caused the degradation and erosion of the forest cover that covers large areas, as well as the vegetation that replaces each other in the altitude zones here. For this reason, the issues of protection and protection of vegetation are distinguished by their relevance. The main goal of our research is to protect the vegetation of forests that have changed their initial state.

**Objectives.** Mountain geosystems of the northeastern slope of the Greater Caucasus are bordered by the Russian Federation to the north, northwest, and west, the Samur-Devachi plain to the east, and the watershed line of the Greater Caucasus Range and Atachay to the south and southeast.

**Methods.** Field studies were organized to solve the issues raised during the research period. Short-term visual observations of the existing geoeological conditions were carried out, from topographic maps and other maps (landscape, vegetation, etc.) of various scales, as well as from 1:25000 scale aerial and space images in the fund of the Institute of Ecology of MAKKA, "Google" and "Bing" space images with a resolution of 1 meter in the funds, taken in the visible zone of the spectrum, obtained from various satellites in 2020-2023 and based on the application of SASPlanet, ArcGIS processing programs were used. With the help of these materials, the vegetation degradation and erosion processes of the research area were studied.

**Results.** The northeast part of the Great Caucasus differs from the other mountainous regions for its appropriation features. For a long time appropriation of the investigated zone by the various farming areas caused a serious change in the natural geosystems. Thus, the zones where a hypsometric height of 200-500 m are mainly replaced by agro-complexes, the parts within 500-1800 m turned into a life and rest objects together with the arable and pastures, an irregular use from the summer pastures in cattle-breeding in the zones higher than 1800 m was completed by exposing of the plant cover to transformation. During assimilation, activation of ecological problems like decreased plant productivity, intensification of the erosion process, acceleration of degradation, and so on activates a problem of rational use. Defining importance, sensitiveness of plant cover, and rational use ways as protection, refusal of usage, extensive use of protection, development, extensive use, improvement, and development were determined.

**Keywords:** *geosystem, soils, protection, development, improvement, extensive use, environmental, ecosystem, plant cover.*

**In cites:** Hajiyeva Gülmar Nuru (2024). Ecological problems of the plant cover of the northeastern slope of Great Caucasus (within Azerbaijan). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 335-341. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-24>

**Problem statement.** The mountain region of the northeastern slope of the Greater Caucasus is border by the Samur-Davachi lowland from the north and northeast, the Russian Federation from the north and north-west, and the southwestern slope of the Greater Caucasus from the south. The total area of the investigated area is 49 thousand km<sup>2</sup>. The northeastern slope of the Greater Caucasus includes mountain geosystems from 200 m to 4466 m above sea level. The area of the mountainous part of the northeastern slope with a total area of 9719.9 km<sup>2</sup> is 4852.3 km<sup>2</sup> (Fig. 1). The northeast part of the Great Caucasus differs from the other mountainous regions for its appropriation features. Some elements of the natural-geographical environment in the zone are convenient for the appropriation, but some elements of the climate and relief create definite problems here. Thus, the climate here is colder, the relief is splinter more than in the southern part of the Great Caucasus. Despite this, the performed historical and ethnographical researches show that the ap-

propriation of the zone coincides with the long historical period. Some scientists studying the investigated zone's history made notes in their works.

The northeastern slope of the Great Caucasus, which consists of a mountainous region, is Azerbaijan's most important agricultural area. Here there are favorable natural conditions for the development of fruit growing, grain growing, horticulture, vegetable growing, and animal husbandry. Favorable climatic features and morphometric indicators of the area's relief allow to harvest twice a year and develop good agriculture. For this reason, special importance is given to the further improvement of the agriculture of the studied area in the "State Program of Socio-Economic Development of Regions (2014-2018 years)". A number of infrastructure projects are planned to be implemented here.

For a long time, appropriation of the investigated zone by the various farming areas caused a serious change in the natural geosystems. Thus, the zones where a hypsometric height of 200-500 m are



Fig. 1. Investigation area

mainly replaced by agro-complexes, the parts within 500-1800 m turned into a life and rest objects together with the arable and pastures, an irregular use from the summer pastures in cattle-breeding in the zones higher than 1800 m was completed by exposing of the soil and plant cover to transformation. The complexity of the geological, and geomorphological structure of the northeastern slope in the Great Caucasus, and the strong change in the climate created a condition for the formation of various plant zones.

#### **Analysis of recent research and publications.**

The geobotanical research on the vegetation in the region started at the beginning of the XX century. L.I. Prilipko gave the following classification scheme of the vegetation in the research zone: 1) foothill dry steppe vegetation (till 200-500 m); 2) mountain xerophyte vegetation (500-1200 m); forest vegetation (700-1800 m); 4) subalpine meadow vegetation (1800-2200 m); 5) alp-meadow vegetation (more than 2200-3200 m) [13, 15]. The mentioned vegetation caused intensive assimilation of different farm areas, settlements, sowing areas as pasture-hayfield, their transformation, and replacement of cultural plants by weed, poisonous and harmful plants [3]. Continuous negative anthropogenic effects will lead to the loss of the initial appearance of vegetation, and tenseness of ecological problems in ecosystems of the mountain geosystems on the northeastern slope of the Great Caucasus [9, 10, 17, 18]. The rational use of biotopes is an important and urgent task to prevent the future ecological situation from tension. We should evaluate the vegetation of the research zone. Their importance and sensitiveness should be investigated and the ways to use them should be determined [5, 6, 8].

**Research method.** Innovations of GIC technologies, historical-territorial, statistic-mathematic, comparison, cartography, zoning, systematic analy-

sis, and other methods and collected primary field research methods have been used in the realization of the research work. While defining the importance of vegetation in the zone we were based on R.M. Mammadov's and other research [11, 14, 16].

**Research result.** R.M. Mammadov was one of the first scientists who studied the importance and sensitivity of vegetation in our republic. He studied the vegetation of Aggol and Yalama National Parks and determined their conservation principles. Based on the scientist's research, buffer zones were created in the mentioned national parks, and appropriate regions were allocated for the development of ecotourism. Using his research, we have determined ways to protect and optimize the vegetation of our study area, especially forest ecosystems. Its importance criteria (spreading height, diversity of species, degree of vegetation, relict, endemism, treatment importance, use in a farm) were used (Table 1).

Assessing the importance of the vegetation of the mountain geosystems of the north-eastern slope of the Great Caucasus, we determined that 20,9% of biotopes of the total zone are highly important, 67,2%-average 5,7%-less important. The highly important vegetation of the research zone is formed by subalpine plants, forests, and xerophyte-thin woodlands [1, 2, 4]. The potential of these biotopes is distinguished by the use degree in farm, rare, relict, and endemism [7, 11, 12]. But the averagely important vegetation is close to the initial situation of the existing condition (alp meadow, mountain meadow, shrubberies, and steppe plants). It is possible to restore the disturbed biotopes [19, 20, 21]. The modern appearances of the less important differ from their first state. These plants mainly spread in the semi-desert zone. They lost their initial appearance and their use is less in the farm areas.

After determining the importance of the vegetation in the research area, we studied its sensitivity.



Table 1

## Scale for assessing the socio-economic significance of vegetation

Spreading height of the plant groups	Till 1500 m 1500-2000 m 2500-3000 m	3 scores 2 scores 1 score
Diversity of plants	Multi-species Partial less Homogeneous	3 scores 2 scores 1 score
Area of vegetation	More than 75% 50-70% 20-49%	3 scores 2 scores 1 score
Existence of relict, endemic plants in the zone	3 and more 1, 2	3 scores 2 scores
Registration of treatment plants	Exist	3 scores
Use of plants on the farm	As summer pastures, gathering for fruit-growing and in preparation of medications, and is used in winter pastures, perennial plantations, fire-wood stock, used as planting areas. Mainly fruit gardens and orchard plants. Partially summer pasture, sowing area, and hayfields	3 scores

Note: highly important plants-more than 15 scores; averagely important plants- 12-15 scores; less important plants – 11 scores.

In this case, the criteria for the sensitivity of biotopes - exogenous processes (landslides), farms, settlements, highways, the impact of tourism, the sensitivity of plants to burning, and the intensity of breakage were analyzed separately for each plant species (Table 2, 3). The sensitivity of plants means how their properties can change as a result of anthropogenic effects. The sensitivity of biocenoses to burning, deforestation, grazing, winter and pasture livestock, entry of aerosols, etc. are taken into account to assess it. A species composition, structure, and features of the plant groups are drawn to the fore in the assessment of vegetation sensitivity to burning. Taking into account the mentioned factors we determined the vegetation sensitivity of the research zone [22, 23].

As a result of our investigations the sensitive plants form more than 31,9% of the vegetation of mountain geosystems on the northeastern slope of the Great Caucasus. These plant species surround subalpine, mountain-meadow, and forest zones. The summer pastures of the subalpine and mountain-meadow zones are use as hayfields, and they lose their initial state and the erosion process is activated

while grazing rules are not followed. The area with very sensitive plants is the forests. The process of forest regeneration itself takes a long time and it is unequivocally important to prevent them from breaking. The averagely important sensitive plants of the one consist of alp and xerophyte sparse forestry plants (21,9%). The alp plants are broken for summer pasture, and the xerophyte sparse woodlands are broken for sowing areas. It is important to obey the grazing norm in alp vegetation to prevent these plants' degradation. But it is important to prevent the xerophyte sparse vegetation from assimilation in various farm areas. 40,3% of the total zone is planted with less sensitivity. These plants are intensively assimilate in sowing, winter pastures, settlements, and other farm areas. Though they are less sensitive, they are replace by shrubby steppes and semi-desert plants. It is necessary to prevent their intensive assimilation to the prevention of these changes.

After determining the importance and sensitivity of the vegetation in the investigation area, we determined their effective use (Table 4, Fig. 2).

As is seen from the table, we separated plants

Table 2

## The scale of biotope sensitivity assessment

Influence of exogen relief-forming processes on vegetation (km)	Impact of vegetation on farm areas	Presence of plant sensitivity to burning and intensive breaking of plants	Impact of settlements, highway, and tourism on biotopes existence
More than 10 km – 5 scores 5-10 km-2 scores To 5 km – 1 score	2 scores	1 score	1 score

Note: very sensitive – 6 scores; averagely sensitive – 5 scores; less sensitive – less than 4 scores.

Assessment of biotopes sensitivity in the research zone

Vegetation	Area of the landslides km <sup>2</sup>	Influence of exogenic relief forming processes on vegetation	Impact far areas on vegetation	Presence of the plants sensitive to burning and intensively breaking the plants	Influence of settlements, highways, and tourism on biotopes' existence	Sensitivity
Alp	15,7	Snow slides and landslides perish of young plant stalks	Partially grazing of small horned cattle	Isn't observed	Isn't observed	5 scores
Subalpine	46,3	Repeat of landslides	Intensively grazing of the zones, trampling, and perish of young shoots	Isn't observed	Construction of camps and partial settlement for tourism	6 scores
Mountain meadow	9,6	The intensity of landslide and stream	Perish of summer pasture (grazing of the zone)	Fire registration	The density of the settlements	6 scores
Forest	10,8	Landslide and streams	Winter pastures. Sowing areas	Frequent registration of fire deforestation for firewood reserves	The density of the settlements, building of the tourist objects	6 scores
Shrubbery	2,8	Weak effect	Sowing areas	-	The density of the settlements, building of the tourism objects, highways	5 scores.
Xerophyte sparse woodland	3,4	Landslide	Winter pastures, sowing areas	Frequent registration of fires, ignition of dry bushes, deforestation of firewood reserves	The density of the settlements, building of the tourism objects, highways	5 scores
Steppe	1,5	Weak impact	Widespread of the sowing areas, replacement of plants by the cultural plants	Frequent fire	The density of the settlements, building of the tourist objects, highways	4 scores
Semidesert and desert	0,8	Weak impact	Widespread the sowing areas	-	The excessive density of the settlements, construction of the tourism objects, highways	4 scores

of the geosystems on the northeastern slope of the Great Caucasus into protection-refuse to use, protection-extensive use, and improvement–development categories. Rational use ways of the vegetation of the zone have been defined on the basis mentioned categories.

**Conclusion.** The change of the vegetation of the northeastern slope of the Greater Caucasus during the long historical period as a result of the activities of various farms created the problem of its

preservation and protection. In order to solve these problems and restore the protection of the forest cover, we have investigated the sensitivity and importance of the vegetation cover. At this time, based on the research of a number of local and foreign scientists, we have come to the following conclusions. The research zone's subalpine meadow, mountain meadows, and forest should be protect and refuse use. These zones form 32% of the vegetation. Here any anthropogenic activity is unacceptable. These

Table 4

Sensitiveness of vegetation of the mountain geosystems on the north-eastern slope in the Great Caucasus (using the integration table for area aims of the value category)

Name of the plant group (number on the plant map)	The assessment rate of plants		Aims type
	Importance	Sensitiveness	
Alp meadow and carpets	Average	Average	Development, extensive use
Subalpine meadows	High	High	Protection, refuse to use
Mountain meadows and meadow steppes	Average	High	Protection, refuse to use
Forests	High	High	Protection, refuse to use
Xerophyte sparse woodland	High	Average	Protection, extensive use
Shrubberies	Average	Low	Development, extensive use
Steppes	Average	Low	Development, extensive use
Semidesert, and desert plants	Low	Low	Improvement, development

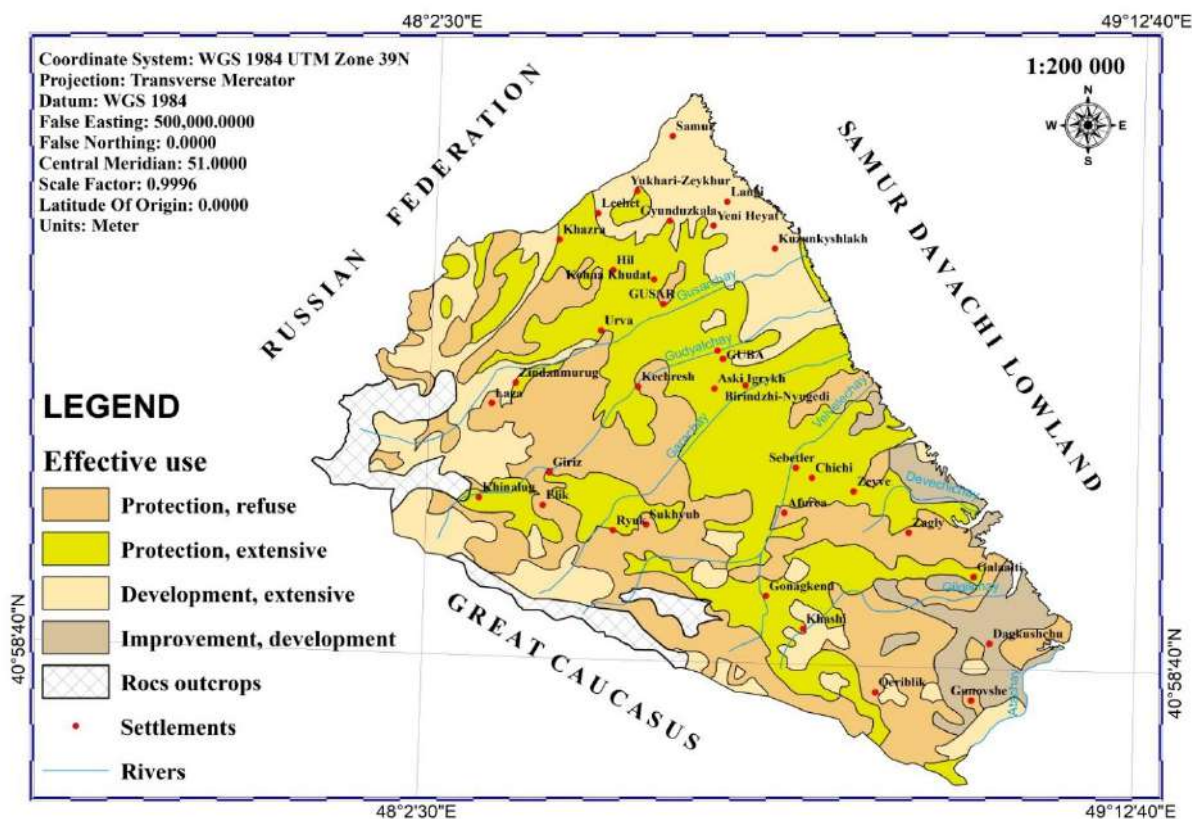


Fig. 2. Rational use map for plant cover of the mountain geosystems on the northeastern slope of the Great Caucasus

plant groups with higher importance and higher sensitivity can perish during human farm activity. The establishment of preserves and national parks and the improvement of the condition of the existing ones are expedient. Enlargement of the national park borders of Shahdagh and Altıaghaj, areas with a high concentration of rare endangered species of flora and fauna listed in the Red Book of the Republic of Azerbaijan should be included in the parking area.

Biotopes in the subalpine and mountain meadows are mainly use as summer and winter pastures. During grazing they lose their appearance, therefore,

special attention must be paid to sowing seeds, the realization of appropriate agrotechnical rules, following the grazing norm, and alternate grazing.

Protection - extensive use surround the zones with the xerophyte sparse woodlands. These plants are distinguish with higher importance and average sensitiveness. The mentioned plant species form 9.1 % of the total areas, they can lose their initial state quickly while assimilating. It is important to follow the appropriate rules during biotopes use.

39.8 % of biotopes should be development-extensive use. The alp meadow and carpets, shrubberies, and steppes are included in these plants. The

summer and winter pastures must be widened and follow the defined norm (1-4 cattle) to prevent activation with average importance and sensitiveness.

Improvement, and development – involve 13.4% of the total zone. In these zones, the areas of

winter pastures should be widen and improve, pastures should be establish because of guarding the natural pastures, and agrotechnical rules should be followed.

### References

1. Amanova, S. (2023). Basic construction-ecological norms in urban systems and ecogeographic consequences of sustainable development of urban areas (in Sabirabad city representation). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32(3), 441-449. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112339>
2. Babayev M.P., Gurbanov E., Hasanov V. (2010). *Land degradation and protection in Azerbaijan*. Baku: Elm, 215
3. Bruns, D. (2003). Was Kann Landschaftplanung leisten Alte und neue funktionen der land. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* (4), 114-118. [in German]
4. Fiese, K.I., Hachmann, R., Wolter, F. (2003). Content Management systeme in der landschaftsplanung. *Crop*, 419-426. [in German]
5. Garibov Y.E. (2012). *Optimization of natural landscapes of the Republic of Azerbaijan*. Baku, AzTU printing house, 216.
6. Goychayl Sh.Y. (2004). *Problems of geography and geographic ecology*, Baku: Ulu, 268.
7. Hokema, D. (2009). Die Landschaft der Regionalentwicklung: Wie flexibel ist der Landschaftsbegriff? In: *Raumforschung und Raumordnung*. 67 (3), 239-249. [in German]
8. Hajiyeva A.Z. (2016). Anthropogenic transformation of natural landscapes in the south-eastern slope of greater Caucasus (based on study of pasture-hayfield landscapes). "Geography and natural resources" magazine of the Azerbaijan Geographical Society. Baku. 2(4), 32-37.
9. Hajiyeva, G.N. (2017). Ecogeographical problems caused by the appropriating of territories located at a hypsometric altitude of 200-500 m of the north-eastern slopes of the Greater Caucasus (within Azerbaijan), Moscow Regional State University "Natural science" (3), 74-81 [in Azerbaijan]
10. Hajiyeva G.N., Hajiyeva A.Z., Jafarova F.M. (2023). Ecological problems associated with land cover in the Great Caucasus and important aspects for efficient use. *Universidad & Sociedad. Revista multidisciplinar de la Universidad de Cienfuegos*. 15, 1, 277-284.
11. Han, J., Mammadov, Z., Kim, M., Mammadov, E., Lee, S., Park, J., Mammadov, G., Elovzat, G., & Ro, H.-M. (2021). Spatial distribution of salinity and heavy metals in surface soils on the Mugan Plain, the Republic of Azerbaijan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(2), 95. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08877-7>
12. Hasan, S. S., Zhen, L., Miah, Md. G., Ahamed, T., & Samie, A. (2020). Impact of land use change on ecosystem services: A review. *Environmental Development*, 34, 527. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100527>
13. Jafarova, F.M. (2015). Economic and geographical peculiarities of territorial organization of livestock in the Azerbaijani, part of the Greater Caucasus / *International Journal of Humanities and Social Science*. 5, 1. USA. Center for Promoting Ideas, 220-222
14. Judith, A. (2008). *Landscape planning: practical techniques for the home garden*.
15. *National Atlas of Azerbaijan*. Baku, 2014.
16. Mammadov, R.M. (2016). *Landscape planning: essence and application*. "Science", 458
17. Mammadov, Q.Sh., Khalilov, M.Y. (2002). *Forests of Azerbaijan*. Baku. (in Azerbaijan). p.225
18. Mammadov, Q.Sh., Khalilov, M.Y. (2004). *Ecological and environment* p. 854
19. Paletto, A., & Favargiotti, S. (2021). Ecosystem Services: The Key to Human Well-Being. *Forests*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/f12040480>
20. Salikhov, T.K., Sapiev, E., & Salikhova, K.S. (2018). Studying the soil cover of the Zhanakushky rural districts in West Kazakhstan region on the basis of the application of GIS-technologies. *NNC RK Bulletin*, 1. <https://journals.nnc.kz/jour/article/view/84>
21. *The State Program on effective use of summer and winter pastures and hayfields and prevention of desertification in the Republic of Azerbaijan*. (2004) Baku: May 22.
22. Turner, T. (2004). *Landscape planning and environmental impact design*. routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203214534>
23. Von Haaren, C., Hoppenstedt, A., & Scholles, F. (2000). *Landschaftsplanung und Strategische Umweltpruefung (SUP)*. UVP-REPORT, 14(1). <https://trid.trb.org/view/948753>

## Екологічні проблеми рослинного покриву північно-сходу Великого Кавказу (у межах Азербайджану)

*Гульнар Нуру Гаджиєва*

к. геогр. н., гол. наук. співробітник,

Міністерство науки і освіти Азербайджанської Республіки  
Інститут географії імені академіка Гасана Алієва, Баку, Азербайджан

Рослинний покрив республіки, особливо лісові екосистеми, внаслідок впливу природних і антропогенних факторів втратили свій первинний стан. Вивчення впливу цих факторів на біорізноманіття було в центрі уваги багатьох експертів. Заселення досліджуваної території з давніх часів і сильний розвиток сільського господарства спричинили деградацію та ерозію лісового покриву, який охоплює значні площі, а також рослинності, яка змінює тут одна одну у висотних поясах. З цієї причини питання охорони та захисту рослинності вирізняються своєю актуальністю. Основною метою наших досліджень є охорона рослинності лісів, які змінили свій початковий стан. Гірські геосистеми північно-східного схилу Великого Кавказу межують на півночі, північному заході і заході з Російською Федерацією, на сході з Самур-Девачійською рівниною, на півдні і південному сході – вододілом Великого Кавказького хребта і Атачая. Для вирішення питань, поставлених у досліджуваний період, були організовані польові дослідження. Проводилися короточасні візуальні спостереження за існуючими геоекологічними умовами за топографічними та іншими картами (ландшафтними, рослинними та ін.) різного масштабу, а також за аерознімками масштабу 1:25000, що знаходяться у фонді інституту Екології, МАКА, «Google» і «Bing» космічні знімки з роздільністю 1 метр у фондах, зроблені у видимій зоні спектру, отримані з різних супутників у 2020-2023 роках і на основі застосування SASPlanet, ArcGIS, використовувалися програми обробки. За допомогою цих матеріалів досліджено процеси деградації рослинного покриву та ерозійні процеси досліджуваної території. Північно-східна частина Великого Кавказу відрізняється від інших гірських районів своїми особливостями привласнення. Протягом тривалого часу освоєння досліджуваної зони різними сільськогосподарськими угіддями викликало серйозні зміни природних геосистем. Так, зони гіпсометричної висоти 200-500 м переважно заміщені агрокомплексами, ділянки в межах 500-1800 м перетворені на об'єкти побуту та відпочинку разом з орними землями та пасовищами, нерегулярне використання літніх пасовищ у с. скотарство в зонах вище 1800 м завершилося трансформацією рослинного покриву. Під час асиміляції активізація екологічних проблем, таких як зниження продуктивності рослин, посилення процесу ерозії, прискорення деградації тощо, активізує проблему раціонального використання. Визначено визначальне значення, чутливість рослинного покриву та способи раціонального використання як захист, відмова від використання, екстенсивний захист, розвиток, екстенсивне використання, поліпшення та розвиток.

*Ключові слова:* геосистема, ґрунти, охорона, розвиток, поліпшення, екстенсивне використання.

Надійшла 7 лютого 2023 р.  
Прийнята 30 травня 2023 р.

## Технологічні особливості проведення оцінки культурних екосистемних послуг

Наталія Корогода<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра фізичної географії та геоєкології,

<sup>1</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,

e-mail: [nkorogoda@knu.ua](mailto:nkorogoda@knu.ua),  <https://orcid.org/0000-0003-1518-2997>;

Тетяна Купач<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра географії України,

e-mail: [tkupach@knu.ua](mailto:tkupach@knu.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-8710-7107>

Вигоди, що отримують жителі міста від зелених зон, пов'язані із підтримкою їх здоров'я становлять групу культурних екосистемних послуг (КЕП). Для уникнення суб'єктивності в оцінці КЕП наявна методика, що спирається на визначення ефективності зелених зон у їх наданні. Наразі не окреслено доступної для містопланувальників технологічної схеми оцінювання КЕП. Відповідно, метою роботи є висвітлення технологічних особливостей оцінки КЕП. Робота полягає у створенні бази геоданих (БД) про стан зелених зон та антропогенні навантаження на них. Всі розрахункові показники, запропоновані в методиці, мають входити до БД у якості атрибутів, а їх розрахунок – у якості робочих сценаріїв, що задокументовані у вигляді автоматизованих моделей розрахунку тощо. Файлова база даних у форматі GeoPackage відповідно до стандартів Open Geospatial Consortium - Model\_CES, за вхідні набори даних має наступні: табличні: «survey\_all»; векторні: «Vegetation», «BGI», «local\_district», «hollow», «age\_construct». Технологія базується на інструментарії просторового аналізу QGIS/SAGA (версія QGIS 3.32.1-Lima), що містить необхідні базові алгоритми геообробки та модулі для обчислення КЕП. Технологічні процедури та алгоритм обчислень обсягів КЕП та ризиків їх втрати в Model\_CES формують наступні блоки розрахунків: 1. блок встановлення потенціалу зелених зон у наданні КЕП; 2. блок визначення ефективності зеленої зони у наданні КЕП – реальної пропозиції КЕП; 3. блок обрахунків обсягів екосистемних послуг та ризиків їх втрати; 4. блок обрахунків бального показнику альтернативної доступності зеленої зони. Вихідний набір геоданих «BGI\_CES», після реалізації технології містить атрибутивну інформацію про кожну зелену зону, зокрема, про їхню здатність надавати культурні екосистемні послуги, ефективність у наданні КЕП, про обсяги КЕП та ризики їх втрати. Представлена технологія може використовуватись у практиці міського планування, як інструмент підвищення якості міських зелених зон, їх сталого розвитку та забезпечення містян максимальними обсягами КЕП.

**Ключові слова:** культурні екосистемні послуги (КЕП), міські зелені зони (МЗЗ), географічні інформаційні системи, база даних.

**Як цитувати:** Корогода Наталія. Технологічні особливості проведення оцінки культурних екосистемних послуг / Наталія Корогода, Тетяна Купач // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 342-353. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-25>

**In cites:** Korohoda Nataliia, Kupach Tetiana (2024). Technological features of cultural ecosystem services assessment. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 342-353. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-25> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Вигоди, що отримують жителі міста від зелених зон, пов'язані із підтримкою їх фізичного, морального та психологічного здоров'я становлять групу культурних екосистемних послуг (КЕП) [9]. Серед КЕП, міські зелені зони (МЗЗ) найчастіше надають рекреаційні, естетичні та послуги соціальних відносин тощо [21]. Для забезпечення максимального обсягу послуг МЗЗ мають відповідати низці вимог: по-перше - сприйматися містянами як бажані для використання, по-друге – знаходитись у легкому доступі, по-третє - не мати характеристик, які б знижували бажання їх відвідати. Таким чином, зрозуміло, що не всі зелені зони мають однакову «ефективність» у наданні КЕП. Оцінювання такої ефективності є однією з найважливіших задач для забезпечення сталого розвитку міст, адже дозволяє виявити МЗЗ, що потребують першочергової уваги для забезпечення ними оптимального обсягу КЕП.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Роботи, присвячені оцінюванню КЕП у міських зелених зонах наразі активно проводяться серед інших суспільно-географічних досліджень. Про це свідчить аналіз публікацій, наведений у [3]. Більша частина робіт стосується сприйняття мешканцями МЗЗ, зокрема чинників його покращення чи погіршення [1, 10, 11, 12]. Також наразі представлено низку робіт, що стосуються кількісної оцінки КЕП [14, 15, 17, 21, 22, 24]. Така оцінка є доволі проблемною, передусім через суб'єктивність. Для уникнення суб'єктивності було запропоновано методику оцінки КЕП, що спирається на визначення ефективності зелених зон у наданні КЕП [3]. Параметрами такої оцінки є й «суб'єктивні» показники: сприйняття МЗЗ мешканцями, типи їх рекреаційного використання, а також групи «об'єктивних» параметрів рекреаційного потенціалу, що залежить від стану зеленої зони. Адже набір функцій, що здатна ви-

конувати будь – яка екосистема, на пряму залежить від її структури та стану, відповідно - від стану залежать й обсяги екосистемних послуг [16]. Параметрами, за якими доцільно визначати стан МЗЗ та їх придатність виконувати рекреаційні та оздоровчі функції є медико-біологічна сприятливість (рекреаційна корисність), естетичність та облаштованість [3, 6].

**Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми.** Не зважаючи на значну кількість методичних робіт, що стосуються оцінки КЕП, вони наразі дуже часто лишаються такими, що не застосовуються у прикладних дослідженнях. Через те, що, як правило, спираються на складні показники. Останнє, зокрема зумовлює проведення оцінки лише в окремих зелених зонах, оскільки є досить часо- та трудомістким. Таким чином, наразі не окреслено доступної для містопланувальників технологічної схеми оцінювання, яка б створювала можливість проводити оцінку у всіх зелених зонах міста. Така технологія має задовольняти наступним вимогам: а) бути придатною для обробки інформації, яка є просторово-розподіленою; б) бути орієнтованою на наявність невизначених і часто обмежених даних; в) бути доступною для використання фахівцями проектних та інших установ, які можуть бути обмеженими в даних.

**Формулювання мети статті.** Необхідність проведення оцінки КЕП стала причиною того, що нами було запропоновано методика такої оцінки. Методика базується на визначенні того, наскільки ефективною щодо виконання рекреаційних, естетичних та ін. функцій є кожна зелена зона, тобто наскільки вона здатна задовольнити потреби населення у відпочинку, зниженні рівня стресу тощо [3]. Загальний алгоритм проведення оцінки обсягів надання КЕП та ризиків їх втрати полягає у послідовному виконанні наступних завдань: 1. встановити потенціал зелених зон у наданні КЕП (*CES\_potential*). 2. Визначити ефективність зеленої зони у наданні КЕП, тобто реальну пропозицію КЕП, з огляду на стан зеленої зони. Під ефективністю слід розуміти обсяги КЕП, що здатна надавати зелена зона з урахуванням обмежень - проблем, що визначають небажання містянами відвідувати МЗЗ. 3. Перевести значення ефективності у обсяги КЕП (*CES\_offer*) та обрахувати їх. 4. Визначити ризики втрати (недоотримання) КЕП.

Технологічно реалізація методики полягає у створенні бази геоданих (БД) про стан зелених зон та антропогенні навантаження на них. Всі згадані розрахункові показники мають входити до БД у якості атрибутів, а їх розрахунок – у якості робочих сценаріїв, що задокументовані у вигляді автоматизованих моделей розрахунку тощо.

Відповідно, метою даної роботи є висвітлення технологічних особливостей оцінки КЕП. Дане оцінювання має спиратися на доступні інструменти та зрозумілі алгоритми. Також має бути можливість модифікації технології для вирішення ширшого кола задач міського планування та/або роботи з іншими базами даних, що відповідає сучасним стандартам відкритої науки. Зокрема створена БД має бути застосовною для проведення інтегральної оцінки МЗЗ, зважаючи на їх ефективність у наданні інших груп екосистемних послуг [2, 4, 5, 18 -20, 23].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Технологічні рішення геоінформаційного оцінювання КЕП та ризиків їх втрати (недоотримання) є відображенням методики [3]. Технологія базується на інструментарії просторового аналізу QGIS/SAGA (версія QGIS 3.32.1-Lima), що містить необхідні базові алгоритми геообробки та модулі для обчислення КЕП.

Технологія оцінювання КЕП представлена моделлю Model\_CES. Функціонування та коректність роботи Model\_CES залежить від обсягів і якості вхідних даних (Input Data). В цілому рішення геоінформаційного оцінювання базуються на використанні відкритої інформації про: міські зелені зони; рослинність; ландшафти; райони із різновіковою забудовою міста; локальні райони зосередженості населення міста; дані статистики опитування тощо. Таким чином, вся атрибутивна інформація (таблиці 2 - 7) визначатиме особливості кожної зеленої зони. Ці особливості безпосередньо впливають на потенційні обсяги КЕП. Атрибутика є основою для коректної роботи алгоритмів Model\_CES, зокрема розрахунку показників (табл.1), за якими пропонується оцінювати обсяги КЕП [3].

Отже вхідними наборами даних (Input Data) у Model\_CES є:

1. Набір просторових даних векторної геометрії «Vegetation» (.shp), що відображає рослинний покрив території дослідження. Атрибути набору повинні відповідати вимогам, представленим у таблиці 2.

2. Набір просторових даних векторної геометрії «BGI» (.shp), що відображає межі МЗЗ. Атрибути набору мають відповідати вимогам, наведеним у таблиці 3.

3. Набір просторових даних векторної геометрії «hollow» (.shp), що відображає яружно-балкову мережу території, атрибути якого повинні відповідати вимогам наведеним у таблиці 4.

4. Набір просторових даних векторної геометрії «age\_construct» (.shp), що відображає «вік» забудови. Атрибути набору на вході моделі повинні відповідати вимогам представленим у таблиці 5.

Розрахункові показники, необхідні для оцінювання КЕП /  
The calculation indicators used to assess the CES

Розрахунковий показник	Зміст показника	Атрибут БД
<i>Perception</i>	Типи зелених зон, що обиралися респондентами, як бажані для відвідування (%)	percpt
<i>Using</i>	Типи рекреаційного використання зелених зон, що обиралися респондентами (%)	use
<i>Total_Recreation</i>	Показник рекреаційної цінності та придатності зелених зон	recr_all
<i>Derogation</i>	Характеристики, що визначають обмеження у використанні зелених зон	dergt
<i>Demand-supply</i>	Показник співвідношення «пропозиції - попиту» зелених зон у житлових мікрорайонах	int_cls

Таблиця 2

Атрибути вхідного набору геоданих «Vegetation» / The attributes of the input geodata set «Vegetation»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля	Код	Зміст коду
Veg_class	Float	Категорія рослинного покриву [13]	1	Деревна рослинність (Veg_type:1,2,3)
			2	Трав'яна рослинність (Veg_type: 4)
			3	Водно-болотна (вологолюбна) рослинність (Veg_type: 5)
Veg_type	Float	Тип рослинного покриву [8]	1	Хвойна деревна рослинність
			2	Листяна деревна рослинність
			3	Мішано лісова рослинність
			4	Трав'яна рослинність
			5	Водно-болотна (вологолюбна) рослинність

5. Табличний набір даних статистики опитування «survey\_all» (.xlsx), атрибути якого повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 6. Кожен атрибут набору відповідає окремим результатам соціологічного опитування щодо сприйняття містянами зелених зон.

6. Набір просторових даних векторної геометрії «local\_district» (.shp), що представляє забезпеченість зеленими зонами мікрорайонів міста. Атрибути набору повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 7.

Технологічні процедури та алгоритм обчислень обсягів КЕП та ризиків їх втрати в Model\_CES формують наступні блоки розрахунків відповідно до методики [3]:

1. Блок встановлення потенціалу зелених зон у наданні КЕП - *CES\_potential*: Потенціал слід розраховувати, як усереднену величину з унормованих показників сприйняття, використання та рекреаційної цінності території. Для цього необхідно визначити тип зелених зон (атрибут «type\_CES»), оскільки сприйняття різних

типів 33 є одним з показників їх потенціалу у наданні КЕП [1, 11, 12]. Визначення здійснюється відповідно до складної алгоритмічної схеми із використанням наступних процедур:

- оверлейного аналізу *Vector overlay / module Intersection* між наборами геоданих «BGI», в якому попередньо обраховуються картометричні параметри, зокрема, площа зеленої зони, та «Vegetation». У результаті аналізу отримується набір векторних даних «BGI\_CES».

- Обрахунку поля «type\_CES» векторними обчисленнями *Vector Table/ module Field calculator* у наборі «BGI\_CES», що отримано оверлеєм, між полями із використанням запитів SQL\* (таблиця 8).

- Створення вибірки масивів із старою та новою забудовою за допомогою запитів до атрибутивних таблиць у векторному наборі «age\_consruct» - *Vector selection / module Select by expression* та процедурами відбору об'єктів за місцезнаходженням *Vector selection / module Select by location* (вибірki значень передаються у



Таблиця 3

Атрибути вхідного набору геоданих «BGI» / The attributes of the input geodata set «BGI»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля		
			Код	Зміст коду
ID	Float	Унікальний номер		Код зеленої зони
Usage_class	Float	Категорія зеленої зони [7]	1	Зелені насадження загального користування
			2	Зелені насадження обмеженого користування
			3	Зелені насадження спеціального призначення
Usage_type	Float	Тип зеленої зони[7]	1	Насадження на територіях лісопарків, лугопарків
			2	Насадження на територіях загальноміських і районних парків, спеціалізованих парків, парків культури та відпочинку, зоопарків та ботанічних садів, скверів, бульварів, насадження на схилах, набережних та ін.
			3	Насадження на між квартальних територіях або при групі житлових будинків
			4	Насадження на територіях громадських та житлових будинків, закладів освіти, охорони здоров'я, культурно-освітніх і спортивно-оздоровчих установ, промислових і складських зон та ін.
			5	Насадження транспортних магістралей і вулиць, пришляхові насадження, на ділянках санітарно-захисних зон довкола промислових підприємств, ліній електропередач високої напруги
			6	Насадження на територіях кладовищ і крематоріїв

Таблиця 4

Атрибути вхідного набору геоданих «hollow» / The attributes of the input geodata set «hollow»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля		
			Код	Зміст коду
Number	Integer (64)10	Унікальний номер	24-38	Обрані ландшафтні комплекси яружно-балкової мережі

Таблиця 5

Атрибути вхідного набору геоданих «age\_consruct» /  
The attributes of the input geodata set «age\_consruct»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля		
			Код	Зміст коду
id	Integer (64)10	Унікальний номер		ідентифікатор об'єкту
age	Integer (64)10	Категорія забудови	1	нова забудова
			2	стара забудова

поле «age» набору «BGI\_CES»).

- Дообчислення «type\_CES» із врахуванням «віку» масивів забудови, де розташовано зелені зони векторними обчисленнями *Vector Table/ module Field calculator* між полями отриманого оверлейного набору із використанням запитів SQL\* (таблиця 9).

- Оверлейного аналізу *Vector overlay / module Intersection* наборів геоданих «BGI\_CES» та «hollow», за допомогою якого доповнюються дані про тип зелених зон, що відноситься до яружно-балкових масивів і на основі цього дообчислюється поле «type\_CES», якщо площа таких масивів в зеленій зоні складає 50% та більше. До-

Таблиця 6

Атрибути вхідного набору геоданих «survey\_all» /  
The attributes of the input geodata set «survey\_all»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля	
		Код	Зміст коду
id	Integer (64)10	Унікальний номер	ідентифікатор об'єкту
recr_all	Float, Precision – 10	числовий вираз сумарного балу оцінки рекреаційного потенціалу зелених зон	3 - мінімально можливе значення 43- максимально можливе значення
percpt	Float, Precision – 10	Відносне значення кількості уподобань мешканцями різних типів МЗЗ (%)	
use	Float, Precision – 10	Відносне значення кількості рекреаційних занять (%)	
dergt	Integer (64)10	Відносне значення кількості лімітуючих привабливості до відвідування чинників (%)	

Таблиця 7

Атрибути вхідного набору геоданих «local\_district» /  
The attributes of the input geodata set «local\_district»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля
int_cls	Integer (64)10	значення показника альтернативної доступності
hectares	Real 10(2)	значення площі району, га

Таблиця 8

Запит для обчислень значень атрибуту «type\_CES» /  
Query for calculating the values of the "type\_CES" attribute

* процедура запиту до створення і обчислення атрибуту «type_CES»
<pre> CASE WHEN ( "Veg_type" = 1) AND ( "Usage_type" = 1) THEN 1 WHEN ( "Veg_type" = 2) AND ( "Usage_type" = 1) THEN 2 WHEN ( "Veg_type" = 3) AND ( "Usage_type" = 1) THEN 3 WHEN ( "Veg_type" = 4 OR "Veg_type" = 5 ) AND ( "Usage_type" = 1) THEN 4 WHEN "Usage_type" = 5 THEN 13 WHEN "Usage_type" = 6 THEN 14 END </pre>

Таблиця 9

Запит для дообчислення значень атрибуту «type\_CES» на основі даних про «вік» забудови /  
Query for additional calculation of the "type\_CES" attribute values based on the data on the "age" of the built-up area

* процедура запиту для дообчислення атрибуту «type_CES»
<pre> CASE WHEN "age" = 1 AND "Usage_type" = 2 THEN 6 WHEN "age" = 1 AND "Usage_type" = 3 THEN 8 WHEN "age" = 1 AND "Usage_type" = 4 THEN 11 ELSE "type_CES" END </pre>
<pre> CASE WHEN "age" = 2 AND "Usage_type" = 2 THEN 7 WHEN "age" = 2 AND "Usage_type" = 3 THEN 9 WHEN "age" = 2 AND "Usage_type" = 4 THEN 12 ELSE "type_CES" END </pre>

обчислення відбувається алгоритмами *Vector Table/ module Field calculator* між полями отриманого оверлейного набору із використанням запитів SQL\* (таблиця 10).

- Оверлейного аналізу *Vector overlay / module Intersection* між набором геоданих «BGI\_CES» та табличними даними опитування «survey\_all». Як результат набір доповнюється інформацією отриманою при соціологічному опитуванні мешканців міста. На основі процедури векторних обчислень *Vector Table/ module Field calculator* в результаті аналізу обчислюють-

ся значення у атрибутах набору «percpt», «use», «recr\_all», «dergt». Також обчислюються унормовані (в частках одиниці) значення потенційних обсягів КЕП в атрибутах набору: «P\_percpt», «P\_use», «P\_recr», «K\_dergt», «K\_loss».

- Обчислення потенціалу зелених зон у наданні КЕП (атрибут «CES\_p») з використанням процедур векторних обчислень *Vector Table/ module Field calculator* (рис. 1). Обрахунки між полями таблиці набору відбувається за формулою:  $(( "P\_use" + "P\_percpt" + "P\_recr" ) / 3)$ , відповідно до методики.

Таблиця 10

Запит для дообчислення значень атрибуту «type\_CES» на основі даних про відношення до яружно-балкових масивів /  
Query for additional calculation of the "type\_CES" attribute values based on data on ravine, gully and hollow formations

* процедура запиту для дообчислення атрибуту «type_CES»
<pre> CASE WHEN "sum" &gt; "S_bgi" / 2 THEN 1 ELSE 0 END                     </pre>
<pre> CASE WHEN "holl50" = 1 THEN 5 ELSE "type_CES" END                     </pre>

2. Блок визначення ефективності зеленої зони у наданні КЕП – реальної пропозиції КЕП. Адже реальна пропозиція КЕП (*CES\_offer*), як правило, є меншою ніж потенційна (*CES\_potential*), через часткову втрату КЕП (*K\_derogation*) за наявних у МЗЗ проблем (рис. 2). Обчислення відбувається із використанням процедур *Vector Table/ module Field calculator*. Обрахунки між полями таблиці набору «BGI\_CES» у доданому атрибутивному полі «CES\_of» відбувається за формулою:  $( "CES\_p" - ("dergt" * "K\_loss") )$ , відповідно до методики [3].

3. Блок обрахунків обсягів екосистемних послуг та ризиків їх втрати. Оскільки отримані значення ефективності, вже подано в унормованих показниках, то реалізація даного блоку, являє собою лише ранжування отриманих показників ефективності на п'ять діапазонів відповідно до функції бажаності Харрінгтона [2 -5, 18 - 20, 23], що і вказуватимуть на обсяги КЕП – розрахунковий параметр *CES*. Процедура відбувається відбувається за допомогою векторних обчислень *Vector Table/ module Field calculator*, а запит\* формується відповідно до методики. Результат передається у атрибутивне поле «CES\_val» векторного набору «BGI\_CES».

Оцінка ризиків недоотримання КЕП, як різниці між максимальними обсягами та актуальними, обумовленими станом зеленої зони здійс-

нюється за процедурою векторних обчислень *Vector Table/ module Field calculator* та запитам до атрибутивних таблиць набору, а результат передається у атрибутивне поле «CES\_risk» та «CES\_R\_name» у набір геоданих «BGI\_CES» (рис. 2).

4. Блок обрахунків (рис.3) бального показнику альтернативної доступності зеленої зони (*I\_alternative\_availability*). Даний показник відбиває співвідношення пропозиції - попиту КЕП. Тож розрахунок даного показника дозволяє зрозуміти, що зелена зона, розташована на території з найбільшою кількістю мешканців та найменшою кількістю альтернативних зелених зон має найвищий показник потенційних можливостей щодо забезпечення попиту на КЕП, а отже потребує найбільшої уваги в управлінні. Обчислення показнику відбувається за допомогою процедур:

- оверлейного аналізу *Vector overlay / module Intersection* між наборами геоданих «BGI\_CES» та «local\_district»;

- у отриманому оверлеєм наборі картометричними обрахунками визначаються площі фрагментів зелених зон у житлових масивах «Area\_frac»;

- обчисленням статистики за категоріями *Vector analysis / module Statistics by categories* в отриманому наборі обраховується статистичний

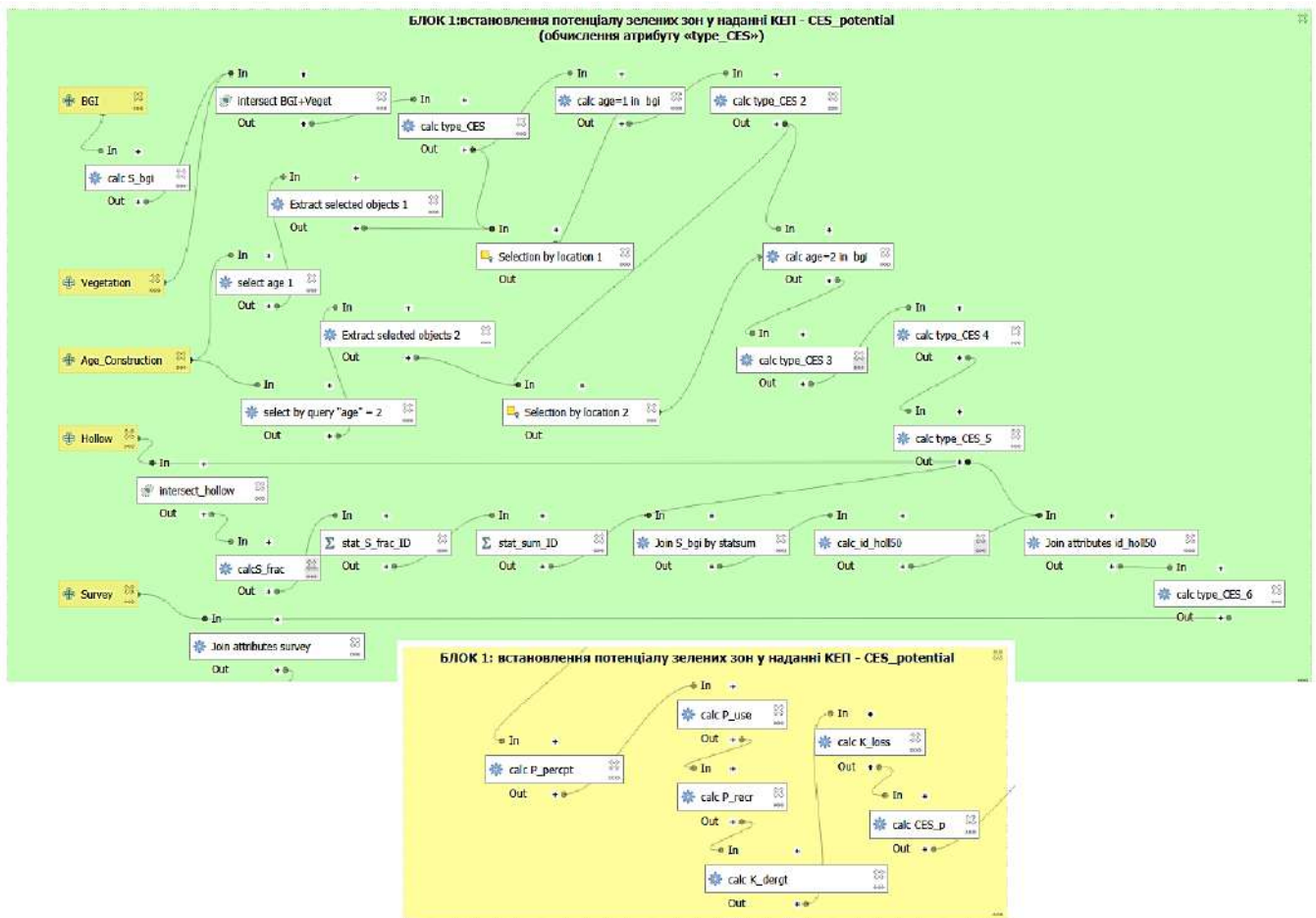


Рис. 1. Фрагмент алгоритму обчислень Model\_CES:

Блок встановлення потенціалу зелених зон у наданні КЕП /

Fig. 1. The part of the Model\_CES calculation algorithm: unit for detection of the potential of green areas in providing CES



Рис. 2. Фрагмент алгоритму обчислень Model\_CES: Блоки 2-3 визначення ефективності зеленої зони у наданні КЕП та обрахунків обсягів КЕП та ризиків їх втрати /

Fig. 2. The part of the Model\_CES calculation algorithm: blocks 2-3 assessing the effectiveness of the green zone in providing CES and calculating the amounts of CES and the risks losses

показник суми площ зелених зон у житлових масивах міста (проміжний атрибут «Area\_frac\_sum»);  
 - приєднання значень проміжного атрибуту «Area\_frac\_sum» до набору «BGI\_CES» відбувається алгоритмом геообробки *Vector general / module Join attributes by field value* використо-

вуючи унікальний ідентифікатор зеленої зони у ключовому полі «ID» для з'єднання таблиць;  
 - створенням запитів до атрибутивних таблиць в процедурах векторних обчислень (*Vector Table/ module Field calculator*) та за допомогою створення вибірки даних на основі критеріїв

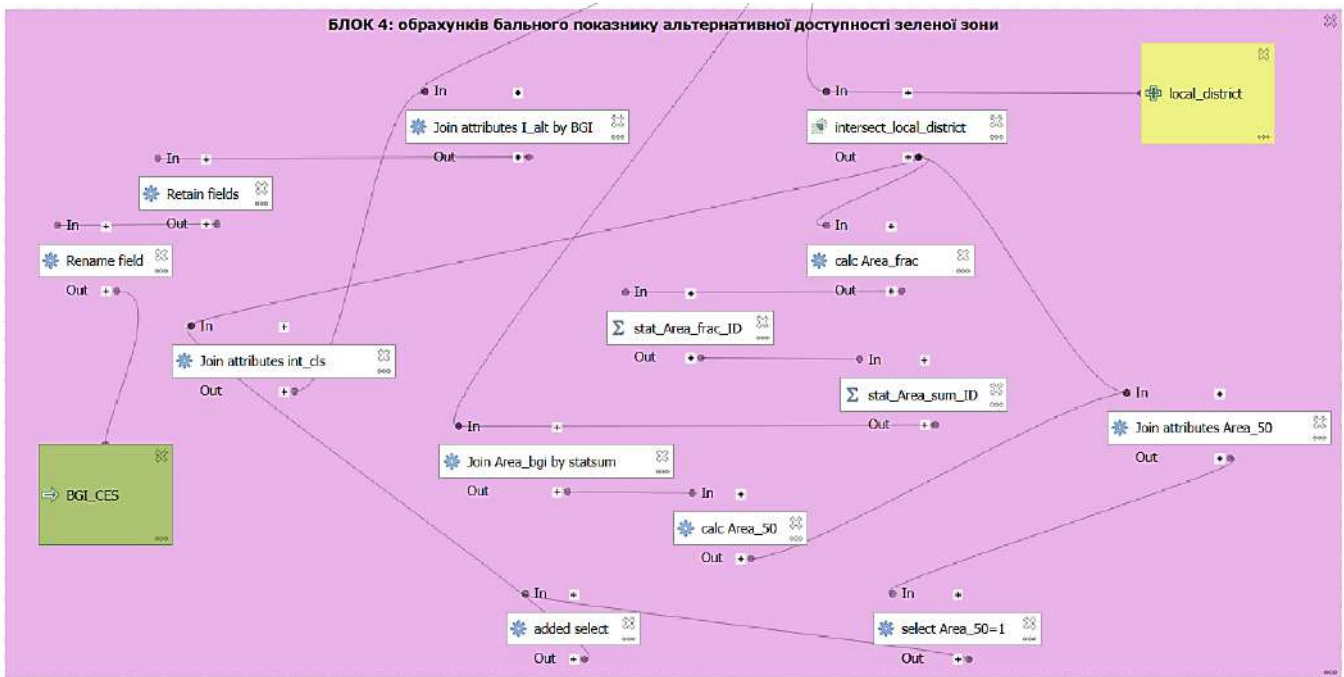


Рис. 3. Фрагмент алгоритму обчислень Model\_CES: Блок обрахунків бального показнику альтернативної доступності зеленої зони /

Fig. 3. The part of the Model\_CES calculation algorithm: block of calculations for the indicator of alternative availability of green areas (in scores)

(*Vector selection / module Select by expression*) визначаються ті зелені зони які на 50% та більше своєї площі розташовані у житлових масивах з певною альтернативною доступністю. Значення показнику альтернативної доступності з набору «local\_district» (атрибут «I\_alt») передаються у результуючий набір даних процедурами *Vector general / module Join attributes by field value* використовуючи унікальний ідентифікатор зеленої зони у ключовому полі «ID» для з'єднання таблиць.

Результуючим (Output Data) набором гео-даних визначення обсягів КЕП та ризиків їх недоотримання є векторний набір «BGI\_CES». Геодані набору описані атрибутивною інформацією про кожну з зелених зон (природні та антропогенні характеристики, що впливають на обсяги надання КЕП). Після реалізації моделі Model\_CES, векторний набір гео-даних (Output Data) - «BGI\_CES» має містити атрибутивну інформацію про обсяги КЕП та ризики їх втрати (рис. 4).

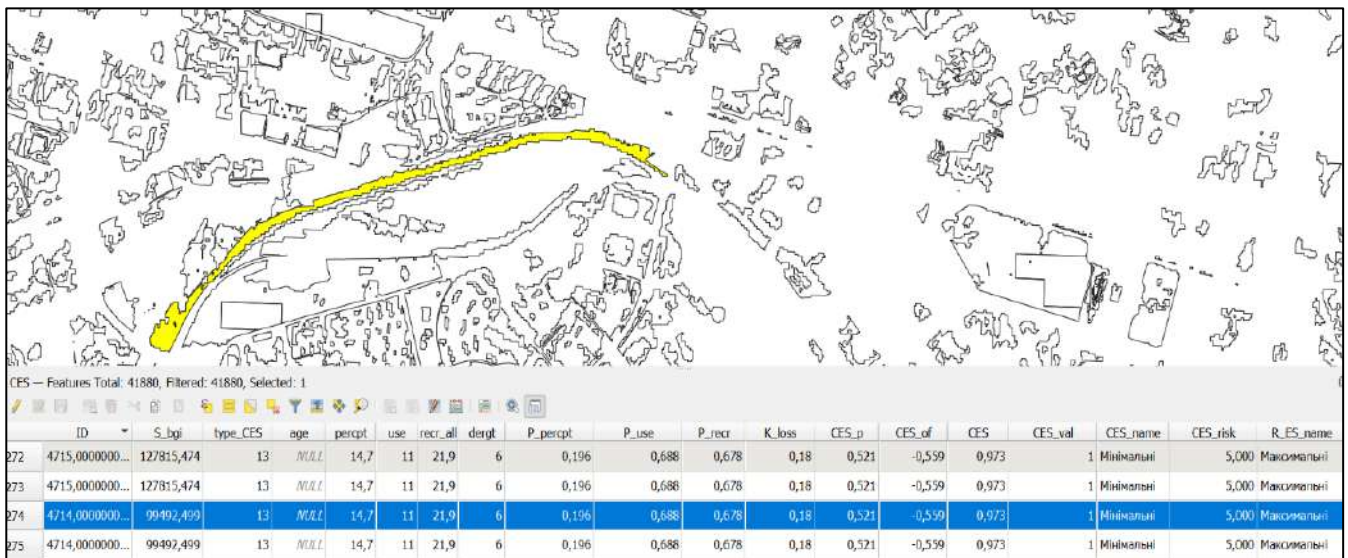


Рис. 4. Візуалізація результуючого набору гео-даних Model\_CES та атрибутивної таблиці до набору даних «BGI\_CES» /

Fig. 4. Visualisation and attributive table of the resulting dataset for the Model\_CES

Результатом реалізації технології, що представлена геоінформаційною моделлю визначення обсягів КЕП та оцінювання ризиків їх недоотримання Model\_CES – є файлова база даних у форматі GeoPackage відповідно до стандартів Open Geospatial Consortium, що містить всі необхідні векторні та растрові набори геоданих, їх стилі та представлення. Зміст, структура, походження, параметри точності та обмеження геоданих задокументовані в метаданих.

БД Model\_CES, за вхідні набори даних має наступні: табличні: «survey\_all»; векторні: «Vegetation», «BGI», «local\_district», «hollow», «age\_constrct». Вихідний набір «BGI\_CES», після реалізації технології оцінки містить атрибутивну інформацію про кожну зелену зону, зокрема про: їхній потенціал у наданні КЕП, ефективність у наданні КЕП, обсяги КЕП та ризики їх втрати.

**Висновки.** В роботі представлені технологічні особливості реалізації методики оцінювання культурних екосистемних послуг, що їх надають міські зелені зони. Технологія базується на інструментарії просторового аналізу QGIS/SAGA (версія QGIS 3.32.1-Lima), що містить необхідні базові алгоритми геообробки та модулі для обчислення КЕП.

Технологія оцінювання КЕП представлена в моделі Model\_CES. Функціонування та коректність роботи Model\_CES залежить від обсягів і якості вхідних даних (Input Data). Задля включення в оцінку всіх аспектів, що обумовлюють пропозицію КЕП, в технологічній схемі у якості атрибутів до БД було включено інформацію про: міські зелені зони; рослинність; ландшафти; райони із різновіковою забудовою міста; локальні райони зосередженості населення міста; дані статистики опитування тощо. Вся атрибутивна інформація є основою для коректної роботи ал-

горитмів Model\_CES, зокрема розрахунку показників, за якими пропонується оцінювати обсяги КЕП.

Адекватно до розроблених показників, була сформована файлова база даних у форматі GeoPackage відповідно до стандартів Open Geospatial Consortium - Model\_CES, яка за вхідні набори даних має наступні: табличні: «survey\_all»; векторні: «Vegetation», «BGI», «local\_district», «hollow», «age\_constrct».

Технологічні процедури та алгоритм обчислень обсягів КЕП та ризиків їх втрати в Model\_CES формують наступні блоки розрахунків: 1. блок встановлення потенціалу зелених зон у наданні КЕП; 2. блок визначення ефективності зеленої зони у наданні КЕП – реальної пропозиції КЕП; 3. блок обрахунків обсягів екосистемних послуг та ризиків їх втрати; 4. блок обрахунків бального показнику альтернативної доступності зеленої зони.

Вихідний набір «BGI\_CES», після реалізації технології містить атрибутивну інформацію про кожну зелену зону, зокрема, про їхню здатність надавати культурні екосистемні послуги, ефективність у наданні КЕП, про обсяги КЕП та ризики їх втрати.

Представлена технологія може використовуватись у практиці міського планування, як інструмент підвищення якості міських зелених зон, їх сталого розвитку та забезпечення містян максимальними обсягами КЕП.

**Подяка.** Дане дослідження виконане в рамках проекту «Технологія геоінформаційного оцінювання надання екосистемних послуг міськими зеленими зонами», що фінансується за рахунок зовнішнього інструменту допомоги Європейського Союзу для виконання зобов'язань України у Рамковій програмі Європейського Союзу з наукових досліджень та інновацій «Горизонт 2020».

#### Список використаної літератури

1. Гродзинський М. Д., Корогода Н.П., Гродзинська О.Ю., Свідзінська Д.В. Чинники сприйняття та оцінка проблем зелених зон м. Києва його мешканцями [Текст] / М. Д. Гродзинський, Н.П. Корогода, О.Ю. Гродзинська, Д.В. Свідзінська // Український географічний журнал. – 2023. - №1. - С. 15–22. <https://doi.org/10.15407/ugz2023.01.015>
2. Корогода Н.П., Ковтонюк О.В., Галаган О.О., Купач Т. Г. Геоінформаційне оцінювання екосистемних послуг з контролю швидкості ерозії ґрунту у ландшафтах міських зелених зон [Текст] / Н.П. Корогода, О.В. Ковтонюк, О.О. Галаган, Т. Г. Купач // Ландшафтознавство. – 2023. - № 4 (2). – С. 55-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-4-54-67>
3. Корогода Н., Купач Т. Оцінка обсягів надання культурних екосистемних послуг зеленими зонами міста Києва / Н. Корогода, Т. Купач // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія». - 2023.- Вип. 58. - С. 159-170. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-13>.
4. Корогода Н.П. Оцінка екосистемних послуг зі зниження рівня шуму від дорожнього руху у міських ландшафтах [Текст] / Н.П. Корогода // Ландшафтознавство. – 2023. - № 3 (1). – С. 56-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-56-67>
5. Корогода Н., Яценко Ю. Оцінка екосистемних послуг зі зниження рівнів пилового забруднення атмосферного повітря міста вздовж автошляхів [Текст] / Н. Корогода, Ю. Яценко // Фізична географія та геоморфологія. – 2023. - № 46, 1–6 (117–119). - С. 38 – 46. <https://doi.org/10.17721/phgg.2023.1-6.04>

6. Купач Т. Г., Корогода Н.П. Показники рекреаційної цінності та придатності міських зелених зон для оцінки культурних екосистемних послуг [Текст] / Т. Г. Купач, Н.П. Корогода // *Географія та туризм*. - 2022. - № 70, 71-80 <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2022.70.71-80>
7. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України. Наказ №105 від 10.04.2006, Київ, Міністерство розвитку громад та територій України, 2006. - 48с.
8. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1) / M. Buchhorn, B. Smets, L. Bertels [et al.], 2020. [Data set] / Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
9. Daniel T. C., Muhar A., Arnberger A., Dunk A. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. - 2012. - 109 (23). - P. 8812–8819 <https://doi.org/10.1073/pnas.1114773109>.
10. Dinda S., Ghosh S. Perceived benefits, aesthetic preferences and willingness to pay for visiting urban parks: A case study in Kolkata, India // *International Journal of Geoheritage and Parks*. - 2021. - 9 (1). - P. 36-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2020.12.007>
11. Elbakidze M., Dawson L., Kraft van Ermel LE. et al. Understanding people's interactions with urban greenspace: Case studies in Eastern Europe / M. Elbakidze, L. Dawson, LE. Kraft van Ermel et al. // *Urban Forestry & Urban Greening*. -2023. - Vol. 89. - P. 128117. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128117>
12. Elbakidze M., Dawson L., Milberg P., Mikusiński G., Hedblom M., Kruhlov I., Yamelynets T., Schaffer C., Johansson K-E., Grodzynski M. Multiple factors shape the interaction of people with urban greenspace: Sweden as a case study // *Urban Forestry & Urban Greening*. - 2022. - 74. - P. 127672 <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127672>.
13. ESA WorldCover 10 m 2020 v100 / D. Zanaga, R. Van De Kerchove, W. De Keersmaecker [et al.], 2021 [Electronic resource] / Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>.
14. Fischer L.K., Botzat A., Honold J., Cvejić R., Brinkmeyer D., Delshammar T., et al. Recreational ecosystem services in European cities: sociocultural and geographical contexts matter for park use // *Ecosystem Services*. - 2018. - 31. - P. 455–467. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.015>
15. Hutcheson W., Hoagland P., Jin D. Valuing environmental education as a cultural ecosystem service at Hudson River Park // *Ecosystem Services*. - 2018. - 31. - P. 387–394. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.005>
16. Kasparinskis R., Ruskule A., Vinogradovs I., Pecina M. V. The guidebook on ecosystem service framework in integrated planning / R. Kasparinskis, A. Ruskule, I. Vinogradovs, M. V. Pecina. - Riga: University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, 2018. - 63 p.
17. Ko H., Son Y. Perceptions of cultural ecosystem services in urban green spaces: a case study in Gwacheon, Republic of Korea // *Ecological Indicators*. - 2018. - 91. - P.299–306. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.006>
18. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O. Kyiv green areas: assessment of the functioning efficiency and volumes of ecosystem services for erosion control / N. Korohoda, O. Kovtoniuk, O. Halahan // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. - 2023. - Vol.32 (3). - P. 516-524. <https://doi.org/10.15421/112346>
19. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O. The use of GIS and remote sensing data in determining the condition of green areas in Kyiv // *XVI International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* 15–18 November 2022, Kyiv, Ukraine <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580056>
20. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O., Kupach T. Technological features of the assessment ecosystem services control of erosion rates / N. Korohoda, O. Kovtoniuk, O. Halahan, T. Kupach // *XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* 7 - 10 November 2023, Kyiv, Ukraine <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-071.pdf>
21. Mao Q., Wang L., Guo Q., Li Y., Liu M. and Xu G. Evaluating Cultural Ecosystem Services of Urban Residential Green Spaces From the Perspective of Residents' Satisfaction With Green Space // *Front. Public Health*. -2020. - 8. - P.226. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00226>
22. Plieninger T., Sebastian D., Oteros-Rozas S., Bieling C. Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level // *Land Use Policy*. - 2013. - 33. - P. 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013>
23. Pochaievets O., Korohoda N. The use of GIS and remote sensing data for assessing ecosystem services for hydrological cycle and water flow regulation / O. Pochaievets, N. Korohoda // *XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* 7 - 10 November 2023, Kyiv, Ukraine <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-115.pdf>
24. Zwierzchowska I., Hof A., Iojă I.C., Mueller C., Ponizy L., Breuste J., et al. Multi-scale assessment of cultural ecosystem services of parks in Central European cities // *Urban For Urban Green*. - 2018. - 30. - P. 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.12.017>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

## Technological features of cultural ecosystem services assessment

Nataliia Korohoda <sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Physical Geography and Geoecology,

<sup>1</sup> Kyiv National University named after Taras Shevchenko, Kyiv, Ukraine;

Tetiana Kupach <sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Geography of Ukraine

### ABSTRACT

The benefits that city residents receive from green spaces related to maintaining their health are a group of cultural ecosystem services (CES). To avoid subjectivity in the assessment of CES, there is a methodology based on determining the effectiveness of green spaces in providing them. Currently, there is no technological scheme for assessing the CES available to urban planners. Accordingly, **the purpose of the paper** is to highlight the technological features of the CES assessment. **Methodologically**, the work consists in creating a geodatabase (DB) on the state of green spaces and anthropogenic pressure on them. All the calculation indicators proposed in the methodology should be included in the database as attributes, and their calculation should be performed as working scenarios documented in the form of automated calculation models, etc. The technology is based on QGIS/SAGA spatial analysis tools (QGIS version 3.32.1-Lima), which contains the necessary basic geoprocessing algorithms and modules for calculating the CES.

The technology for estimating CES is presented in the Model\_CES. The functioning of the Model\_CES depends on the amount and quality of input data. As input data, the database includes information on: urban green spaces; vegetation; landscapes; areas with multi-age urban development; local areas of urban population concentration; survey statistics, etc. Attribute information is the basis for the correct operation of the Model\_CES algorithms, in particular, the calculation of parameters by which it is proposed to assess the volume of CES. Adequate to the parameters, a file database in the GeoPackage format was formed in accordance with the standards of the Open Geospatial Consortium - Model\_CES, which contains the input data sets: tabular: "survey\_all"; vector: "Vegetation", "BGI", "local\_district", "hollow", "age\_construct".

Technological procedures and algorithm for calculating CES volumes and risks of their loss in Model\_CES form calculation blocks: 1. a block for determining the potential of green spaces in providing CES; 2. a block for determining the effectiveness of the green space in providing CES - the real supply of CES; 3. a block for calculating the volume of ecosystem services and the risks of their loss; 4. a block for calculating the score of alternative availability of the green space.

As a **result**, the proposed algorithm produces the output geodataset "BGI\_CES". After the implementation of the technology, this dataset contains attribute information about each green space, in particular, their ability to provide cultural ecosystem services, efficiency in providing CES, the volume of CES and the risks of their loss.

Thus, the paper **solves the scientific task** of creating an assessment technology that meets the following requirements: it is suitable for processing information that is spatially distributed; it is focused on the availability of uncertain and often limited data; it is available for use by specialists of design and other institutions that may be limited in data. The presented technology **can be used in urban planning practice** as a tool for improving the quality of urban green spaces, their sustainable development and providing citizens with the maximum amount of CES.

**Keywords:** cultural ecosystem services (CES), urban green spaces (UGS), geographic information systems, database.

### References

1. Grodzynski, M., Korohoda, N., Grodzynska, O., Svidzinska, D. (2023). Factors of perception and assessment of problems of green areas in Kyiv by its residents. *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 15-22 <https://doi.org/10.15407/ugz2023.01.015> [in Ukrainian]
2. Korohoda N. P., Kovtoniuk O. V., Halahan O. O., Kupach T. H. (2023) Geoinformation assessment of ecosystem services for controlling the rate of soil erosion in landscapes of urban green zones. *Landscape Science*, 4 (2), 55-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-4-54-67> [in Ukrainian]
3. Korohoda N., Kupach T. (2023) Assessment of the volume of provision of cultural ecosystem services by Kyiv green zones. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (58), 159-170. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-13> [in Ukrainian]
4. Korohoda N.P. (2023) Assessment of ecosystem traffic noise reduction service in the urban landscapes. *Landscape Science*, 3 (1), 56-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-56-67> [in Ukrainian]
5. Korohoda N., Yatsenko Yu. (2023) Assessment of ecosystem services to reduce the level of dust pollution in the urban air along roads. *Physical geography and geomorphology*, 46, 1-6 (117-119), 38-46. <https://doi.org/10.17721/phgg.2023.1-6.04> [in Ukrainian]
6. Kupach T., Korohoda N. (2022) The values of recreational importance and suitability of urban green areas for the assessment of cultural ecosystem services. *Geography and Tourism* 70, 71-80. <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2022.70.71-80> [in Ukrainian]
7. *On the approval of the Rules for the maintenance of green spaces in populated areas of Ukraine* (2006). Order No. 105 dated April 10, 2006, Kyiv, Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine, 48 [in Ukrainian]



8. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1). M. Buchhorn, B. Smets, L. Bertels [et al.] (2020). [Data set]. Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
9. Daniel, T. C., Muhar, A., Arnberger, A., Dunk, A. (2012). Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (23), 8812–8819. <https://doi.org/10.1073/pnas.1114773109>
10. Dinda, S., Ghosh, S. (2021). Perceived benefits, aesthetic preferences and willingness to pay for visiting urban parks: A case study in Kolkata, India. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 9 (1), 36-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2020.12.007>
11. Elbakidze M., Dawson L., Kraft van Ermel LE. et al. (2023). Understanding people's interactions with urban green-space: Case studies in Eastern Europe. *Urban Forestry & Urban Greening*, 89, 128117. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128117>
12. Elbakidze, M., Dawson, L., Milberg, P., Mikusiński, G., Hedblom, M., Kruhlov, I., Yamelynet, s T., Schaffer, C., Johansson, K-E., Grodzynski, M. (2022). Multiple factors shape the interaction of people with urban greenspace: Sweden as a case study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 74, 127672. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127672>
13. ESA WorldCover 10 m 2020 v100 / D. Zanaga, R. Van De Kerchove, W. De Keersmaecker [et al.] (2021). [Electronic resource]. Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>
14. Fischer, L.K., Botzat, A., Honold, J., Cvejić, R., Brinkmeyer, D., Delshammar, T., et al. (2018). Recreational ecosystem services in European cities: sociocultural and geographical contexts matter for park use. *Ecosystem Services*, 31, 455–467. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.015>
15. Hutcheson, W., Hoagland, P., Jin, D. (2018). Valuing environmental education as a cultural ecosystem service at Hudson River Park. *Ecosystem Services*, 31, 387–394. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.005>
16. Kasparinskis R., Ruskule A., Vinogradovs I., Pecina M. V. (2018). *The guidebook on ecosystem service framework in integrated planning*. Riga: University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, 63.
17. Ko, H., Son, Y. (2018). Perceptions of cultural ecosystem services in urban green spaces: a case study in Gwacheon, Republic of Korea. *Ecological Indicators*, 91, 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.006>
18. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O. (2023). Kyiv green areas: assessment of the functioning efficiency and volumes of ecosystem services for erosion control. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32 (3), 516-524. <https://doi.org/10.15421/112346>
19. Korohoda, N., Kovtoniuk, O., Halahan, O. (2022). The use of GIS and remote sensing data in determining the condition of green areas in Kyiv. XVI International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment" 15–18 November 2022, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580056>
20. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O., Kupach T. (2023). Technological features of the assessment ecosystem services control of erosion rates. XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment" 7-10 November 2023, Kyiv, Ukraine. <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-071.pdf>
21. Mao, Q., Wang, L., Guo, Q., Li, Y., Liu, M. and Xu, G. (2020) Evaluating Cultural Ecosystem Services of Urban Residential Green Spaces From the Perspective of Residents' Satisfaction With Green Space. *Front. Public Health*, 8, 226. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00226>
22. Plieninger, T., Sebastian, D., Oteros-Rozas, S., Bieling, C. (2013). Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, 33, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013>
23. Pochaievets O., Korohoda N. (2023). The use of GIS and remote sensing data for assessing ecosystem services for hydrological cycle and water flow regulation. XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment" 7 - 10 November 2023, Kyiv, Ukraine. <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-115.pdf>
24. Zwierzchowska, I., Hof, A., Iojă, I.C., Mueller, C., Ponizy, L., Breuste, J., et al. (2018). Multi-scale assessment of cultural ecosystem services of parks in Central European cities. *Urban For Urban Green*, 30, 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.12.017>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 14 December 2023

Accepted 15 March 2024

## Техногенно-екологічна небезпека застосування хімічних засобів захисту рослин (на прикладі купрумвмісних препаратів)

**Олена Крайнюк**<sup>1</sup>

к. техн. н., доцент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності

<sup>1</sup> Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Харків, Україна,

e-mail: [alenuvarova@ukr.net](mailto:alenuvarova@ukr.net), [id https://orcid.org/0000-0001-9524-040X](https://orcid.org/0000-0001-9524-040X);

**Юрій Буц**<sup>2</sup>

д. техн. н., професор кафедри охорони праці та навколишнього середовища

<sup>2</sup> Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна,

e-mail: [butsyura@ukr.net](mailto:butsyura@ukr.net), [id https://orcid.org/0000-0003-0450-2617](https://orcid.org/0000-0003-0450-2617);

**Віталій Барбашин**<sup>3</sup>

к. техн. н., доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності

<sup>3</sup> Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, Україна,

e-mail: [barbachyn@ukr.net](mailto:barbachyn@ukr.net), [id https://orcid.org/0000-0003-3262-8305](https://orcid.org/0000-0003-3262-8305);

**Ольга Нікітченко**<sup>3</sup>

к. техн. н., доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності,

e-mail: [olganikitchenko369@gmail.com](mailto:olganikitchenko369@gmail.com), [id https://orcid.org/0009-0007-1313-2191](https://orcid.org/0009-0007-1313-2191);

**Мар'яна Паккі**<sup>4</sup>

к. пед. н., доцент кафедри фундаментальної та прикладної геології

<sup>4</sup> Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна,

e-mail: [pakki@karazin.ua](mailto:pakki@karazin.ua), [id http://orcid.org/0000-0002-1343-572X](http://orcid.org/0000-0002-1343-572X)

Метою наукової праці є визначення техногенно-екологічної небезпеки застосування хімічних засобів захисту рослин (на прикладі купрумвмісних препаратів). У роботі розкрито сутність техногенно-екологічної небезпеки засобів захисту рослин для людини та довкілля, проаналізовано масштаби використання і зберігання засобів захисту рослин в Україні, зокрема у Харківській області; окреслено шляхи підвищення техногенно-екологічної безпеки засобів захисту рослин; на прикладі купрумвмісних препаратів показано небезпеку застосування хімічних засобів захисту рослин для овочевої продукції. Розглянуто обсяги накопичення та використання пестицидів в Україні, у тому числі на складах Харківського регіону. Збільшилася кількість централізованих складів. Заборонені та непридатні до використання хімічні засоби захисту рослин відсутні з 2012 року. Дослідження проводились із використанням овочів (томати, огірки) та зеленої цибулі. У зеленій масі цибулі, що контактувала безпосередньо з препаратом на основі сульфату купруму ( $\text{CuSO}_4$ ) виявлено вміст Cu, що перевищує ГДК для овочів. При дослідженні томатів та огірків вивчено вміст купруму у плодах. Встановлено, що обробка препаратом, що містить купрум, не впливає на вміст Cu у плодах протягом усього експерименту, включно з днем обробки. Максимальний вміст Cu у плодах томатів у день обробки не перевищує ГДК у дослідній і контрольній пробі. Підвищення концентрації Cu у дослідних зразках порівняно з контрольними статистично не значуще, оскільки всі значення виявилися нижчими за ГДК для овочів, що становить 5,0 мг/кг. Дослідження виявило періодичне збільшення вмісту цього важкого металу у пробах огірків і томатів, узятих у день обробки, порівняно з контрольними зразками. Це може бути пов'язано з наявністю ще не змитого препарату на поверхні оброблюваної культури. Виходячи з даних, отриманих під час вивчення накопичення купруму в рослинах протягом вегетативного сезону, можна припустити, що активне накопичення цього хімічного елемента у плодах відбувається тільки на стадії їх формування. У міру дозрівання рівень поглинання купруму плодами знижується.

**Ключові слова:** техногенно-екологічна небезпека; купрум; хімічні засоби захисту рослин; купрумвмісні пестициди; овочева продукція; природоохоронні технології.

**Як цитувати:** Крайнюк Олена. Техногенно-екологічна небезпека застосування хімічних засобів захисту рослин (на прикладі купрумвмісних препаратів) / Олена Крайнюк, Юрій Буц, Віталій Барбашин, Ольга Нікітченко, Мар'яна Паккі // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 354-365. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-26>

**In cites:** Krainiuk Olena, Buts Yuriy, Barbashyn Vitalii, Nikitchenko Olga, Pakki Marianna (2024). Technogenic and ecological hazards of using chemical plant protection products (on the example of copper-containing preparations). Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 354-365. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-26> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Однією з глобальних техногенно-екологічних проблем та чинників виникнення надзвичайних ситуацій, які утворюються в процесі сільськогосподарського виробництва, є негативний вплив на довкілля та здоров'я людини пестицидів – хімічних речовин, що застосовуються для боротьби зі шкід-

ливими організмами як у сільському, так і лісовому господарстві.

Завдяки високій ефективності, простоті та доступності хімічні методи виявлення пестицидів є головними у захисті рослин і передбачають використання пестицидів для запобігання розвитку і знищення шкідників, хвороб рослин і бур'

янів при масовому їх розмноженні та поширенні. Створення та широке використання пестицидів надало суттєвий економічний ефект і призвело до значного росту світового виробництва продовольства та сировини для промисловості. За рахунок використання пестицидів помітно підвищується продуктивність сільського господарства, при цьому суттєво скорочуються енергетичні витрати на отримання продукції рослинництва. Використання гербіцидів у посівах цукрового буряка, наприклад, дає економію енерговитрат, еквівалентну 36-66 кг дизельного пального на 1 га, у посівах рису – 9-26 кг [1].

У сільському господарстві України щорічні втрати врожаю від шкідливих організмів становлять 25-30 %, тому використання хімічних засобів захисту рослин (ХЗЗР) є необхідною складовою сучасних методів вирощування. Перевага застосування пестицидів перед іншими методами полягає у їх високій ефективності, яка підтримується науковими дослідженнями і забезпечує як високу продуктивність, так і економічну вигоду у тривалій перспективі.

Поряд з очевидним позитивним ефектом, з часом почали виявлятися і негативні наслідки впровадження у виробництво інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур та широкого використання ХЗЗР, а саме: зростання пестицидного навантаження на сільгоспугіддя, накопичення пестицидів у ґрунтах, водоймах, виникнення стійких до них популяцій шкідливих організмів (емерджентність), поява нових економічно вагомих видів шкідників, згубна дія на представників корисної флори і фауни, потенційна загроза здоров'ю людини, порушення рівноваги у природних біоценозах, збільшення небезпеки забруднення навколишнього природного середовища та врожаю і т. ін. За розрахунками авторів [2] понад 60 % сільськогосподарської території оброблюється фунгіцидами, що є серйозним викликом для політиків у ряді країн, що розвиваються, особливо якщо вони прагнуть досягти балансу між продовольчою безпекою та безпекою навколишнього середовища [4]. Пестициди і близькі до них сполуки, які в більшості своїй є ксенобіотиками, складають від 3 до 5 % загальної кількості різних хімічних сполук, які є продуктами господарської діяльності людини та виявлені в навколишньому природному середовищі [5].

Умови інтенсивного застосування засобів захисту рослин, а також серйозна проблема забруднення пестицидами об'єктів агроєкосистем через місцеві джерела забруднення, створюють загрозу для здоров'я людей через використання забрудненої пестицидами сільськогосподарської продукції. Близько 92 типів пестицидів фіксують

у складі товарного меду [3]. Споживання такої продукції веде до ризику безпліддя у жінок та навіть раку простати у чоловіків [3]. Пестициди належать до хімічних екзогенних чинників антропогенного походження, що можуть негативно впливати на щитоподібну залозу [5].

Пестициди мають широкий негативний вплив на біосферу, який порівнюють з глобальними екологічними проблемами, і можуть призвести до надзвичайних техногенно-екологічних ситуацій. Їх потрапляння у навколишнє природне середовище забруднює ґрунти, водні ресурси та атмосферне повітря, що призводить до погіршення родючості ґрунтів і загрози здоров'ю людини через хімічні залишки в продуктах харчування. Вивчення впливу пестицидів на довкілля, особливо актуальне, оскільки це спонукає до виникнення надзвичайних ситуацій.

**Мета дослідження.** Метою наукової праці є визначення техногенно-екологічної небезпеки застосування хімічних засобів захисту рослин (на прикладі купрумвмісних препаратів).

Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання:

- розкрити сутність техногенно-екологічної небезпеки засобів захисту рослин для людини та довкілля;

- проаналізувати масштаби використання і зберігання засобів захисту рослин в Україні, зокрема у Харківській області;

- окреслити шляхи підвищення техногенно-екологічної безпеки ХЗЗР;

- на прикладі купрумвмісних препаратів вказати на небезпеку застосування хімічних засобів захисту рослин для овочевої продукції.

*Об'єктом дослідження* є техногенно-екологічна загроза використання засобів захисту рослин та шляхи її зниження.

*Предметом досліджень* є небезпека застосування купрумвмісних засобів захисту рослин та їх вплив на овочеву продукцію

Матеріали і методи досліджень. Для вивчення масштабів використання та зберігання засобів захисту рослин в Україні та виявлення їх техногенно-екологічної загрози використано аналіз статистичних даних про обсяги закупівель та використання пестицидів, зокрема у Харківському регіоні, опитування крупних аграріїв та виробників засобів захисту рослин. Проведено літературний огляд з метою вивчення наукових публікацій та звітів про техногенно-екологічну небезпеку застосування ХЗЗР. Експериментальні дослідження і хімічний аналіз деяких видів сільськогосподарської продукції після обробки пестицидами здійснено за допомогою атомно-абсорбційного аналізу в лабораторіях Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У світлі поточного екологічного стану в Україні виникла серйозна проблема, що походить від людської діяльності – загроза виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з використанням пестицидів. Дослідження впливу хімічних засобів захисту рослин на екосистеми та здоров'я людей є актуальними. Щорічно в аграрній сфері світу використовується величезна кількість мінеральних добрив та ХЗЗР – 400 млн. тон і 2 млн. тон відповідно. Міграція небезпечних речовин, які надходять з хімічними засобами у ґрунтове середовище, водні об'єкти і атмосферу, викликає забруднення екосистеми та зниження якості довкілля. Застосування хімічних препаратів паралельно із промисловим забрудненням, а у даний час ще і з екологічними наслідками військових дій, негативно впливає на екологічний стан та стійкість агроландшафтів [6, 7]. Сільськогосподарські угіддя в Україні займають 42 млн. гектарів, що становить 72 % загального земельного фонду країни [8]. Сільським господарством використовується гербіцидів – 893 препарати, фунгіцидів – 382 препарати, інсектицидів – 234 препарати [8].

Під вплив пестицидів потрапляють основні компоненти агрофітоценозів: ґрунти сільськогосподарських угідь, рослини, надземна та ґрунтова біота, ґрунтові води, поверхневі водні об'єкти [9]. Купрумвмісні пестициди впливають на корисних комах, а негативний вплив фунгіцидів, що використовуються для боротьби з захворюваннями рослин, недооцінений. Хімічний фон фунгіцидів негативно впливає на ряд показників життєдіяльності ентомофагів таких як: пошукова здатність, агресивність, плодючість, тривалість життя. А це в свою чергу знижує ефективність біологічного захисту рослин від шкідників та знижує врожайність томатів [10].

Проблема залишкових решток пестицидів у навколишньому природному середовищі має багатоаспектний характер, який пояснюється наступним:

- відмінністю фізико-хімічних і токсикологічних властивостей пестицидів;
- особливостями їх поведінки, яка залежить як від властивостей самого препарату, так і від природних чинників;
- можливістю складного внесення різних функціональних пестицидів (сумішей) та їх одночасне використання з іншими хімічними засобами;
- технічною складністю заходів щодо захисту рослин тощо.

Поміж загально-екологічних проблем, пов'язаних із застосуванням ХЗЗР, слід відмітити глобальну міграцію пестицидів, що включає їх пе-

реміщення з використанням трофічних ланцюгів, надходженням у продукти харчування і вплив на здоров'я людини, зростання стійкості шкідливих організмів та інші наслідки.

Внаслідок застосування пестицидів, хімічні речовини, які утворюють їх склад, потрапляють у довкілля, а потім, через харчові ланцюги, до організмів тварин та інших живих істот, включаючи людину. Це може призвести до накопичення шкідливих хімічних елементів, зокрема важких металів у тілі людини. Протягом тривалого періоду токсичного впливу можуть виникнути негативні наслідки, такі як алергічні реакції, утворення пухлин (онкогенність), злоякісні пухлини (канцерогенність), зміни у генах і хромосомах (мутагенез), вплив на репродуктивні функції, що може призвести до безпліддя, імпотенції у чоловіків, ускладнень під час вагітності (тератогенез) та навіть летальних наслідків [11-13]. Використання пестицидів збільшує ризик раку через різні механізми, такі як сприяння розвитку пухлин, генотоксичність, гормональна дія, епігенетичні ефекти та імунотоксичність, необхідні подальші експериментальні дослідження для виявлення зв'язку між впливом пестицидів і раком на молекулярному рівні. Існує потреба в детальному дослідженні та моніторингу рівня пестицидів у харчових (їжа та вода) та нехарчових (повітря) джерелах [14]. Подальші дослідження також необхідні для того, щоб краще охарактеризувати несприятливий вплив цих агрохімікатів на людину.

Викиди різних хімічних сполук від інтенсивного використання агрохімікатів наносять не виправну шкоду довкіллю. Вони забруднюють ґрунти, водойми, підземні води, природні угіддя та повітря через опади, що випадають із атмосфери. Негативний вплив усіх хімічних сполук відчутний на всіх екологічних рівнях біосфери, при цьому природні екосистеми перетворюються на техногенні, змінюються ландшафти і створюється вплив на неживу природу. Дослідження процесів міграції пестицидів показує залежність вмісту пестицидів у ґрунтах та ґрунтових водах від температури, пористості ґрунтової системи, вологості ґрунтів та сорбційно-десорбційних процесів, які відбуваються в системі «ґрунт-вода» [15].

Пестициди не лише забруднюють навколишнє природне середовище під час їхнього використання для боротьби з шкідливими організмами, але також створюють негативну дію під час їхнього виробництва, зберігання, транспортування та утилізації. На сьогоднішній день проводяться численні дослідження у галузі екоотоксикології хлороорганічних пестицидів, які вивчають їхню міграцію у екосистемах. Встановлено, що

під впливом світла, вітру, кисню, температури, вологості, типу та стану ґрунтів, пестициди можуть бути перенесеними на суттєві відстані і накопичуватися в організмі людини або тварин. Розкладаючись у довкіллі, пестициди утворюють нові хімічні сполуки з іншими хімічними та біологічними властивостями. За останні кілька років використовується близько 600 активних пестицидів, але достовірні токсикологічні дані є лише для 100 з них. Екологічний вплив пестицидів на людину є дуже поширеним і може призвести до гострих і хронічних наслідків для здоров'я [16].

Пестициди, не тільки знищують та регулюють розвиток шкідливих організмів, а й мають токсичну та мутагенну дію на тих, хто вживає оброблені рослини. Дихлордифенілтрихлорметилметан (ДДТ), гексахлородиметанона-фталін (ГХДН), похідні альдрину, гексахлорциклогексан (ГХЦГ) знайдено у ґрунті навіть через 8-12 років після їх застосування [14]. Хлорвмісні пестициди знайдено у овочах та фруктах навіть через декілька місяців після оброблення рослин.

Частина пестицидів зберігається у непридатних приміщеннях агрогосподарств, загрожуючи довкіллю, тваринам та здоров'ю людей через токсичність і можливе проникнення у ґрунтові води й повітря. Втрата документів ускладнює ідентифікацію хімікатів, а довгострокове зберігання може спричинити утворення небезпечних реакцій. Причини забруднення довкілля пестицидами – порушення правил застосування та використання стійких препаратів. Джерелами забруднення є:

- передозування: використання надмірних мас, як локально, так і загалом;
- застосування соломи після обробки гербіцидами;
- постійне застосування стійких пестицидів без уваги до здатності ґрунту до очищення;
- використання забруднених обприскувачів та тари;
- використання гербіцидів при формуванні плодів;
- використання сумішей пестицидів;
- помилки при виборі пестицидів, включаючи відсутність етикетки та порушення у їх зберіганні.

Характеристикою пестицидів є їх негативний вплив на різні організми. Вони шкідливо впливають на рибу та водних безхребетних через обприскування водойм і малих річок. Пестициди можуть накопичуватися у екосистемі та потрапляти у її колообіг. Їх вплив на здоров'я людини також серйозний через залишкові кількості у продуктах харчування та воді. Використання пестицидів може призводити до різних негативних

наслідків, таких як зниження біорізноманіття, руйнування функцій мікроорганізмів ґрунту, а також накопичення залишків у поверхневих водах і ґрунті, що може завадити відновленню родючості і знизити харчову цінність сільськогосподарської продукції.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Згідно з інформацією Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів обсяги застосування пестицидів у 2019-2021 році збільшувались, у зв'язку із російською агресією у 2022 році всі питання сільського господарства відійшли на другий план і використання пестицидів зменшено на 30%. У 2021 році було використано 26,9 тис. тон пестицидів, це більше ніж у 2018-2020, але у 2022 році обсяги застосованих пестицидів в Україні склали 19,4 тис. т. Дуже схожа ситуація була і у 2021 році. До 2022 року використання пестицидів зменшилось у 2,85 рази за результатними аналізу інформації Держслужби статистики України [17].

На Харківщині протягом 2020 року пестициди були застосовані на площі 2193,1 тис. га у кількості 2174 тон, у 2021 році – 2402,9 тис. га, у 2022 – 863,9 тис. га.

У 2020 році пестицидне навантаження складало 1,0 кг/га. Для обмеження розвитку хвороб фунгіциди були застосовані на площі 564,2 тис. га (603,9 в 2019 р.), десикантами було оброблено 22,2 тис. га. З метою знищення бур'янів гербіциди використали на площі 1036 тис. га у кількості 1418,5 тон. Проти шкідників обробили 570,7 тис. га (табл. 1).

У 2019 році площа застосування пестицидів склала 2378 тис. га, використання ХЗЗР склало 2332 тони, пестицидне навантаження становить 0,98 кг/га.

Площі обробітку земель пестицидами на території Харківської області, починаючи з 2000 року суттєво зросли. Якщо у 2000 році пестицидами було оброблено лише 350 тис. га, то у 2021 році ця цифра сягає 2193 тис. га.

Обсяги використання пестицидів теж зросли з 563,9 тон у 2000 році, до 2173,9 тон у 2020 році.

Окремо зазначимо використання найбільш чисельної групи пестицидів і в плані асортименту і в масштабах застосування – гербіцидів. Об'єми їх застосування вражають. З 311 тон у 2000 році, до 1824 тон у 2021 році.

Залишки пестицидів зберігаються на складах. На території Харківської області станом на кінець 2020 року у наявності 125 складів для зберігання пестицидів, 79 з яких у доброму стані, 46 у задовільному. У господарствах розташовано 91 склад, централізованого зберігання 34 склади, паспортизовано з них відповідно 30 і 26

Використання пестицидів у 2020 році у Харківській області /  
Pesticide use in 2020 in the Kharkiv region

Найменування група та назва засобів захисту рослин	Залишок в господарствах, тон на 01.01.2020	Надійшло в область протягом року, тон	Використано протягом року за призначенням, тон	Залишок, тон на 31.12.2020
Інсектициди та акарициди	8,84	400,7	403,22	6,32
Гербіциди	19,36	1421,05	1418,52	21,89
Препарати для протруєння насіння	0	0,766	0,766	0
Родентициди	0,024	4,485	4,499	0,01
Десиканти	9,93	49,25	49,25	9,93
Всього використано ХЗЗР	52,58	2166,56	2173,87	45,27
Біопрепарати	0,2	1,47	1,58	0,09

складів, або 45% від загальної кількості. У порівнянні з 2019 роком кількість складів збільшилася на три, а саме зросла кількість складів централізованого зберігання. У 2021 році ситуація не змінювалась.

Заборонені і непридатні до використання у сільському господарстві ХЗЗР на території Харківської області відсутні з 2012 року.

Техногенно-екологічна безпека характеризує стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Забезпечення техногенної безпеки є особливою (специфічною) функцією захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій.

Найбільше пестицидів для захисту посівів сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб і бур'янів використали аграрії Вінницької, Тернопільської, Хмельницької областей. Деяко менше використовувалось у Полтавській, Черкаській, Сумській області. Найменше пестицидів використали у Закарпатті (рис. 1).

Отже, джерелами техногенно-екологічної загрози можуть бути: склади для зберігання пестицидів та мінеральних добрив, а саме при складанні ситуації коли суб'єкти господарювання не дотримуються санітарних вимог щодо зберігання пестицидів; неконтрольоване ввезення, зберігання та використання на території України небезпечних речовин, а саме фальсифікованих пестицидів; технічні засоби застосування пестицидів, які знаходяться у критичному стані; місця зберігання непридатних та заборонених засобів захисту рослин; а також екологічно не обґрунтований захист рослин від шкідливих організмів.

Інтенсифікація виробництва шляхом застосування мінеральних добрив та ХЗЗР, має передбачати жорстке дотримання правил безпеки поводження із ними на всіх етапах робіт. Щоб не бути загрозою екологічній безпеці та не виклика-

ти надзвичайних ситуацій, застосування ХЗЗР повинно бути раціональним, екологічно безпечним й економічно обґрунтованим.

З метою підвищення техногенно-екологічної безпеки засобів захисту рослин на території України, у тому числі Харківської області виконуються наступні роботи по зменшенню пестицидного навантаження, а саме: проводяться вибіркові хіміобробки, фізичні та механічні способи боротьби з шкідливими організмами, безпестицидне вирощування сільськогосподарських культур (рис. 2).

У науковій роботі ми досліджували купрумвмісні пестициди, які широко використовують для боротьби з грибовими захворюваннями рослин [17, 18] (табл. 2). Важливо пам'ятати, що застосування пестицидів, включно з купрумвмісними, повинно відповідати рекомендаціям виробника і нормативам, щоб уникнути негативного впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людини. Інформацію про вміст купрумвмісних пестицидів (виміряних за вмістом купруму) у пробах овочевої продукції представлено на рисунку 3. Раніше нами вже досліджувалась можливість міграції сполук Cu у ґрунті [19-22]. У цьому дослідженні вивчалась здатність сільськогосподарських рослин до концентрації Cu.

На графіках показано дати обробок, дати відбору зразків для аналізу та концентрацію Cu у зразках, як в експериментальних, так і у контрольних групах. Для оцінки впливу застосування препаратів, що містять купрум, на рівень Cu в їстівній частині овочів було проведено аналіз отриманих залежностей (рис. 3).

Обробку зеленої цибулі проведено бордоською сумішшю. Збільшення рівня Cu спостерігається у зразках, зібраних у день обробки, особливо у тих випадках, коли в нульовий день експерименту як досліджувані органи використовув-

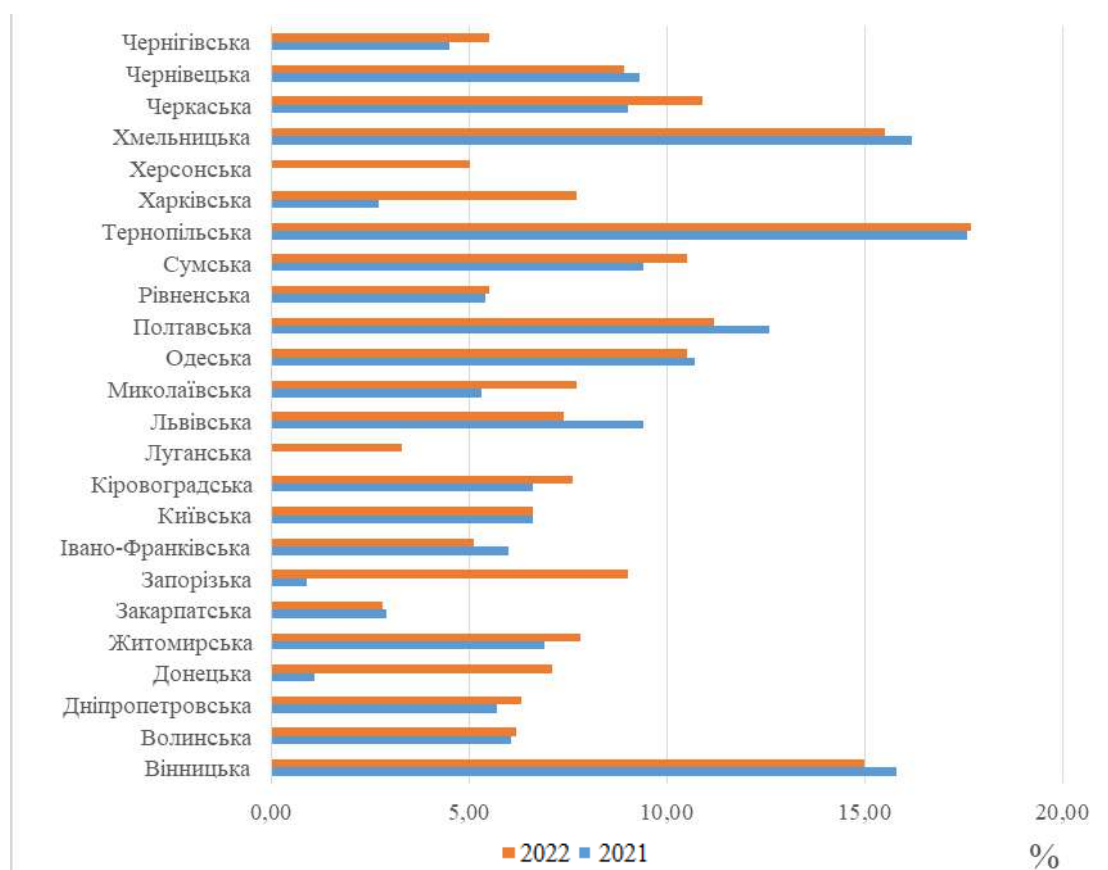


Рис. 1. Обсяги оброблених територій хімічним способом для боротьби з шкідниками, хворобами та бур'янами у 2021 та 2022 роках, % від загальної території регіону (складено авторами за даними аналізу інформації державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів) /

Fig. 1. Amounts of areas treated with chemicals to control pests, diseases and weeds in 2021 and 2022, % of the total territory of the region (compiled by the authors based on research and analysis of information from the State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection)

вали зелену масу, яка безпосередньо контактує з препаратом. Таку тенденцію було виявлено під час дослідження зеленої цибулі після обробки препаратом на основі  $\text{CuSO}_4$ , де у день обробки досліджували надземну частину рослини. У зеленій цибулі виявлено вміст  $\text{CuSO}_4$  на рівні 34,7 мг/кг у дослідній пробі та 2,2 мг/кг у контрольній.

Обробку томатів та огірків проведено тричі: 1) бордоською сумішшю; 2) оксихлоридом міді; 3) цитратом міді. Дослідження щодо томатів та огірків відрізнялися тим, що в процесі випробувань відповідно до встановленої програми не проводили оцінювання ефективності у день оброблення препаратом зеленої маси, а одразу проводили відбір зразків плодів цих культур. Графічні дані свідчать, що обробка препаратом, що містить купрум, не впливає на вміст  $\text{Cu}$  у культурах упродовж усього експерименту, включно з днем обробки. Максимальний вміст  $\text{Cu}$  у плодах томатів у день обробки становив 3,8 мг/кг і 1,38 мг/кг у дослідній та контрольній пробі відповідно.

Для виявлення закономірностей проведено

дослідження щодо динаміки накопичення та розкладання  $\text{Cu}$  у плодах томатів та огірків. Проби для цього аналізу відбирали й аналізували після кожної з трьох обробок, а не лише після останньої. На графіках, окрім дат обробок і відбору проб, також представлені лінії трендів лінійної апроксимації.

Залежність, виявлена під час аналізу вмісту  $\text{Cu}$  у зразках огірків і томатів, свідчить про підвищення вмісту цього важкого металу у пробах, узятих у день обробки, порівняно з контрольними зразками. Це може бути пов'язано з наявністю ще не змитого препарату на поверхні оброблюваної культури.

Отримані результати вказують на наявність купрумвмісних препаратів в пробах зеленої маси, зібраних у день обробки, що може пояснюватися наявністю препарату, який не змився, на поверхні зовнішніх органів. Спостереження у наступні терміни після обробки вказують, що у плодах досліджених культур при обробці купрумвмісними пестицидами суттєвого накопичення цього важкого металу понад ГДК не відбувається.

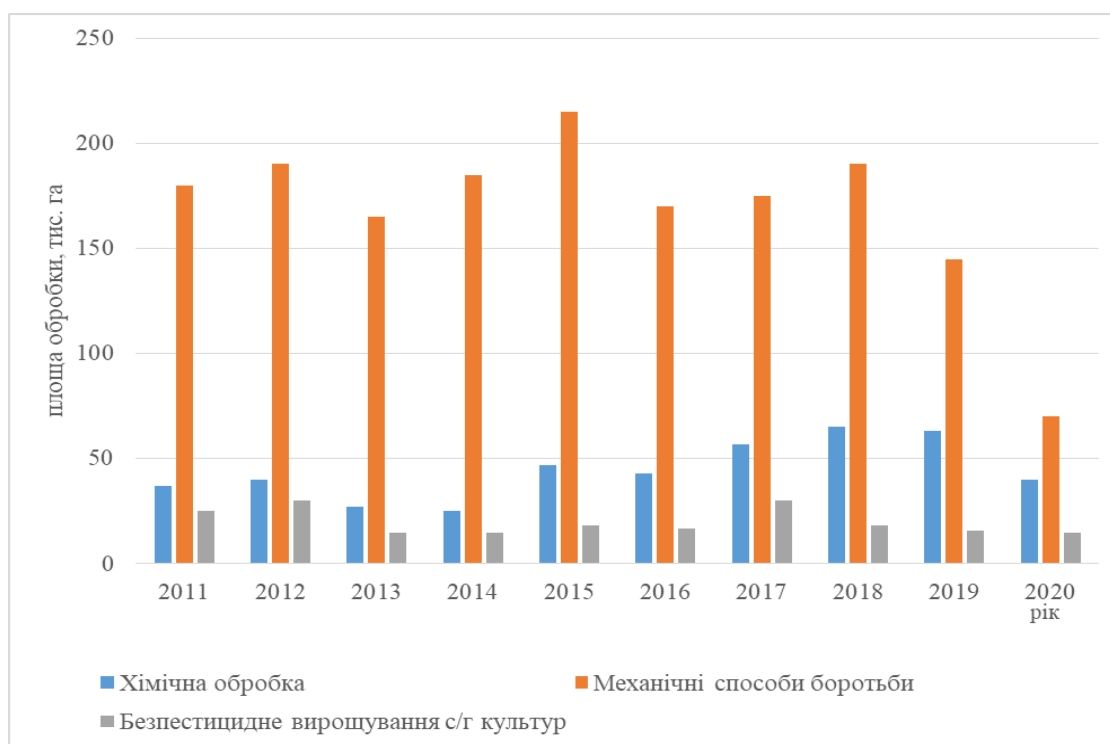


Рис. 2 Впровадження природоохоронних технологій з метою підвищення техногенно-екологічної безпеки / Fig. 2 Implementation of environmental technologies

Таблиця 2/ Table 2

Порівняння купрумвмісних пестицидів (фунгіцидів, бактерицидів) / Comparison of copper-containing pesticides

Назва	Хімічна сполука	Мікоміцети	Примітки
Бордоська суміш (гідроксид міді + карбонат міді)	$\text{Cu}(\text{OH})_2, \text{CuCO}_3$	Різні грибові захворювання	Один із найдавніших фунгіцидів, який широко використовується
Оксихлорид міді (Copper oxychloride)	$[\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2]$	Різні грибові захворювання	Має високу ефективність і широкий спектр дії
Цитран міді (Copper citrate)	$\left[ \begin{array}{c} \text{Cu}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \\ \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{C}(\text{O})=\text{O} \\ \text{O}=\text{C}-\text{O} \end{array} \right]_2 \text{Cu}_3^{+2}$	Різні грибові захворювання	Має гарну адгезію до рослин
Хлорид міді (Copper chloride)	$\text{CuCl}_2$	Різні грибові захворювання	Використовується у формі суміші з червоною рідиною
Сульфат міді, Купорос (Copper sulfate)	$\text{CuSO}_4$	Грибки та бактерії в тому числі	Також може використовуватися у водних розчинах

Отримані дані повністю узгоджуються з літературними джерелами [23], підтверджуючи інформацію про те, що основне надходження важкого металу у рослину відбувається через кореневу систему, яка також запобігає накопиченню надлишкових концентрацій у надземних органах.

Виходячи з даних, отриманих під час вивчення гомеостазу Cu у рослинах [23] можна дійти висновку, що активне накопичення цього хімічного елемента у плодах відбувається на

стадії їх формування. У міру дозрівання рівень поглинання Cu плодами знижується, а відмінності у її вмісті між плодами однієї рослини обумовлені механізмами перерозподілу від плодів, що повільно розвиваються, до плодів, що активніше ростуть. Ця закономірність зберігається незалежно від хімічної форми діючої речовини.

**Висновки.** 1. Найбільше пестицидів для захисту посівів сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб і бур'янів використали аграрії Вінницької, Тернопільської, Хмельницької обла-



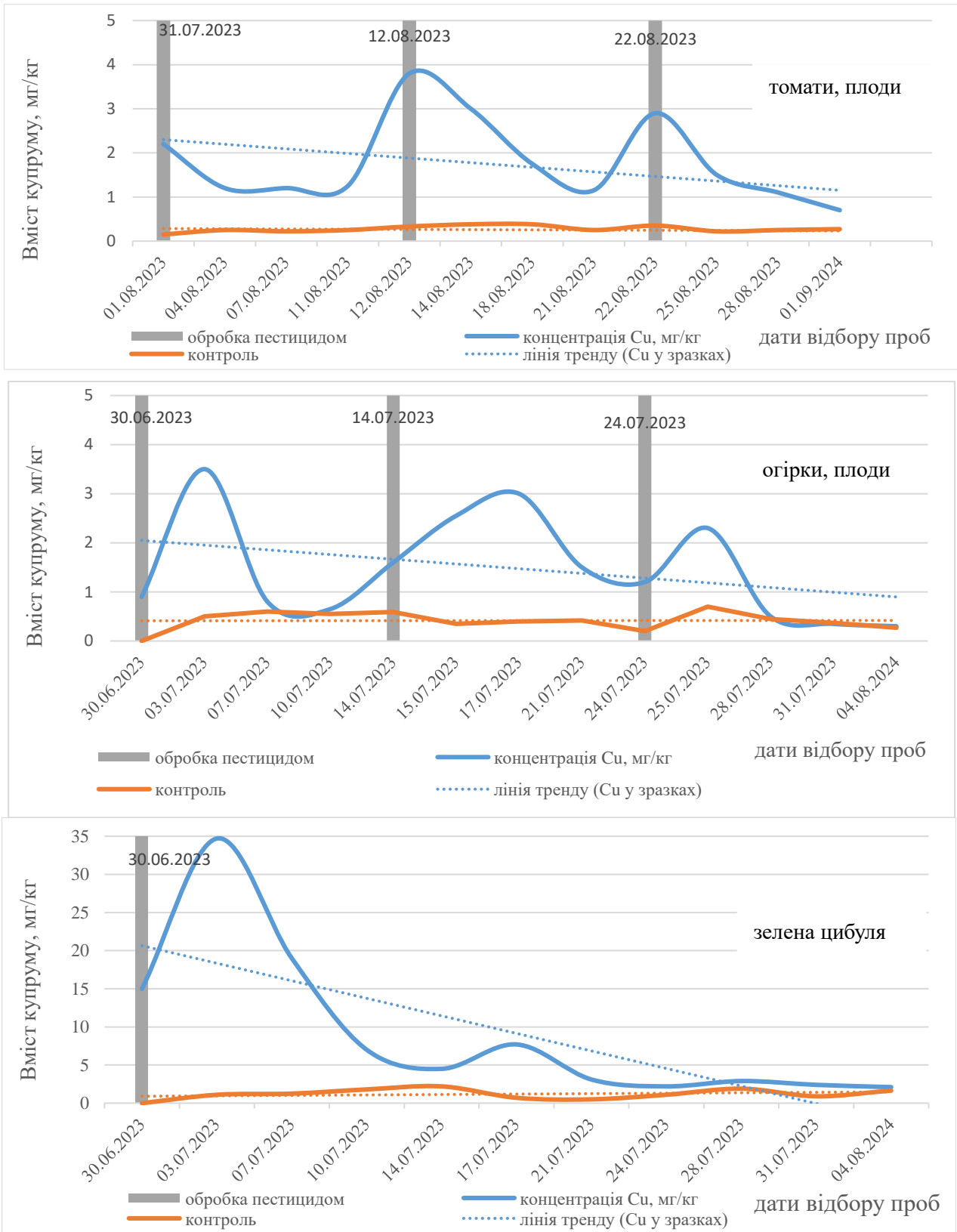


Рис. 3. Динаміка концентрацій Cu в овочевій продукції при використанні купрумвмісних пестицидів / Fig. 3. Dynamics of copper concentrations in vegetable products when using copper-containing pesticides

стей. Дещо менше використовувалось у Полтавській, Черкаській, Сумській області. На території Харківської області станом на кінець 2020 року в наявності 125 складів для зберігання пестицидів, 79 з яких з доброму стані, 46 у задовільному. У

господарствах розташовано 91 склад, централізованого зберігання 34 склади, паспортизовано з них, відповідно 30 і 26 складів, або 45% від загальної кількості.

Інтенсифікація виробництва шляхом засто-

сування мінеральних добрив та ХЗЗР, має передбачати жорстке дотримання правил безпеки поводження із ними на всіх етапах робіт. Щоб не бути загрозою екологічній безпеці та не викликати надзвичайних ситуацій, застосування ХЗЗР повинно бути раціональним, екологічно безпечним й економічно обґрунтованим.

2. Аналізуючи отримані результати експериментальних досліджень, можна зробити висновок, що застосування купрумвмісних пестицидів на досліджених тепличних овочевих культурах призводить до підвищення концентрації купруму протягом періоду росту. Однак, для плодів не спостерігається суттєвого збільшення вмісту Cu у товарній продукції, за винятком тимчасових піків у день обробки. Для зеленої продукції, вирощеної в тепличних умовах, є перевищення ГДК купруму у 6,9 разів. Перевищення встановлених нормативів спостерігалось ще 21 день після проведення обробки. Підвищення концентрації купрумвмісних пестицидів спостерігається, насамперед, у зразках, зібраних у день обробки.

Обробку томатів та огірків препаратами, що містять купрум (бордоською сумішшю, оксихлоридом міді, цитратом міді) проведено тричі. З'ясовано, що обробка, катастрофічно не впливає на вміст Cu у культурах упродовж усього експерименту, включно з днем обробки. Однак макси-

мальний вміст Cu у плодах томатів у день обробки становив 3,8 мг/кг і 1,38 мг/кг у дослідній та контрольній пробі відповідно. Залежність, виявлена під час аналізу вмісту Cu у тепличних зразках огірків і томатів, свідчить про підвищення концентрації цього важкого металу у пробах, узятих у день обробки, порівняно з контрольними зразками.

3. Оскільки технологія вирощування ранньої овочевої продукції (включаючи експериментальні види) в тепличних умовах є стандартною, можемо констатувати, що отримані результати можна екстраполювати на більшість фермерських та приватних сільськогосподарських виробництв території України. Для подальших наукових досліджень також важливо вивчити динаміку концентрацій інших важких металів, подібних до купруму що є її антагоністами чи викликати синергетичний ефект. Це також може слугувати індикатором надлишку або нестачі хімічних елементів у різних органах рослин. Таким чином, вивчення подібних закономірностей на інших сільськогосподарських культурах, особливо тих, де використовується листові частини рослин, стає вкрай актуальним. У майбутніх дослідженнях планується також вивчати вміст купруму у сільськогосподарських ґрунтах після використання пестицидів.

#### Список використаної літератури

1. Yingxuan Pan Factors influencing Chinese farmers' proper pesticide application in agricultural products – A review / Yingxuan Pan, Yingxue Ren, Pieter A. Luning // *Food Control*, – 2021. Vol. 122.– 107788, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107788>
2. Gong Y. Farmers' risk preferences and pesticide use decisions: evidence from field experiments in China / Y. Gong, K. Baylis, R. Kozak, G. Bull // *Agricultural Economics*, 2016.– Vol. 47(4). – PP. 411–421. <https://doi.org/10.1111/agec.12240>
3. Цехмістренко О. С. Пестицидне забруднення меду / О. С. Цехмістренко, О. П. Шулько, Л. С. Онищенко // *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту: матеріали міжнар. науково-практ. конф.*, 2023.– С. 77-78.
4. Sharma A. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem / A. Sharma, V. Kumar, B. Shahzad, M. Tanveer, G. P. S. Sidhu, N. Handa, A. K. Thukral // *SN Applied Sciences*, 2019.– Vol. 1(11). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
5. Антоненко А. М., 2019. Пестициди як чинники ризику розвитку хвороб цитоподібної залози: гігієнічна регламентація та обґрунтування критеріїв гігієнічного моніторингу. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д. мед. наук. 14.02.01 – гігієна та професійна патологія, Київ, 2019 138 с.
6. Буц Ю.В. Аналіз наслідків пожеж на складах пестицидів та отрутохімікатів / Ю.В. Буц, О.В. Крайнюк // *Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика: Матеріали дев'ятої міжнародної науково-методичної конференції*. – Львів : ЛНУ, 2010. – С. 263-264.
7. Буц Ю.В. Небезпека виникнення надзвичайних ситуацій пов'язаних з хімічними засобами захисту рослин / Ю.В. Буц, М.В. Катков, Ю.В. Малкович // *Науковий журнал «Екологія та промисловість»*, 2012.– №1.– С. 23-28.
8. Tkachenko I.V. Comparative hygienic assessment and analysis of the ranges and scope off pesticides in different countries / I.V. Tkachenko, A.M. Antonenko, V.G. Bardov, S.T. Omelchuk // *Medical Science of Ukraine (MSU)*, 2021.– Vol. 17(4). 95-101. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.4.2021.14>.
9. Костенко С. О. Пестициди та агрохімікати як інновації в аграрній сфері: до питання правового регулювання «розумних меж» використання. На сторожі земельного ладу: до 20-річчя Земельного кодексу, 2021.– С. 92-98.
10. Гонтар А. Г. Огляд фунгіцидів та комах ентомофагів, що використовуються для інтегрованого методу захисту рослин томату в Україні // *In The 12 th International scientific and practical conference “Scientific research in the modern world” (September 21-23, 2023) Perfect Publishing, Toronto, Canada. 2023. P. 57-63.*
11. Zago A. M. Pesticide exposure and risk of cardiovascular disease: A systematic review / A. M. Zago, N. M. X. Faria, J. L. Fávero, R. D. Meucci, S. Woskie, A. G. Fassa // *Global Public Health*, 2020.– 1–23. <https://doi.org/>

[10.1080/17441692.2020.1808693](https://doi.org/10.1080/17441692.2020.1808693)

12. Panis C. Evidence on human exposure to pesticides and the occurrence of health hazards in the Brazilian population: a systematic review / C. Panis, A. C. B. Kawassaki, A. P. J. Crestani, C. R. Pascotto, D. S. Bortoloti, G. E. Vicentini, L. Z. P. Candioto // *Frontiers in public health*, 2022.– Vol. 9, 787438. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.787438>
13. Michael O.-K. Environmental risk assessment of pesticides currently applied in Ghana / O.-K. Michael, J. N. Hogarh, P. J. Van den Brink // *Chemosphere*, 2020.– 126845. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126845>
14. Zago A. M. Pesticide exposure and risk of cardiovascular disease: A systematic review / A. M. Zago, N. M. Faria, J. L. Favero, R. D. Meucci, S. Woskie, A. G. Fassa // *Global Public Health*, 2022.– Vol. 7(12), 3944-3966. <https://doi.org/10.1080/17441692.2020.1808693>
15. Потапенко Г. Є. Міграція хлорорганічних пестицидів у ґрунтових водах півдня Бахмутської улоговини. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», 2016. Вип. 45.– С. 172-176. <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/8215>
16. Upadhayay J. Impact of pesticide exposure and associated health effects / J. Upadhayay, M. Rana, V. Juyal, S. S. Bisht, R. Joshi // *Pesticides in crop production: physiological and biochemical action*, 2020.– 69-88. <https://doi.org/10.1002/9781119432241.ch5>
17. Alengebawy A. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications / A. Alengebawy, S. T Abdelkhalek., S. R. Qureshi, M. Q. Wang // *Toxics*, 2021.– Vol. 9(3), 42. <https://doi.org/10.3390/toxics9030042>
18. Використання добрив і пестицидів під урожай сільськогосподарських культур. Державна служба статистики України. - <https://ukrstat.gov.ua/>
19. Krainiuk O. The geoecological analysis performed for the geochemical composition of ash and slag waste obtained at Zmiiv thermal power plant / O. Krainiuk, Y. Buts, R. Ponomarenko, V. Asotskyi, P. Kovalev // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 2021.– Vol. 30(2), 298-305. <https://doi.org/10.15421/112126>
20. Buts Y. Geoecological analysis of the impact of anthropogenic factors on outbreak of emergencies and their prediction / Y. Buts, O. Krainyuk, V. Asotskyi, R. Ponomarenko, A. Kalynovskiy // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 2020.– Vol. 29(1), 40-48. <https://doi.org/10.15421/112004>
21. Buts Y. Dynamics of migration property of some heavy metals in soils in Kharkiv region under the influence of the pyrogenic factor / Y. Buts, V. Asotskyi, O. Krainyuk, R. Ponomarenko, P. Kovalev // *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*, 2019.– Vol. 28(3), 409-416. <https://doi.org/10.15421/111938>
22. Buts Y. Influence of technogenic loading of pyrogenic origin on the geochemical migration of heavy metal / Y. Buts, V. Asotskyi, O. Krainyuk, R. Ponomarenko // *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*, 2018.– Vol. 27(1), 43-50. <https://doi.org/10.15421/111829>
23. Yruela I., 2009. Copper in plants: acquisition, transport and interactions. *Functional Plant Biology*, 2009.– 36(5).– 409-430. <https://doi.org/10.1071/FP08288>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

## Technogenic and ecological hazards of using chemical plant protection products (on the example of copper-containing preparations)

**Olena Krainiuk**<sup>1</sup>

PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Metrology and Life Safety,  
<sup>1</sup> Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine;

**Yuriy Buts**<sup>2</sup>

DSc (Technical), Professor of the Department of Labor and environmental protection,  
<sup>2</sup> Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine;

**Vitalii Barbashyn**<sup>3</sup>

PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Occupational Health and Safety  
<sup>3</sup> O.M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, Kharkiv, Ukraine;

**Olga Nikitchenko**<sup>3</sup>

PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Occupational Health and Safety;  
**Marianna Pakki**<sup>4</sup>

PhD (Pedagogy), Associate Professor of the Department of Fundamental and Applied Geology,  
<sup>4</sup> V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

### ABSTRACT

**Problems Statement and Purpose.** The widespread use of pesticides in agriculture has led to significant environmental pollution and health risks, and it is important to consider the negative effects and explore potential solutions to reduce pesticide pollution and its impact on human health and ecosystems.

**The purpose** of the research is to determine the technogenic and environmental hazards of the use of chemical plant protection products (on the example of copper-containing preparations).

**Materials and methods of research.** To study the scale of use and storage of plant protection products in Ukraine and to identify their anthropogenic and environmental threat, the analysis of statistical data on the volume of purchases and use of pesticides, in particular in the Kharkiv region, was used, Experimental studies and chemical analysis of some types of agricultural products after pesticide treatment were carried out using atomic absorption.

**Results.** The paper reveals the essence of the technogenic and environmental hazard of plant protection products for humans and the environment, analyses the scale of use and storage of plant protection products in Ukraine, in particular in the Kharkiv region; outlines ways to improve the technogenic and environmental safety of plant protection products; shows the hazard of using chemical plant protection products for vegetable products on the example of copper-containing preparations.

The volume of accumulation and use of pesticides in Ukraine, including in warehouses in the Kharkiv region, is considered. The number of centralised warehouses has increased. There have been no banned or unusable plant protection chemicals since 2012.

The research was conducted using vegetables, in particular green onions. In the green mass that came into direct contact with the preparation based on copper sulphate (CuSO<sub>4</sub>), the Cu content was found to exceed the MAC for vegetables. In the study of tomatoes and cucumbers, the content of copper in fruits was investigated. It was found that treatment with a preparation containing copper does not affect the Cu content in fruits throughout the experiment, including the day of treatment. The maximum Cu content in tomato fruits on the day of treatment does not exceed the MPC in the experimental and control samples. The increase in the concentration of Cu in the experimental samples compared to the control samples is not statistically significant, since all values were below the MAC for vegetables, which is 5.0 mg/kg. The study revealed a periodic increase in the content of this heavy metal in cucumber and tomato samples taken on the day of treatment compared to control samples. This may be due to the presence of the product on the surface of the treated crop that has not yet been washed off.

**Conclusions.** 1) Vinnytsia, Ternopil, and Khmelnytskyi regions used the most pesticides, while Poltava, Cherkasy, and Sumy regions used less. Kharkiv region had 125 pesticide storage facilities, with 79 in good and 46 in satisfactory condition. 2) Copper-containing pesticides increase copper levels in greenhouse vegetables during growth, with significant peaks on the day of treatment. Green produce exceeded permissible copper levels by up to 6.9 times. 3) The results for early vegetable production in greenhouses can be applied to most agricultural practices in Ukraine.

**Keywords:** anthropogenic and ecological hazard; copper; chemical plant protection products; copper-containing pesticides; vegetable products; environmental technologies.

#### References

1. Yingxuan Pan, Yingxue Ren, Pieter A. Luning (2021). Factors influencing Chinese farmers' proper pesticide application in agricultural products – A review, *Food Control*, 122, 107788, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107788>
2. Gong Y., Baylis K., Kozak R., Bull G. (2016). Farmers' risk preferences and pesticide use decisions: evidence from field experiments in China. *Agricultural Economics*, 47(4), 411–421. <https://doi.org/10.1111/agec.12240>
3. Tsekhmistrenko O.S., Shulko O.P., Onishchenko L.S. (2023). Pesticide contamination of honey. *Agrarian education and science: achievements, role, growth factors: materials of the international scientific and practical conference*, 77-78. [in Ukrainian]
4. Sharma A., Kumar V., Shahzad B., Tanveer M., Sidhu G. P. S., Handa N., Thukral A. K. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1(11). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
5. Antonenko A.M. (2019). Pesticides as risk factors for the development of thyroid diseases: hygienic regulation and substantiation of hygienic monitoring criteria. PhD thesis for the degree of Doctor of Medicine. 14.02.01 - hygiene and occupational pathology, Kyiv, 138. [in Ukrainian]
6. Buts Y.V., Krainiuk O.V. (2010). Analysis of the consequences of fires at pesticide and pesticide warehouses. *Safety of life and human activity - education, science, practice: Materials of the Ninth International Scientific and Methodological Conference*, 263-264. [in Ukrainian]
7. Buts Y.V., Katkov M.V., Malkovich Y.V. (2012) Danger of emergencies associated with chemical plant protection products. *Scientific Journal "Ecology and Industry"*, (1), 23-28 [in Ukrainian]
8. Tkachenko, I. V., Antonenko, A. M., Bardov, V. H., Omelchuk, S. T. (2021). Comparative hygienic assessment and analysis of the range and volume of pesticide use in different countries of the world. *Medical science of Ukraine*, 17(4). 95-101. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.4.2021.14> [in Ukrainian]
9. Kostenko, S. O. (2021). Pesticides and Agrochemicals as Innovations in the Agricultural Sector: Towards the Issue of Legal Regulation of "Reasonable Limits" of Use. *Guarding the land system: on the 20th anniversary of the Land Code of Ukraine*, 92-98. [in Ukrainian]
10. Gontar AG (2023). Review of fungicides and insect entomophages used for integrated tomato plant protection in Ukraine. *The 12th International scientific and practical conference "Scientific research in the modern world" (September 21-23, 2023) Perfect Publishing, Toronto, Canada*, 57-63. [in Ukrainian].
11. Zago, A. M., Faria, N. M. X., Fávero, J. L., Meucci, R. D., Woskie, S., & Fassa, A. G. (2020). Pesticide exposure and risk of cardiovascular disease: A systematic review. *Global Public Health*, 1–23. <https://doi.org/>

[10.1080/17441692.2020.1808693](https://doi.org/10.1080/17441692.2020.1808693)

12. Panis, C., Kawassaki, A. C. B., Crestani, A. P. J., Pascotto, C. R., Bortoloti, D. S., Vicentini, G. E., Candiotto, L. Z. P. (2022). Evidence on human exposure to pesticides and the occurrence of health hazards in the Brazilian population: a systematic review. *Frontiers in public health*, (9), 787438. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.787438>
13. Michael, O.-K., Hogarh, J. N., Van den Brink, P. J. (2020). Environmental risk assessment of pesticides currently applied in Ghana. *Chemosphere*, 126845. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126845>
14. Zago, A. M., Faria, N. M., Favero, J. L., Meucci, R. D., Woskie, S., Fassa, A. G. (2022). Pesticide exposure and risk of cardiovascular disease: A systematic review. *Global Public Health*, 17(12), 3944-3966. <https://doi.org/10.1080/17441692.2020.1808693>
15. Potapenko GE (2016). Migration of organochlorine pesticides in the groundwater of the southern Bakhmut Basin. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (45), 172-176. <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/8215>. [in Ukrainian]
16. Upadhayay, J., Rana, M., Juyal, V., Bisht, S. S., Joshi, R. (2020). Impact of pesticide exposure and associated health effects. *Pesticides in crop production: physiological and biochemical action*, 69-88. <https://doi.org/10.1002/9781119432241.ch5>
17. Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., Wang, M. Q. (2021). Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. *Toxics*, 9(3), 42. <https://doi.org/10.3390/toxics9030042>
18. Vykorystannia dobryv i pestytsydiv pid urozhai silskohospodarskykh kultur [Use of fertilisers and pesticides for agricultural crops]. State Statistics Service of Ukraine. <https://ukrstat.gov.ua/>
19. Krainiuk, O., Buts, Y., Ponomarenko, R., Asotskyi, V., Kovalev, P. (2021). The geoecological analysis performed for the geochemical composition of ash and slag waste obtained at Zmiiv thermal power plant. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30(2), 298-305. <https://doi.org/10.15421/112126> [in Ukrainian]
20. Buts, Y., Kraynyuk, O., Asotskyi, V., Ponomarenko, R., Kalynovskyi, A. (2020). Geoecological analysis of the impact of anthropogenic factors on outbreak of emergencies and their prediction. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(1), 40-48. <https://doi.org/10.15421/112004>
21. Buts Y., Asotskyi V., Kraynyuk O., Ponomarenko R., Kovalev P. (2019). Dynamics of migration property of some heavy metals in soils in Kharkiv region under the influence of the pyrogenic factor *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*, 28(3), 409-416. <https://doi.org/10.15421/111938>
22. Buts, Y., Asotskyi, V., Kraynyuk, O., Ponomarenko, R. (2018). Influence of technogenic loading of pyrogenic origin on the geochemical migration of heavy metal. *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*, 27(1), 43-50. <https://doi.org/10.15421/111829>
23. Yruela, I. (2009). Copper in plants: acquisition, transport and interactions. *Functional Plant Biology*, 36(5), 409-430. <https://doi.org/10.1071/FP08288>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work


**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 8 February 2024

Accepted 12 March 2024

## Revitalization of regular landscape compositions of the park-monument of landscape art «Sharivskiy»

*Nadiya Maksymenko*<sup>1</sup>

DSc (Geography), Professor, Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas Management,<sup>1</sup> V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: [maksymenko@karazin.ua](mailto:maksymenko@karazin.ua),  <http://orcid.org/0000-0002-7921-9990>;

*Olena Gololobova*<sup>1</sup>

PhD (Agricultural), Associate Professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas Management,

e-mail: [elena.gololobova@karazin.ua](mailto:elena.gololobova@karazin.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>;

*Vadym Gololobov*<sup>1</sup>

PhD student of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas Management,

e-mail: [vadim.gololobov@gmail.com](mailto:vadim.gololobov@gmail.com),  <https://orcid.org/0009-0009-0086-0303>;

*Viktar Kireyeu*<sup>2</sup>

PhD (Environmental Sciences and Policy), Researcher at

<sup>2</sup> Erda RTE, The Hague, Netherlands,

e-mail: [kireyeu@yahoo.com](mailto:kireyeu@yahoo.com),  <https://orcid.org/0000-0002-1895-7762>

### ABSTRACT

**Introduction.** The perception of the landscape as a space for living has led to the formation and development of a special group of anthropogenic landscapes, namely garden and park landscapes, which are characterized by a wide range of functions from utilitarian to aesthetic and spiritual. Currently, approximately 30% of cultural heritage sites are in disrepair, and 80% require serious restoration work. Therefore, the revitalization of the landscape structure of historical garden and park landscapes is an urgent scientific problem and meets two sustainable development goals (goal 11 Sustainable cities and communities and goal 15 - Life on land).

**The purpose of article.** To substantiate the concept of revitalization of regular landscape compositions of the park-monument of landscape gardening art of national importance "Sharivskiy" and to provide a graphic 3D model of architectural, planning and volumetric-spatial solutions of the proposed concept of revitalization of regular compositions of the studied landscape.

**Research methods.** Method of historical analysis: with a focus on the period of the highest embodiment of the artistic compositional intent of the restored space, when the estate belonged to the successful sugar producer Leopold Koenig. The graphic presentation of architectural, planning, and three-dimensional solutions of the proposed revitalization concepts for the studied landscapes was achieved through the use of QGIS 3.28.3-Firenze 2022-08-31, Sketchup, and Realtime Landscaping Architect software tools.

**Main findings.** In order to preserve the original idea and characteristics of the landscape compositions, the concept of revitalization of the White Garden was proposed, which was suggested by the "Genius loci" of the historical landscape of Sharivsky Park. Using the QGIS geographic information system, OSM standard map and Google Satellite Hybrid map, the 3D authentic relief of regular landscape compositions of the Sharivsky Palace and Park Complex was modeled. Using the Sketchup 2020 software tool, a graphical representation of the architectural, planning, and three-dimensional solutions of the studied historical landscape was made. The Sketchup 2020 software tool was also used for the graphic 3D reconstruction of numerous architectural details that adorn the palace, including balustrades, windows, doors, and towers decorated with ornaments. The dendrological plan was developed using species and cultivars of ornamental plants with identified historical and aesthetic value to ensure the continuity of new and preserved plant elements of landscape compositions.

**Scientific novelty and practical value.** The proposed vision of preserving the sustainable features of the place, the selection of plants with identified historical and substantiated aesthetic value can be used in the complex reconstruction of regular garden and park landscapes of the Sharivskiy Park, a monument of landscape gardening art of national importance.

**Keywords:** *sustainable communities, life on land, landscape, ecotourism, recreation, ecological revitalization, monument park, landscape art, Sharivskiy, geoinformation modeling, 3D modeling, graphic reconstruction, dendrological plan, ornamental plants.*

**In cites:** Maksymenko Nadiya, Gololobova Olena, Gololobov Vadym, Kireyeu Viktar (2024). Revitalization of regular landscape compositions of the park-monument of landscape art «Sharivskiy». *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 366-378. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-27>

**Statement of the problem.** There are approximately 130,000 state-registered cultural heritage sites in Ukraine, of which 9,562 are monuments included in the State Register of Immovable Monuments of Ukraine. In particular, 10% of the monuments listed in the State Register of Immovable Monuments of Ukraine are located in the Kharkiv region [1].

Historical sites reflect our social, national, and state identity. The historical heritage reflects the cultural code and identity of the entire nation, a particular region, city, or locality. The nation's self-identification is based on historical achievements, perceiving, rethinking and transmitting them into the future, thereby achieving continuity and continuity of the existence of the country, community, and

family [2].

But currently, about 30% of cultural heritage sites are in disrepair, and 80% require serious restoration work. The "Great Restoration" project, which is planned as part of the presidential program "Big Construction" by 2025, envisages the reconstruction and restoration of about 150 cultural heritage sites, including castles, fortifications, theaters, architectural and historical reserves, and other cultural monuments [3].

In order to create effective conditions for the development of the cultural heritage, protection and use of the cultural heritage of architectural monuments, and to involve the active public in the protection of monuments, the Kharkiv Regional Council approved the Regional Program for the Preservation of Architectural Heritage in the Kharkiv Region for 2018-2023 [4]. The activities of this program are planned to assess the prospects for the development of further use of the architectural heritage and attracting investment, developing preliminary concepts of architectural proposals for their preservation and development. The program prioritizes outstanding architectural ensembles - architectural monuments of national importance, among which the palace and park ensemble "Sadyba" stands out for its architectural and artistic qualities [5]. It is planned to restore not only the palace, but also to restore the park balustrades, strengthen the retaining walls of the terraces, restore drainage systems, clear the park of clutter and dry trees, clean the lakes, and

arrange recreation areas [6].

It is proposed to create a modern ethnopark and tourist eco-complex on the basis of the Sharivskiy ensemble, which will be located near a significant historical and cultural heritage site and will contribute to the creation of different conditions for recreation: by duration of stay: short-term and seasonal recreation, by social choice: for different age groups, by the variety of tourist activities: health tourism, scientific and educational tourism, eco- and ethnotourism [4, 5].

The first stage of the program is the restoration and rehabilitation of the palace and park complex in the village of Sharivka, which is an architectural monument of national importance. The second stage is the construction of buildings and structures necessary for the organization and recreation of recreationists. The entire territory of the palace and park ensemble, ethnopark and tourist complex is a single zone of constant creative activity. Music and theater festivals, periodic and permanent exhibitions are planned here. Workshops of artists, designers, and sculptors will be open on a permanent basis on the territory of the complex [4, 5]. The current state of the palace and park complex is shown in Fig. 1.

The focus is on the sustainable development and productive use of historical garden and park landscapes, where heritage is seen as a "resource source" and a driver of development, especially a value niche in the structure of the socio-cultural space of the region [2].



Fig. 1. Current state of the palace and park complex [7]

**Objective.** To substantiate the concept of revitalization of regular landscape compositions of the park-monument of landscape art of national im-

portance "Sharivskiy" and to provide a graphic 3D representation of architectural, planning and volumetric-spatial solutions of the proposed concept of

the studied landscapes using the software tools SketchUp and Realtime Landscaping Architect.

**Results and discussion.** *Substantiation of the concept of revitalization of regular landscape compositions of the park-monument of landscape art "Sharivskiy".* The perception of the landscape as a space for living has led to the formation and development of a special group of anthropogenic landscapes - garden and park landscapes. This is a harmonious, constructive and complementary landscape system that combines natural components and small architectural forms. These landscape complexes are rich in various cultural artifacts, have significant associative and historical aspects, and are the so-called landscape and cultural identifiers of the respective regions. The fulfillment of the functions that garden and park landscapes had and still have is ensured through a constructive combination of natural components and elements and appropriate types of anthropogenic landscapes and landscape technical systems. Garden and park landscapes are an example of the constructive organization of the anthropogenic environment, the proper use of natural conditions and resources [8, 9].

The study of the history of the park, its architectural features and landscape plan allows us to understand the original ideas and concepts on which it was created.

The Sadyba Palace and Park Ensemble is located in the village of Sharivka, Bohodukhiv district, Kharkiv region. This complex was formed over a long historical period under the influence of economic and cultural activities of all its owners. The name of the estate - "Sharivka" - comes from the name of the village in which it was founded. The village was founded in 1700 by Matvii Sharii, the ensign of the Okhtyrka Cossack regiment. The large-scale construction of the estate, which was started by its owner, Sava Olkhovskiy, in 1836 and continued by his son, Petro Olkhovskiy, in the 40s of the 19th century, is subject to the great influence of the landscape direction of landscape organization, the characteristic features of which are the maximum use of the natural conditions of the territory within which the garden and park landscapes were organized; multifunctionality [8, 9]. The landscape structure is formed by natural landscape elements and anthropogenic landscapes and landscape technical systems: a house or a distillery being built. Over time, the garden and park landscape further acquires the features that characterize the development of this trend in the late 19th century. The new owners, brothers Christian and Fedir Gebenstrein, laid a garden and a park around the manor house. Through the efforts of Christian Gebenstrein, the garden landscape was organized as an arboretum, which was typical for the time; the park was filled

with rare specimens of ornamental plants, and the skill of their cultivation was appreciated. In the 90s of the nineteenth century, the Gebenstreins sold the estate to the "sugar king" Leopold Yagorovych Koenig. In 1995, Leopold Koenig began the construction of a new palace in Sharivka; at the same time, a greenhouse, stables and a riding arena, carriage and automobile garages, and a power plant were built.

The manor park is located in the lower part of the ensemble, on the slopes of a large beam adjacent to the Merchyk River bed. The compositional center of the park is a palace house located high on a hill. Regular compositions of the landscape garden are a "garden on relief" and a garden-terrace. The regular part included a parterre with a fountain in front of the main house and three wide terraces with a grand staircase that led down to a small pond. The regular pool, arranged at the foot of the terraced garden, had two fountains with jets about 15 meters high. Short alleys of pyramidal oaks ran between the lower terrace and the pond. A stone arched bridge spanned the pond. The terraces of the stairs and the bridge are decorated with a stone balustrade. A network of ponds was created between the slopes, and then it connects to the forest. The surrounding landscape was conducive to the creation of the landscape park, as an age-old oak forest and a small pond in the lowlands made it possible to create it. At the beginning of the twentieth century, the park's area already amounted to 70 hectares [10, 11].

The engineer K. S. Scholz and the German architect Jacobi participated in the creation of the architectural ensemble. The landscape designer Georg Kufaldt worked on further improvement of the park [10]. It was their efforts that masterfully organized the subordination and unity of the spatial parts of the park, its compositional elements and landscape paintings.

The sense of history that preserves the historically developed garden landscape harmoniously connects the past and the present. This is an image of a meeting that is built on the connection of two worlds: the world of glory and decline of noble historical landscapes and the world of modern social demand for emotional impressions from visiting historical gardens. It is important that the meeting is filled with a special kind of experience that is supported by the architectural, artistic, and semantic context.

The status of the historical landscape is within the frame of understanding the impossibility of being carried away by the diversity of ornamental plants, the flashy color of regular compositions, the excessive use of modern park sculpture and hard surfaces.

The design code is based on the geometry of



forms, materials, and color architectural dominance characteristic of the historical landscape, which determines the choice of ornamental species and cultivars for landscaping.

Landscape revitalization as art involves not only the ecological restoration of natural components, but also the preservation and giving a new sound to the sustainable features of the place protected by the *Genius loci*, which has a huge potential for emotional impact. In the context of this perception, *Genius loci* acts as a metaphorical subject, inspirer, and co-author of the concept of ecological and aesthetic revitalization of the cultural landscape, which encompasses its natural individuality, the direction of historical development, and the organic incorporation of modern functions and forms [12].

Each project of revitalization of the historical cultural landscape is a haute couture project, where the genius of the place is a great couturier who opens unique, inimitable, unforgettable spaces that the cultural audience is eager to visit.

The "genius of place" of Sharivskiy Park manifests itself in the maximum artistic expressiveness of the regular landscape compositions of the foreground and the naturalness of the landscape park, suggests the proportions of open and closed spaces, which creates the depth of the landscape perspective and thus reveals the expressive possibilities of the landscape.

Our focus is on approaches to revitalizing park regular compositions that do not violate the International Charter for the Protection of Historic Gardens (the Florence Charter), which was adopted by the International Committee on Historic Gardens of the International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) in December 1981 [13]. In particular, the Florence Charter defined that "a historic garden is an architectural and plant composition of historical or artistic interest. As such, it is considered a monument" [13, 14].

The process of revitalization of historic cultural landscapes should adhere to the principle of continuity, which, as a matter of course, preserves the memory of the historical past of the spaces being transformed, revives and preserves their unique natural basis. At the 16th General Assembly of the International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), which took place in Quebec City (Canada) on September 29 - October 4, 2008, the Quebec Declaration on the Preservation of the Spirit of Place was adopted. The spirit of place is defined as tangible (buildings, landmarks, landscapes, routes, objects) and intangible elements (memories, stories, written documents, rituals, celebrations, traditional knowledge, values, textures, colors, smells, etc.), i.e. physical and spiritual elements that give meaning, values, emotions and mysteries to places. The Dec-

laration defines principles and recommendations for preserving the spirit of place through the protection of tangible and intangible heritage, which is considered an innovative and effective way to ensure sustainable social development around the world [14, 15].

The revitalization of historic landscapes is carried out with a focus on the period of the highest realization of the artistic compositional intent of the restored object. The "*Genius loci*" persistently suggests the theme of the revitalization of the historic garden - the "White Garden". The hint provided by "*Genius loci*" carries many meanings and connotations [16]. Thus, the theme of the "white garden" "spreads the wings" of the historical and cultural connotation "White Swan" of the Sharivskiy architectural and artistic ensemble. A reference to that historical period of prosperity, when the estate belonged to the successful sugar manufacturer Leopold Koenig, who spared no expense on a luxurious estate with a palace and a park and filled them with the most exotic plants, the acclimatization of which was taken care of by the landscape architect Georg Kufaltdt, fuels the theme of revitalization of the "white garden". Leopold Koenig's wealth came from the huge sale of white "sugar heads" that resemble huge spectacular hydrangea inflorescences, a favorite plant of old manor parks [7, 11, 16].

It is the "White Garden" that is the missing fragment of a musical landscape phrase, the sound of which will cause the awakening of the great past of the historical landscape [16].

Thus, in order to preserve the spirit of the place "*Genius loci*" of regular park compositions, the concept of the "White Garden" and the use of species and cultivars of ornamental perennials with high resistance to adverse abiotic and biotic factors with identified historical and substantiated aesthetic value are proposed. In particular, the finest balance of preserving the historical landscape is achieved by using panicle hydrangea and tree hydrangea cultivars in plant compositions, which are one of the oldest garden plants, and at the same time, being a real gem of a landscape composition due to the unsurpassed decorative effect of inflorescences, are always in the focus of attention, timelessly [16].

This balance cannot be achieved without the reconstruction of rose plantations, which have a historical and well-founded aesthetic value for the Sharivska estate. During its heyday, the estate landscape was decorated with magnificent rose gardens with a large number of roses, which were grown in the estate greenhouse and planted with flowering bushes.

Research methods. Geoinformation modeling is a powerful tool for analyzing, planning and visualizing landscape compositions of the park. It allows

collecting, organizing, and analyzing geographic data, such as satellite images, aerial photographs, topographic maps, and other geospatial data, to create an accurate and detailed image of the park's territory. The geospatial image of the regular landscape compositions of the Palace and Park Complex is shown in Fig. 2.

To create a three-dimensional relief of the study area, an area of 52098 m<sup>2</sup> was selected on the SRTM satellite image.

Coordinate system: WGS 84 / Pseudo-Mercator  
EPSG:3857.

Using the QGIS geographic information system, OSM Standard map, and Google Satellite Hybrid map, the 3D relief of regular landscape compositions of the Sharivskyi Palace and Park Complex was modeled, which is shown in Fig. 3.

*Sketchup 2020 and Realtime Landscaping Architect 2023.02 as software tools for graphical presentation of architectural, planning, and three-dimensional solutions.* The next step was the use of a computer modeling tool such as Sketchup 2020, into which aerial photographs of the object under study were loaded to perform graphic restoration of

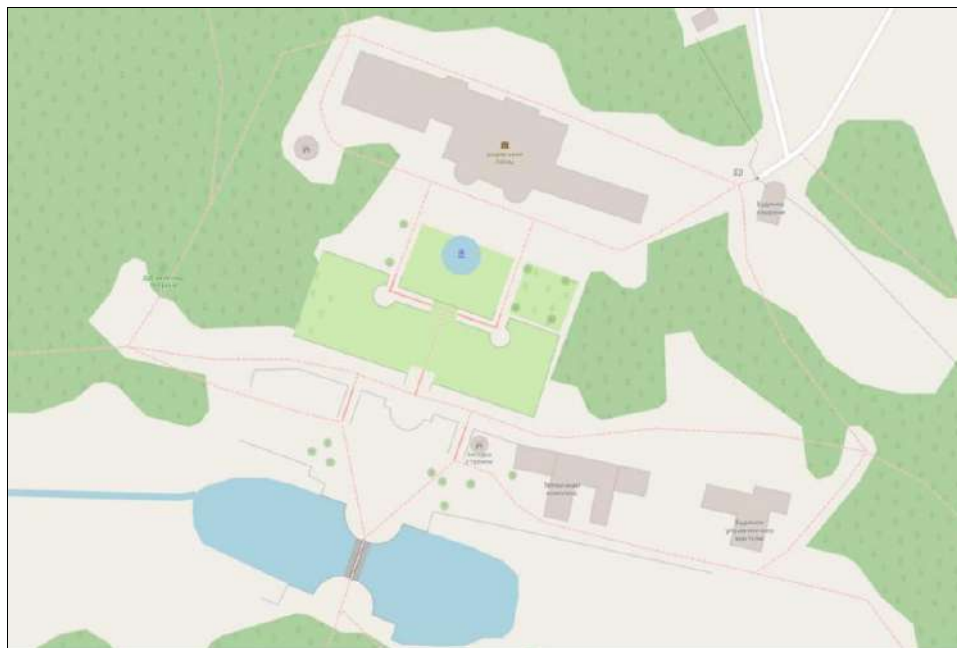


Fig. 2. Geospatial image of the palace and park complex, [by the authors]



Fig. 3. Modeled with the help of the QGIS geographic information system, OSM standard map, and Google Satellite Hybrid 3D map of regular landscape compositions of the Sharivskyi Palace and Park Complex, [by the authors]

the project's landscape compositions on the OSM standard QGIS terrain forms already created.

A graphical representation of the architectural, planning, and three-dimensional solutions of the studied landscape, which was made using the Sketchup 2020 software tool, is shown in Fig. 4.

Sketchup is one of the most popular 3D modeling programs in use today [22, 23]. This is due to its user-friendly toolbar and the ability to interact in the creative industry. The open-source software library has helped provide a large selection of 3D models, and hundreds of users have created their own plugins to not only solve problems unique to each version, but also to fully utilize their tools [17, 24-26].

SketchUp makes it easy to create three-dimensional models of urban planning in the form

of accessible illustrations and animations. It easily demonstrates alternative design scenarios and exports videos [18].

Fig. 5 shows an image of the graphic reconstruction of the elements of regular landscape compositions of the garden and park complex directly on the relief using the Sketchup 2020 software tool.

The Sketchup 2020 software tool was also used for the graphic 3D reconstruction of numerous architectural details that adorn the palace.

Figure 6 shows an image of a 3D model of the Sharivsky Palace created using the Sketchup 2020 software tool.

After collecting and processing geospatial data, the next step is to visualize it. Realtime Landscaping Architect software allows you to create a digital mo-



Fig. 4. Graphical representation of architectural, planning and volumetric-spatial solutions of the studied landscape, made using the Sketchup 2020 software tool [by the authors]



Fig. 5. Image of the graphic reconstruction of regular landscape compositions of the garden and park complex on the relief using the Sketchup 2020 software tool



Fig. 6. Image of the 3D model of the Sharivskiy Palace created using the Sketchup 2020 software tool

del of the space, including information about landscape elements, architectural structures, water bodies, and other important attributes [19].

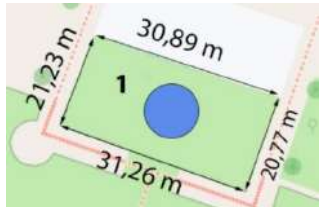


This software allows to develop optimal plans for the graphic reconstruction and restoration of regular landscape compositions of the Sharivskiy gar-

den and park complex.

*Development of a dendrological plan for regular park compositions.* The parterres of the regular landscape composition of Sharivskiy Park are conditionally numbered, their inventory characteristics are given in Table 1.

Table 1

Inventory characteristics of the parterres of the regular landscape composition of Sharivskiy Park

Parterre, № 1 Area, m <sup>2</sup> Perimeter, m	Parterre, № 2 Area, m <sup>2</sup> Perimeter, m	Parterre, № 3 Area, m <sup>2</sup> Perimeter, m
654 104 m	1038 m <sup>2</sup> 148,86	868 m <sup>2</sup> 138,49
		

On the first terrace in front of the central southern façade of the palace, there is a parterre with a fountain in the center. It is framed by two rings of trimmed boxwood, inside of which white hydrangeas 'Annabelle' are planted, which look especially impressive in summer, giving the plant a large and sophisticated appearance. Along the second outer ring of boxwood, an evergreen Iberis is planted. Iberis flowers are a great element to use in the park, as they provide decorative color and natural elegance that complements the entire landscape composition. Further along the perimeter, white roses 'Bouquet Parfait' are planted, which have peony-shaped flowers, white and cream in color with a yellow center and a pink border of petals. Everything is enclosed

with boxwood of an unusual rectangular shape and white Argut spirea planted in the corners. In spring and summer, this bush is covered with long earrings of flowers, giving the plant a spectacular bridal look; the bush is compact and tall, resistant to sudden changes in temperature. The dendrological plan of regular parterre compositions is shown in Fig. 7.

The symmetrically located observation decks, framed by a white solemn balustrade, offer panoramic views of the park's slopes, which attract the eye, fascinate, and give a visual representation of the impeccable beauty of the flowering parterres. At the bottom of the first terrace, down the stairs from the observation deck, there are two flower beds, this is the second terrace. They are decorated in the same

style (see Fig. 7).

Below the observation deck, a flower garden of delicate pastel double roses 'Swani' was made. The rose is a sun-loving plant, so it was planted in a well-lit place without strong winds. Between the bushes of this rose grows Perovskaya swan, an ornamental shrub of blue-lilac color. When you touch the leaves, a wonderful aroma spreads in the garden, somewhat similar to the scent of sage. This white

rose and the pale blue shrub go well together and are ideal for creating such a composition. A hedge of brilliant cotoneaster is planted on both sides of the path. This shrub attracts attention with its brightness, in autumn it can have shades of yellow or orange, and in summer its leaves turn fresh green. In autumn, it blooms with small white flowers in the form of spikelets, and in summer, red fruits are formed, which give the plant a wonderful decorative



Fig. 7. Dendrological plan of regular compositions of Sharivskiyi Park, [by the authors]

effect. The cotoneaster is cut in a rectangular shape, which emphasizes the regularity of the park's parterre. In front of it grows an evergreen Iberis, which forms snowdrifts covered with white flowers from April to May, the foliage is green throughout the year, which is important for a park of continuous flowering.

Behind the cotoneaster are bushes of the tree hydrangea 'Anabel', with large white balls that look like snowballs or sugar slides, which were so beloved by the wife of the former owner of the estate, Leopold Koenig.

On the side of the stairs are bushes of the white spirea 'Arguta', which bloom profusely in early summer. The cascade of white shoots, like an avalanche of snow, has cap-shaped inflorescences that harmoniously blend into the landscape. On the other side, it is proposed to plant one of the brightest double varieties of lilacs - lilac 'Madame Lemoine' with a paniculate rounded inflorescence, light cream-colored flowers with a heady aroma.

On the left side there is an alley of small-leaved linden trees cut in the shape of neat rectangles, un-

der which there are bushes of white forsythia, an ornamental shrub with an unusual flower color. It is unpretentious and resistant to various diseases. At the end of winter, forsythia is abundantly covered with white flowers, densely strung on the branches. The leaves are green in spring, a bright accent after the winter period, and in autumn they turn yellow and crimson. 'Iceberg' roses flaunt in front of it, so snow-white that they resemble snow clouds. The flowers of this landscape rose are semi-double, gathered in large inflorescences that bloom for several weeks. It blooms brightly and continuously. Resistant to high temperatures and various pests.

The main characteristic element of the terraced garden is the central pattern, namely asymmetrical shapes created in the form of sugar granules, which emphasize the beauty and harmony of the natural landscape (see Fig. 7).

The form is planted with boxwood in two rows: the lower and the upper. In the middle, broad-leaved lavender was initially planted along the contour, which blooms in small inflorescences similar to an ear of spikelets. This species is unpretentious in its

care and resistant to large temperature changes. Then a number of 'Tranquility' roses were planted, which are white in color and have a creamy color in the center of the buds. They bloom constantly throughout the season and have an unusual aroma of ripe apples. And in the very center are roses 'Winter Lodge', densely double white-cream flowers with a green tint on the outer petals, similar to airy clouds. In the left corner of the arrangement is a magnolia 'Sulanja', with pale beige flowers that impress with their beauty and fragrant aroma from early spring to early summer. It is framed by an Iberis ring.

In the right corner, there are two viburnum 'Buldenezh' plants. This is a bushy plant, with medium-sized, pure white flowers, collected in large inflorescences (snow globes), strung in garlands on inclined branches. The flowering is abundant, den-

sely covering the entire bush. Nearby there is a large bush of hybrid garden jasmine, a shrub with straight shoots, which has fragrant white flowers that bloom from June to July. Along the bottom, it is proposed to plant a row of hydrangeas 'Lamlight' in a checkerboard pattern, behind them a hedge of brilliant cotoneaster.

The lawn of our choice is a lawn of slow-growing varieties of white microclover. Due to symbiotic fixation, white microclover enriches nitrogen-poor soils, which is important for creating a dense grass stand with an attractive fresh green color [20]. Periwinkle is planted in another part of the parterre space. Its leaves are dark green, shiny, and remain so throughout the year.

The assortment list of ornamental plants is presented in Table 2.

Table 2

The assortment list of ornamental plants of the regular parterres of Sharivsky Park, [by the authors]

№ №	Name	Name in Latin	Quantity
1	Lavender broadleaf	<i>Lavanda latifolia</i>	179
2	Periwinkle	<i>Vinca</i>	30
3	White clover	<i>Trifolium repens</i>	72
4	White lilac 'Madame Limoine'	<i>Syringa 'Mme Lemoine'</i>	6
5	Hybrid garden jasmine	<i>Jasminum</i>	2
6	Boxwood	<i>Buxus</i>	278
7	Viburnum 'Buldenezh'	<i>Boule de Neige Roseum</i>	4
8	Rose 'Bouquet Parfait'	<i>Rosa 'Bouquet Parfait'</i>	99
9	Rose 'Iceberg'	<i>Rosa 'Iceberg'</i>	18
10	Rose 'Winter Lodge'	<i>Rosa 'Winter Lodge'</i>	38
11	Rose 'Swanee'	<i>Rosa 'Swany'</i>	23
12	Rose 'Tranquility'	<i>Rosa 'Tranquillity'</i>	85
13	Small-leaved linden	<i>Tilia cordata</i>	18
14	White forsythia	<i>Abeliophyllum distichum</i>	20
15	White magnolia 'Sulanja'	<i>Magnolia 'Soulangeana'</i>	2
16	Iberis evergreen	<i>Iberis sempervirens</i>	66
17	Perovskia swan-like	<i>Perovskia atriplicifolia</i>	15
18	Cotoneaster brilliant	<i>Cotoneaster lucidus</i>	77
19	Spirea 'Arguta'	<i>Spiraea 'Arguta'</i>	10
20	Tree hydrangea 'Anabelle'	<i>Hydrangea arborescens 'Annabelle'</i>	54
21	Panicle hydrangea 'Lamlight'	<i>Hydrangea paniculata 'Limelight'</i>	29

**Conclusions.** The park-monument of landscape art "Sharivskiy" requires an integrated approach to its restoration and development. Based on the results of the analysis of historical sources with a focus on the period of the highest embodiment of the artistic compositional idea of the restored space, in order to preserve the original idea and characteristics of landscape compositions, the concept of revitalization "White Garden" is proposed, which is suggest-

ed by the "Genius loci" of the historical landscape and which contains many meanings and connotations that created the spirit of the place of the old manor.

Using the QGIS geographic information system, OSM Standard map and Google Satellite Hybrid map, we modeled the 3D authentic relief of regular landscape compositions of the Sharivsky Palace and Park Complex. Using the Sketchup 2020

software tool, a graphical representation of the architectural, planning, and three-dimensional solutions of the studied historical landscape was made. The Sketchup 2020 software tool was also used for the graphic 3D reconstruction of numerous architectural details that adorn the palace, including balustrades, windows, doors, and towers decorated with ornaments.

The project of revitalization of regular landscape compositions of Sharivskiy Park, in particular, the dendrological plan - developed using species and cultivars of ornamental plants with identified historical and aesthetic value to ensure the continuity of new and preserved plant elements of landscape compositions, such as: *Hydrangea arborescens* 'Annabelle', *Hydrangea paniculata* 'Limelight', *Iberis sempervirens*, *Winter Lodge*, *Spiraea* 'Arguta',

*Swany*, *Perovskia atriplicifolia*, *Cotoneaster lucidus*, *Spiraea vanhouttei*, *Syringa* 'Mme Lemoine', *Tilia cordata*, *Abeliophyllum distichum*, *Iceberg*, *Buxus*, *Lavanda latifolia*, *Tranquillity*, *Magnolia* 'Soulangeana', *Boule de Neige Roseum*, *Jasminum*, *paniculata* 'Limelight', *Trifolium repens*, *Vinca*, *Rosa* 'Bouquet Parfait', *Rosa* 'Winter Lodge', *Rosa* 'Swany', *Rosa* 'Tranquillity'.

The revitalization project, namely, the proposed vision of preserving the sustainable features of the place, can be used during the comprehensive reconstruction of the Sharivskiy Park-Monument of Landscape Gardening of National Significance, which will undoubtedly contribute to the integration of cultural heritage into the modern socio-cultural space of Kharkiv region.

### Bibliography

1. Овсяник А. М. Аналіз регіональних цільових програм у сфері охорони культурної спадщини / А. М. Овсяник // Науковий вісник «Демократичне врядування», 2021. – Вип. 1 (27). doi: <https://doi.org/10.33990/2070-4038.27.2021.239237>
2. Гончарова К. У пошуках нових підходів до збереження культурної спадщини: приватно-громадське партнерство [Електронний ресурс] / К. Гончарова // Український центр культурних досліджень. Доступно на: <https://uccs.org.ua/detsentralizatsiia/statti/u-poshukakh-novykh-pidkhodiv-do-zberezhennia-kulturnoi-spadshchyny-privatno-hromadske-parterstvo/> (дата звернення 31.12.2023).
3. «Велика реставрація»: проблеми та перспективи. LB.ua. [Електронний ресурс]. – Доступно на: [https://lb.ua/culture/2021/06/02/486052\\_velika\\_restavratsiya\\_problemi.html](https://lb.ua/culture/2021/06/02/486052_velika_restavratsiya_problemi.html) (дата звернення: 17.11.2023).
4. Обласна програма збереження архітектурної спадщини в Харківській області на 2018–2023 рр. Офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету. [Електронний ресурс]. – Доступно на: <http://www.oblrada.kharkov.ua/ua/public-information/oblasni-programi/326-oblasna-prohrama-zberezhennia-arkhitekturnoi-spadshchyny-v-kharkivskii-oblasti-na2018-2023-roky> (дата звернення 16.11.2023).
5. Яровий С. М. Реабілітація та концепція розвитку палацово-паркового комплексу «Садиба» в смт Шарівка Харківської області / С. М. Яровий, С. О. Слободянюк // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2019. – № 3. – С. 103–110. – Доступно на: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.040719.104.470> (дата звернення: 01.11.2023).
6. На базі Шарівського палацу планують створити міжнародний центр культури. Харківська обласна державна адміністрація. [Електронний ресурс]. – Доступно на: <http://kharkivoda.gov.ua/uk/news/view/id/24077> (дата звернення: 06.11.2023).
7. Блиск та злидні Шарівки. Як занепадає унікальний замок під Харковом. Українська правда. [Електронний ресурс]. – Доступно на: <https://www.pravda.com.ua/articles/2019/06/29/7216629/> (дата звернення 06.11.2023).
8. Денисик Г. Періодизація формування садово-паркових ландшафтів Центральної Європи / Г. Денисик, І. Кравцова // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2023. – Вип. 58. – С. 143–158. doi: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-12>
9. Кравцова І. В. Садово-паркові ландшафти: формування, структура, значимість / В. В. Кравцова // Журнал «Ландшафтознавство», 2023 – 3 (1) – С. 29–39. doi: <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-29-39>
10. Шарівський палацово-парковий комплекс «Садиба». Discover. [Електронний ресурс]. – Доступно на: <https://discover.ua/locations/dvorcovo-parkovyy-kompleks-sharovka> (дата звернення 16.11.2023).
11. Бір'юва О. Ю. Цукрові перлини Слобожанщини / О. Ю. Бір'юва // Історичні студії суспільного прогресу, 2016. – Вип. IV. – С.20–25. – Доступно на: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=iscr\\_2016\\_4\\_5](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=iscr_2016_4_5) (дата звернення: 27.10.2023).
12. Гололобова. Досвід екологічної реконструкції культурних ландшафтів (огляд) / О. О. Гололобова, О. С. Шаповалова, О. І. Калиновський, С. Ю. Кіреєва // Людина та довкілля. Проблеми неоекології, 2020. – Вип. 34. – С. 59–67. doi: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-06>.
13. ICOMOS UKRAINE. [Електронний ресурс]. – Доступно на: [http://icomos-ua.blogspot.com/p/blog-page\\_5851.html.2](http://icomos-ua.blogspot.com/p/blog-page_5851.html.2) (дата звернення 06.11.2023).
14. Поливач К. Історичні села України: на шляху до визнання / К. Поливач // Історична географія, 2022. – С. 82–104. – Доступно на: [http://resource.history.org.ua/cgi-bin/eiu/history.exe?I21DBN=EJRN&P21DBN=EJRN&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&S21P03=IDP=&S21STR=Iqdu\\_2022\\_16\\_7](http://resource.history.org.ua/cgi-bin/eiu/history.exe?I21DBN=EJRN&P21DBN=EJRN&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=IDP=&S21STR=Iqdu_2022_16_7) (дата звернення: 20.12.2023).

15. ICOMOS. *Québec Declaration on the Preservation of the Spirit of Place*. 16th General Assembly of ICOMOS. Quebec, Canada, 29 September – 5 October 2008. – Доступно на: [https://www.silene.org/en/documentation-centre/declarations/quebec-declaration-on-the-preservation-of-the-spirit-of-place#Quebec\\_Declaration\\_2008\\_eng.pdf](https://www.silene.org/en/documentation-centre/declarations/quebec-declaration-on-the-preservation-of-the-spirit-of-place#Quebec_Declaration_2008_eng.pdf) (дата звернення 25.11.2023).
16. Максименко Н. Концепція ревіталізації регулярних ландшафтних композицій парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Шарівський» / Н. Максименко, О. Гололобова // Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства: збірник тез XII Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції. Умань, 12 жовтня 2023 року. – УНУС. – С. 98–101.
17. 20 Best Sketchup Plugins for Urban Designers. URBAN DESIGN LAB. [Електронний ресурс]. – Доступно на: <https://urbandesignlab.in/20-best-sketchup-plugins-for-urban-designers/> (дата звернення 17.11.2023).
18. SketchUp. Professional CAD Systems. [Електронний ресурс]. – Доступно на: <https://procadsys.co.nz/industries/urban-planning/> (дата звернення: 17.11.2023).
19. Landscape Design Software. [Електронний ресурс]. – Доступно на: <https://www.ideaspectrum.com> (дата звернення 19.10.2023).
20. Гололобов В. В. Ревіталізація регулярних ландшафтів експозиційної зони дендропарку Державного біотехнологічного університету / В. В. Гололобов, І. М. Коваль, О. О. Гололобова // Людина та довкілля. Проблеми неоекології, 2023. – Вип. 40. – С. 66–84. doi: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-40-06>
21. Максименко Н., Гололобова О., Щербань В., Погоріла М. Впровадження стійких рослинних компонентів в зелену інфраструктуру в контексті природоорієнтованих рішень. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. Випуск 35, 2021.с. 58–71. doi: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-06>
22. Suman, S., North, M.R., Petropoulos, G.P., Srivastava, P.K., Hristopoulos, D.T., Fuzzo, D.S., Carlson, T.N. (2020). Modelling key parameters characterising land surface using the SimSphere SVAT model. *Agricultural Water Management: Theories and Practices*, 409-442. <https://www.elsevier.com/books/agricultural-water-management/srivastava/978-0-12-812362-1> doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812362-1.00020-5>
23. Shan, P., Sun, W. (2021). Research on landscape design system based on 3D virtual reality and image processing technology. *Ecological Informatics*, 63, 101287. [http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws\\_home/705192/description#description](http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/705192/description#description) doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101287>
24. Sun, S., Xu, X., Lao, Z., Liu, W., Li, Z., Higuera García, E., He, L., (...), Zhu, J. (2017). Evaluating the impact of urban green space and landscape design parameters on thermal comfort in hot summer by numerical simulation. *Building and Environment*, 123, 277-288. <http://www.elsevier.com/inca/publications/store/2/9/6/index.htm> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.010>
25. Shan, P., Sun, W. (2021). Auxiliary use and detail optimization of computer VR technology in landscape design Arabian *Journal of Geosciences*, 14 (9), article no. 798. [http://www.springer.com/geosciences/journal/12517?cm\\_mmc=AD- -enews- -PSE1892- -0](http://www.springer.com/geosciences/journal/12517?cm_mmc=AD- -enews- -PSE1892- -0) doi: <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07131-1>
26. Lavorel, S., Grigulis, K., Richards, D.R., Etherington, T.R., Law, R.M., Herzig, A. (2022). Templates for multifunctional landscape design. *Landscape Ecology*, 37 (3), 913-934. <http://www.springerlink.com/content/103025/> doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01377-6>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

#### References

1. Ovsyanyk A. M. (2021). Analysis of regional targeted programs in the field of cultural heritage protection. *Scientific Bulletin «Democratic Governance»*, 1 (27). DOI: <https://doi.org/10.33990/2070-4038.27.2021.239237> [in Ukrainian]
2. Goncharova K. In search of new approaches to the preservation of cultural heritage: private-public partnership. Ukrainian Center for Cultural Research. Website. <https://uccs.org.ua/detsentralizatsiia/statti/u-poshukakh-novykh-pidkhodiv-do-zberezhennia-kulturnoi-spadshchyny-pryvatno-hromadske-parterstvo/> [in Ukrainian]
3. «Great Restoration»: problems and prospects. LB.ua: Website. [https://lb.ua/culture/2021/06/02/486052\\_velika\\_restavratsiya\\_problemi.html](https://lb.ua/culture/2021/06/02/486052_velika_restavratsiya_problemi.html) [in Ukrainian]
4. Regional program for the preservation of architectural heritage in the Kharkiv region for 2018–2023. Official website of the Kharkiv City Council, Mayor, Executive Committee: Website. <http://www.oblrada.kharkov.ua/ua/public-information/oblasni-programi/326-oblasna-prohrama-zberezhennia-arkhitekturnoi-spadshchyny-v-kharkivskii-oblasti-na2018-2023-roky> [in Ukrainian]
5. Yarovy S. M., Slobodianiuk S. O. (2019). Rehabilitation and development concept of the palace and park complex «Sadyba» in Sharivka, Kharkiv region. *Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 3, 103–110. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.040719.104.470> [in Ukrainian]
6. There are plans to create an international cultural center on the basis of the Sharivskyi Palace. Kharkiv Regional State Administration: Website. <http://kharkivoda.gov.ua/uk/news/view/id/24077> [in Ukrainian]
7. Sharivka's brilliance and poverty. How a unique castle near Kharkiv is falling into decay. *Ukrainska Pravda*: website. <https://www.pravda.com.ua/articles/2019/06/29/7216629/> [in Ukrainian]



8. Denysyk H., Kravtsova I. (2023). Periodization of the formation of garden and park landscapes of the Central Europe. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»*, 58, 143–158. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-12> [in Ukrainian]
9. Kravtsova I. V. (2023). Garden and park landscapes: formation, structure, significance, *Journal of Landscape Science*, 3 (1), 29–39. DOI: <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-29-39> [in Ukrainian]
10. Sharivskiy palace and park complex «Sadyba». Discover: Website: <https://discover.ua/locations/dvorcovo-parkovyy-kompleks-sharovka> [in Ukrainian]
11. Biryova O. Y. (2016). Sugar pearls of Slobozhanshchyna. *Historical studies of social progress. IV*, 20–25. [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&2\\_S21P03=FILA=&2\\_S21STR=is\\_cp\\_2016\\_4\\_5](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=is_cp_2016_4_5) [in Ukrainian]
12. Gololobova E. A., Shapovalova E. S., Kalinovsky A. I. & Kireeva S. Yu. (2020). Experience in ecological reconstruction of cultural landscapes (review). *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 34, 59–67. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-06> [in Ukrainian]
13. ICOMOS UKRAINE [http://icomos-ua.blogspot.com/p/blog-page\\_5851.html.2](http://icomos-ua.blogspot.com/p/blog-page_5851.html.2) [in Ukrainian]
14. Polivach K. (2022). Historical villages of Ukraine: on the way to recognition. *Historical Geography*, 82-104. [http://resource.history.org.ua/cgi-bin/eiu/history.exe?I21DBN=EJRN&P21DBN=EJRN&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&2\\_S21P03=IDP=&2\\_S21STR=Igdu\\_2022\\_16\\_7](http://resource.history.org.ua/cgi-bin/eiu/history.exe?I21DBN=EJRN&P21DBN=EJRN&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=IDP=&2_S21STR=Igdu_2022_16_7) [in Ukrainian].
15. ICOMOS. Québec Declaration on the Preservation of the Spirit of Place. 16th General Assembly of ICOMOS. Québec, Canada, 29 September – 5 October 2008. [https://www.silene.org/en/documentation-centre/declarations/quebec-declaration-on-the-preservation-of-the-spirit-of-place#Quebec\\_Declaration\\_2008\\_eng.pdf](https://www.silene.org/en/documentation-centre/declarations/quebec-declaration-on-the-preservation-of-the-spirit-of-place#Quebec_Declaration_2008_eng.pdf)
16. Maksymenko N., Gololobova O. (2023) The concept of revitalization of regular landscape compositions of the park-monument of landscape art « Sharivskiy». *Ecology – ways to harmonize the relationship between nature and society: a collection of abstracts of the XII All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference. Uman, October 12, UNUS, Uman, 98–101.* [in Ukrainian]
17. 20 Best Sketchup Plugins for Urban Designers. URBAN DESIGN LAB: Website. <https://urbandesignlab.in/20-best-sketchup-plugins-for-urban-designers/>
18. SketchUp. Professional CAD Systems: Website. <https://procadsys.co.nz/industries/urban-planning/>
19. Landscape Design Software. Website. <https://www.ideaspectrum.com>
20. Gololobov V. V., Koval I. M., Gololobova O. O. (2023). Revitalization of regular landscapes of the exposition zone of the arboretum of the State Biotechnological University. *Human and the environment. Problems of neoecology*, 40, 66–84. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-40-06> [in Ukrainian]
21. Maksymenko, N. V., Gololobova, O., Shcherban, V. I., & Pohorila, M. V. (2021). Introduction of Sustainable Plant Components in Green Infrastructure in the Context of Nature-Oriented Solutions. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (35), 58-71. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-06>
22. Suman, S., North, M.R., Petropoulos, G.P., Srivastava, P.K., Hristopulos, D.T., Fuzzo, D.S., Carlson, T.N. (2020). Modelling key parameters characterising land surface using the SimSphere SVAT model. *Agricultural Water Management: Theories and Practices*, 409-442. <https://www.elsevier.com/books/agricultural-water-management/srivastava/978-0-12-812362-1> doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812362-1.00020-5>
23. Shan, P., Sun, W. (2021). Research on landscape design system based on 3D virtual reality and image processing technology. *Ecological Informatics*, 63, 101287. [http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws\\_home/705192/description#description](http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/705192/description#description) doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101287>
24. Sun, S., Xu, X., Lao, Z., Liu, W., Li, Z., Higuera García, E., He, L., (...), Zhu, J. (2017). Evaluating the impact of urban green space and landscape design parameters on thermal comfort in hot summer by numerical simulation. *Building and Environment*, 123, 277-288. <http://www.elsevier.com/inca/publications/store/2/9/6/index.htm> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.010>
25. Shan, P., Sun, W. (2021). Auxiliary use and detail optimization of computer VR technology in landscape design *Arabian Journal of Geosciences*, 14 (9), art. no. 798. [http://www.springer.com/geosciences/journal/12517?cm\\_mmc=AD- -enews- -PSE1892- -0](http://www.springer.com/geosciences/journal/12517?cm_mmc=AD- -enews- -PSE1892- -0) doi: <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07131-1>
26. Lavorel, S., Grigulis, K., Richards, D.R., Etherington, T.R., Law, R.M., Herzig, A. (2022). Templates for multifunctional landscape design. *Landscape Ecology*, 37 (3), 913-934. <http://www.springerlink.com/content/103025/> doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01377-6>

## Ревіталізація регулярних ландшафтних композицій парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Шарівський»

**Надія Максименко**<sup>1</sup>

д. геогр. н., професор, зав. кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи,

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна;

**Олена Гололобова**<sup>1</sup>

к. с.-г. н., доцент, кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи;

**Вадим Гололобов**<sup>1</sup>

аспірант кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи;

**Віктор Кірєєв**<sup>2</sup>

PhD (екологічні науки та політика), наук. співробітник,

<sup>2</sup> Erda RTE, Гаага, Нідерланди

Сприйняття ландшафту як простору для життя призвело до формування та розвитку особливої групи антропогенних ландшафтів – садово-паркових, які виконують велику низку функцій від утилітарної до естетичної та духовної. Наразі приблизно 30% історичних садово-паркових ландшафтів пам'яток культурної спадщини знаходяться в аварійному стані, 80% – потребують серйозних реставраційних робіт. Тому ревіталізація ландшафтної структури історичних садово-паркових ландшафтів є актуальною науковою проблемою та відповідає двом цілям сталого розвитку (11- сталий розвиток міст та громад і 15 – збереження екосистем суходолу). Мета роботи – обґрунтування концепції ревіталізації регулярних ландшафтних композицій парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Шарівський» та графічне 3D моделювання архітектурно-планувальних та об'ємно-просторових рішень запропонованої концепції. В роботі використано метод історичного аналізу: з фокусуванням на період найвищого втілення художнього композиційного задуму відновлюваного простору, коли маєток належав успішному цукрозаводчику Леопольду Кенігу. Графічна подача архітектурно-планувальних та об'ємно-просторових рішень досягнута за допомогою використання програмних інструментів QGIS 3.28.3–Firenze 2022-08-31, SketchUp і Realtime Landscaping Architect. За результатами аналізу історичних джерел задля збереження оригінального задуму та характеристик ландшафтних композицій запропонована візія ревіталізації «Білий сад», яка підказана «Genius loci» історичного ландшафту Шарівського парку. За допомогою геоінформаційної системи QGIS, карти OSM standard та карти Google Satellite Hybrid змодельований 3D автентичний рельєф регулярних ландшафтних композицій Шарівського палацово-паркового комплексу. Графічна подача архітектурно-планувальних та об'ємно-просторових рішень виконана за допомогою програмного інструменту SketchUp 2020. Sketchup 2020 також був задіяний для графічної 3D реконструкції численних архітектурних деталей, які прикрашають палац (балюстради, вікна, двері, башти тощо). Дендрологічний план розроблений з використанням видів та культиварів декоративних рослин з виявленою історичною та естетичною цінністю для забезпечення наступності нових та збережених рослинних елементів ландшафтних композицій. Запропонована візія може бути використана під час комплексної реконструкції парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Шарівський» і буде сприяти підвищенню значимості історичних культурних садово-паркових ландшафтів у формуванні сучасного соціокультурного простору Харківського регіону.

**Ключові слова:** сталий розвиток громади, збереження екосистем, ландшафт, екологічний туризм, рекреація, екологічна ревіталізація, парк-пам'ятка, садово-паркове мистецтво, Шарівський, геоінформаційне моделювання, 3D моделювання, графічна реконструкція, дендрологічний план, декоративні рослини.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 12 січня 2024 р.


Прийнята 16 лютого 2024 р.

## Biodiversity centers of fauna in the urbanized landscape of Eastern Podillia: taxonomic richness and conservation prospects


*Oleksandr Matviichuk*<sup>1</sup>

PhD (Biology), Associate Professor, Chief of the Department of Biology,  
<sup>1</sup> Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine,  
e-mail: [oleksandr.matviichuk@vspu.edu.ua](mailto:oleksandr.matviichuk@vspu.edu.ua),  <https://orcid.org/0000-0002-3695-0433>;


*Anatoliy Hudzevich*<sup>1</sup>

DSc (Geography), Professor, Department of Geography,  
e-mail: [amarek@ua.fm](mailto:amarek@ua.fm),  <https://orcid.org/0000-0001-8884-9436>;


*Oksana Shevchuk*<sup>1</sup>

PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Biology,  
e-mail: [oksana.shevchuk@vspu.edu.ua](mailto:oksana.shevchuk@vspu.edu.ua),  <https://orcid.org/0000-0003-3727-9239>;


*Hanna V. Korobkova*<sup>2</sup>

PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Ecology and Biotechnology in Plant Breeding,  
<sup>2</sup> State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,  
e-mail: [korobkova.ann@gmail.com](mailto:korobkova.ann@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0002-0246-8585>;


*Olena Khodanitska*<sup>1</sup>

PhD (Agriculture), Associate Professor of the Department of Biology,  
e-mail: [olena.khodanitska@vspu.edu.ua](mailto:olena.khodanitska@vspu.edu.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-5887-1755>;

*Olesia Tkachuk*<sup>1</sup>

PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Biology,  
e-mail: [olesya.tkachuk@vspu.edu.ua](mailto:olesya.tkachuk@vspu.edu.ua),  <https://orcid.org/0000-0002-6649-7975>;

*Stepan Polyvaniy*<sup>1</sup>

PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Biology,  
e-mail: [stepan.polivaniy@vspu.edu.ua](mailto:stepan.polivaniy@vspu.edu.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-8457-8894>;

*Inna Stepanenko*<sup>1</sup>

Assistant of the Department of Biology,  
e-mail: [inna.stepanenko@vspu.edu.ua](mailto:inna.stepanenko@vspu.edu.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-5589-4951>

### ABSTRACT

Statement of the problem and goal. Vinnytsia region now demonstrates one of the lowest indicators of provision of natural protected areas and objects (2.27% of the region's area). The regional figure for Vinnytsia is even lower, which is 1.65% of the city's area. The need of the day is to study the localities of rare species of biota, rare biotopes, and migration routes of animals in an urbanized environment as potential objects for the development of protected areas.

**Materials and methods.** Determination of the optimal methodology for identifying the taxonomic structure and ecological groups of the studied fauna based on the analysis of literary, cartographic, and stock materials. To assess the geocomponent representativeness of the fauna of the urban environment, expedition research methods were used. Systematization of terrestrial and terrestrial-aquatic taxonomic groups of fauna was carried out using empirical methods. Identification of characteristic traces and remains is used to record animals through visual observation. Audio Moth v.1.2.0 recording devices and an Echo Meter Touch 2 active bat detector were used to record owls (Strigiformes, Aves) and bats (Chiroptera, Mammalia). With the help of control catches, as well as through analysis of the catches of amateur fishermen, the species composition of fish was established.

**Results and discussion.** Under conditions of significant technogenic transformation of the biotopes of the tract and nearby aquatic landscapes, a relatively rich zoocenosis has formed. This zoocenosis unites synanthropic and local species of birds, reptiles, mammals, amphibians and fish. This is facilitated by the combination of a wide range of facies that provide the trophic and topical needs of animals. The territory of the tract, thanks to the rich species composition of animals and stable interspecies connections, can effectively serve as a center for the conservation of biodiversity and an educational, ecological and aesthetic mission in an urban landscape.

**Scientific novelty.** A specific faunal complex of the park, the mouth of the town of Tyazhilivka and the adjacent part of the Sabarovskoe reservoir has been identified. It includes 104 species of animals of the genus Chordata: class Mammals (Mammalia) - 14 species, class Birds (Aves) - 66 species, class Reptiles (Reptilia) - 4 species, class Amphibians (Amphibia) - 4 species, class Orthoptera (Actinopterygii) - 16 species. Research materials are the basis for the creation of a nature conservation area and the expansion and optimization of the existing natural reserve network of the urban environment.

**Keywords:** protected area, reserve, urban core area, fauna, nature protection, Vinnytsia.

**In cites:** Matviichuk Oleksandr, Hudzevich Anatoliy, Shevchuk Oksana, Korobkova Hanna, Khodanitska Olena, Tkachuk Olesia, Polyvaniy Stepan, Stepanenko Inna (2024). Biodiversity centers of fauna in the urbanized landscape of Eastern Podillia: taxonomic richness and conservation prospects. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 379-388. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-28>

**Introduction.** Similar to the world trends [14], in Ukraine there is a constant increase in the share of the urban population. This is accompanied by an increase in the area of cities, the density of buildings, and a change in its style, often with a radical transformation of the landscape. Such processes directly affect species richness and quantitative parameters of zoocenoses of the territory [8, 16]. Species lose not only those stations with the necessary characteristics for them but also the required diet. The level of animal disturbance by humans is increasing [3]. Therefore, it is extremely important to develop programs for the preservation of flora and fauna in urban areas [2, 13]. The optimization of the ratio of natural and anthropogenic landscapes is one of the important ways to reconcile population settlement, industrial and economic activity in settlements with environmental requirements and restrictions. This is ensured by the formation of an ecological network and the creation of environmental protection facilities.

The territory of our study is a part of Vinnytsia, located on the banks of the Southern Bug River (or, more precisely, the Sabarivske Reservoir) in the Middle Pobuzhzhia, one of the most cultivated regions of the forest-steppe zone of Ukraine. Today, the Vinnytsia region has one of the lowest levels of nature-reserved areas and objects. As of 01.01.2024, there are 433 objects of the nature reserve fund in the region (43 objects of national importance, including 1 national nature park and 389 objects of local importance, including 4 regional landscape parks) with a total area of 60,197.3 hectares, which is 2.27% of the region's area. Until 2016, the number of objects and territories of the nature reserve fund in Vinnytsia amounted to 13 units. The protected area was 177.9 hectares, which was 2.59% of the total area of the city. Following the increase in the area of Vinnytsia to 113.2 km<sup>2</sup> (as of January 1, 2016), the number of nature protection objects and territories has also increased. This was due to their presence in the attached areas—9 objects with an area of 8.91 hectares. However, this did not significantly affect the change in the city's overall low environmental protection rate. Conversely. Today, it remains even lower than the regional average and amounts to 1.65% of the city's area. Therefore, it is extremely important to study the localities of rare species of biota, rare biotopes, and animal migration routes in the urban environment as potential sites for the development of nature conservation areas. The need for this step is reinforced by the vision of their use in the future as components of the ecological framework of the local and regional eco-network, conservation and protection of landscape and biotic diversity, stabilization of ecosystems, and ensuring the eco-evolution of the nature of the urban area.

The purpose of our research is to study the biodiversity centers of the urbanized landscape of Eastern Podillia (on the example of Vinnytsia) as a promising nature conservation area and one of the main structural elements of the local ecological network of Vinnytsia.

Achieving this goal involves solving the following tasks: 1) establishment of the geo-ecological features of the "«Brigantina»" tract as a basis for determining the taxonomic structure and ecological groups of the studied fauna; 2) determination of the role of natural and anthropogenic factors in the distribution of birds, as the taxonomically richest class in the zoocenosis of chordate animals, in both natural and anthropogenic biotopes of Eastern Podillia; 3) identification of rare and endangered species of wetland fauna, that included in various ecological conventions and protection lists.

**Materials and methods.** It is known that people's attitudes towards nature and its protection are formed in the urban environment [9, 14]. The opportunity to observe animals in the urban landscape, to act for their preservation and to see a positive result are important steps for ecological education of the population. Therefore, the necessity to preserve biodiversity in urbanized areas is generally recognized [17, 21].

Currently, there are many programs involving the partnership of zoologists with sociologists, landscape architects, urban planners, and economists [22]. They are aimed at creating comfortable conditions for the coexistence of humans and animals in the urban landscape. Thus, it is expedient to restore degraded green areas, and to design areas with new phytocenoses [7, 21]. To preserve biodiversity, undeveloped areas of the urban environment are turned into rain gardens, urban farms, etc. The components should be present that compensate for the loss of nesting microstations during the planning of modern cities [22].

In the central areas of European cities, individual researchers counted up to 26 species of birds, the status of which is close to threatened. This shows that even heavily urbanized areas are important and suitable for biodiversity conservation [14, 18].

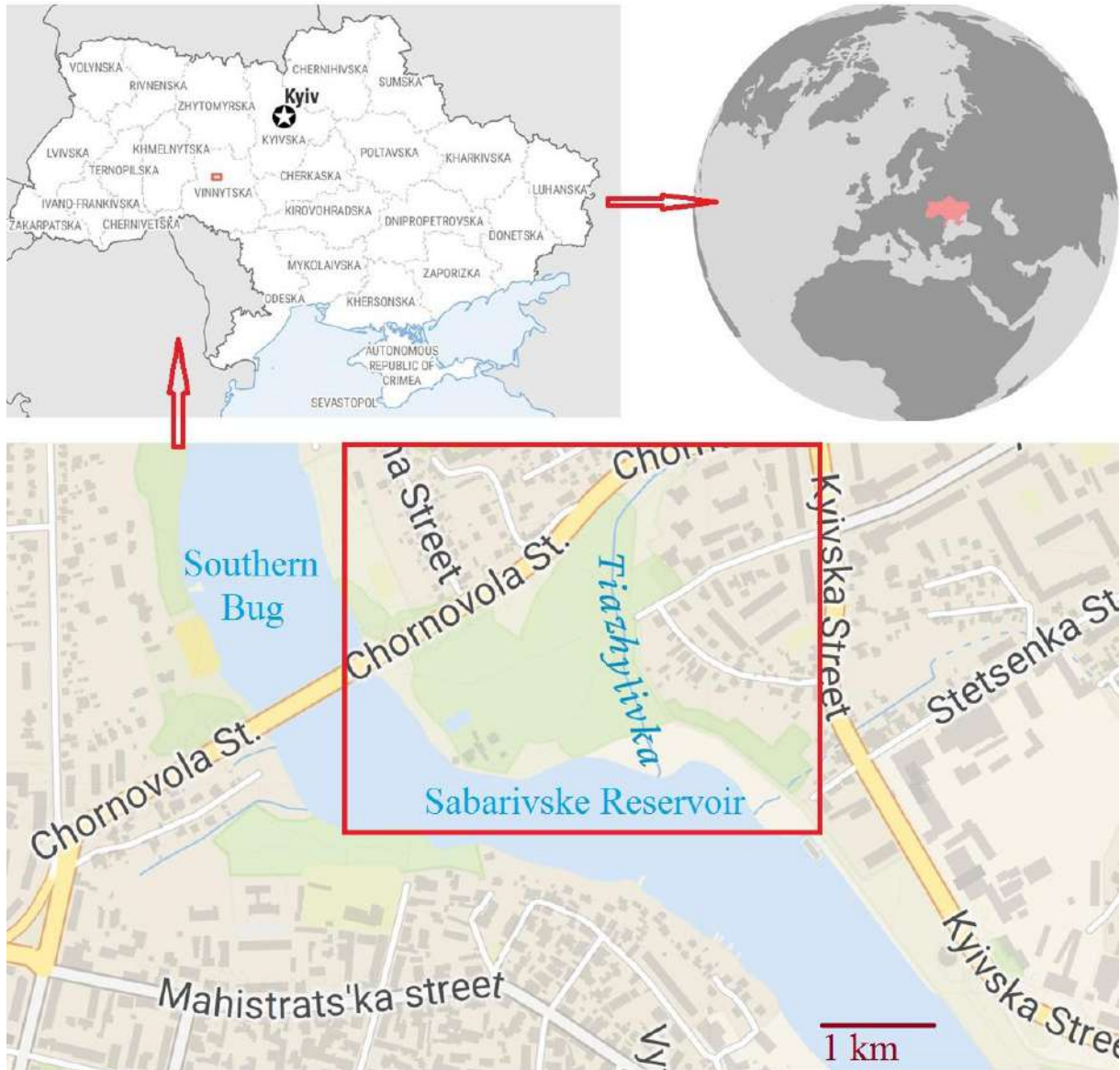
Noticeable anthropogenic pressure can also be traced in the urbanized landscapes of Eastern Podillia. The largest settlement in the region is the city of Vinnytsia with a population of over 370,000 people [1] and an area of 113.2 km<sup>2</sup>. There is no doubt about the need to preserve the natural zoocenoses of this territory. One of the ways to realize this goal is the creation of protected areas, which has already proven its effectiveness in Podillia [3, 6, 10-12, 19, 20]. For this purpose, we carried out a cycle of monitoring works aimed at determining the species composition and number of animals in one of the

city tracts, promising the creation of a nature protection area. A wide range of methods was used, in particular: field (expeditionary research methods were used to assess the geocomponent representativeness of the fauna of the urban environment); empirical (systematization of terrestrial and terrestrial-aquatic taxonomic groups of fauna); cameral (analysis of literary, cartographic, and fund materials to select the optimal methodology for identifying the taxo-

nom structure and ecological groups of the studied fauna).

**Experimental procedures.** The taxonomic structure and abundance of representatives of the phylum Chordata were studied in the «Brigantina» tract (Fig. 1) and on the adjacent part of the left bank of the «Sabarivske Reservoir» at the mouth of the Tyazhylivka River.

Animals were recorded by visual observation,



**Legend:**  - "Brigantina" tract

Fig. 1. Location of the «Brigantina» tract in the urban landscape of Vinnytsia (by OCHA program Ukraine [23])

by finding characteristic traces and remains. Audio Moth v.1.2.0 recording devices and active bat detector Echo Meter Touch 2 were utilized to record owls (Strigiformes, Aves) and bats (Chiroptera, Mammalia). The species composition of fish was studied by means of control catches, and also due to the analysis of the catches of amateur fishermen.

Accounting was carried out during all seasons

of the year (2021-2023).

The study focused on the animals that inhabiting the park, the mouth of the Tyazhylivka River and part of the Sabarivske Reservoir.

**Results.** The complex of nature and anthropogenic factors (microrelief, type of water body, manifestations of anthropogenic pressure, and nature of the vegetation) determines the taxonomic structure

and ecological groups of the studied fauna. As a result, the zoocenoses in the tract are mainly composed by chordates that live both in and near the water). Birds and some small mammals that build their nests in tree crowns and hollows have a wide range of convenient microhabitats within the tract. The mosaic of biotopes that characterizes Brigantine Park also attracts a number of representatives of all classes of terrestrial chordates, mostly synanthropic, who nest in the surrounding areas.

For obvious reasons, animals associated with aquatic ecosystems predominate in the studied fauna: mammals, birds, reptiles, amphibians, ray-finned fish.

The existence of the shrub and tree areas of different species and ages in the floral structure of the tract conditions the presence of a number of dendrophilous, especially hollow nesting and tree nesting birds, some tree mammals.

The tract is located in the central part of the city, thus its fauna is formed mostly by synanthropic animals. Due to the peculiarities of the landscape of the surrounding areas, sclerophilic and campophilic

species form the basis of zoocenosis. From a taxonomic point of view, the zoocenosis of chordate animals is dominated by birds (Fig. 2). This class of animals is taxonomically the richest in both natural and anthropogenic biotopes of Eastern Podillia [4, 5].

In total, the presence of 104 species of vertebrates was observed during the year.

Class Actinopterygians (16 species): Monkey Goby *N. fluviatilis*, Round Goby *N. melanostomus*, Common Rudd *S. erythrophthalmus*, Common Roach *R. rutilus*, Sunbleak *L. delineatus*, Common Bleak *A. alburnus*, Common Bream *A. brama*, Silver Bream *B. bjoerkna*, Stone Moroko *P. parva*, Prussian Carp *C. gibelio*, Eurasian Carp *C. carpio*, Ruffe *G. cernuus*, European Perch *P. fluviatilis*, Zander *S. lucioperca*, Northern Pike *E. lucius*, Wels Catfish *S. glanis*.

Class Amphibians (4 species): Marsh Frog *P. ridibundus*, Pool Frog *P. lessonae*, Eastern Tree Frog *H. orientalis*, Smooth Newt *L. vulgaris*.

Class Reptiles (4 species): Dice Snake *N. tessellata*, Sand Lizard *L. agilis*, European Pond Turtle *E. orbicularis*, Grass Snake *N. natrix*.

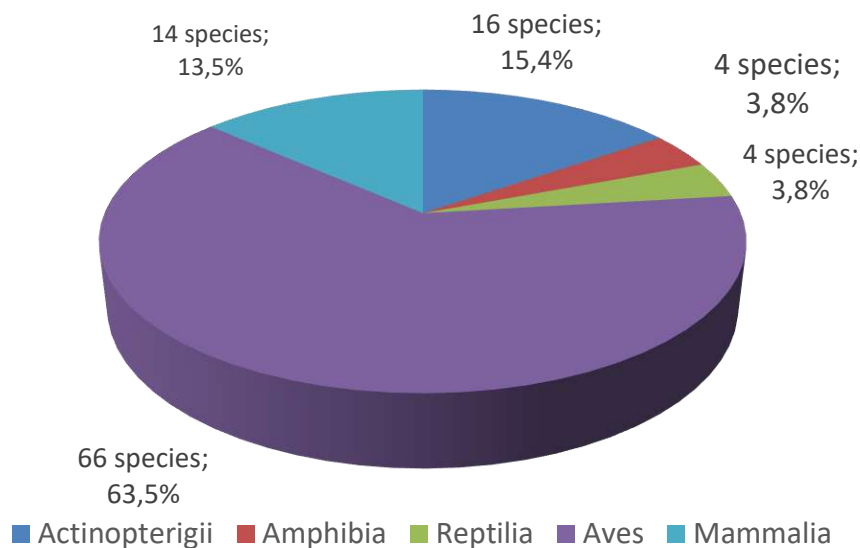


Fig. 2. The ratio of taxonomic groups of Chordata of the tract "Brigantyna"

Class Birds (66 species): Great Crested Grebe *P. cristatus*, Little Grebe *P. ruficollis*, Grey Heron *A. cinerea*, Great Egret *E. alba*, Little Bittern *I. minutus*, Eurasian Bittern *B. stellaris*, Mallard *A. platyrhynchos*, Common Kestrel *F. tinnunculus*, Eurasian Sparrowhawk *A. nisus*, Little Crane *P. parva*, Water Rail *R. aquaticus*, Eurasian Coot *F. atra*, Common Moorhen *G. chloropus*, Common Tern *S. hirundo*, Black Tern *Ch. niger*, Caspian Gull *L. cachinnans*, Black-headed Gull *L. ridibundus*, Domestic Pigeon *C. livia f. domestica*, Wood Pigeon *C. palumbus*, Eurasian Collared Dove *S. decaocto*, Common Swift *A. apus*, Common Cuckoo *C. canorus*, Common Kingfisher *A. atthis*, Lesser

Spotted Woodpecker *D. minor*, Great Spotted Woodpecker *D. major*, Grey-headed Woodpecker *P. canus*, Western House Martin *D. urbicum*, Eurasian Golden Oriole *O. oriolus*, White Wagtail *M. alba*, Common Starling *S. vulgaris*, Yellowhammer *E. citrinella*, European Goldfinch *C. carduelis*, European Serin *S. serinus*, Eurasian Chaffinch *F. coelebs*, Eurasian Siskin *S. spinus*, Eurasian Bullfinch *P. pyrrhula*, European Greenfinch *Ch. chloris*, Common Magpie *P. pica*, Eurasian Jay *G. glandarius*, Hooded Crow *C. cornix*, Rook *C. frugilegus*, Eurasian Wren *T. troglodytes*, Common Chiffchaff *Ph. collybita*, Eurasian Blackcap *S. atricapilla*, Lesser Whitethroat *S. curruca*, Com-

mon Whitethroat *S. communis*, Great Reed Warbler *A. arundinaceus*, Marsh Warbler *A. palustris*, Sedge Warbler *A. schoenobaenus*, River Warbler *L. fluviatilis*, Savi's Warbler *L. luscinoides*, Spotted Flycatcher *M. striata*, Black Redstart *Ph. ochruros*, Common Redstart *Ph. phoenicurus*, Goldcrest *R. regulus*, Fieldfare *T. pilaris*, Song Thrush *T. philomelos*, Common Blackbird *T. merula*, Thrush Nightingale *L. luscinia*, European Robin *E. rubecula*, Eurasian Tree Sparrow *P. montanus*, House Sparrow *P. domesticus*, Eurasian Nuthatch *S. europaea*, Great Tit *P. major*, Marsh Tit *P. palustris*, Eurasian Blue Tit *C. caeruleus*.

Class Mammal (14 species): Least Weasel *M. nivalis*, Nathusius' Pipistrelle *P. nathusii*, Kuhl's Pipistrelle *P. kuhlii*, Common Noctule *N. noctula*, Leisler's Bat *N. leisleri*, Serotine Bat *E. serotinus*, Red Squirrel *S. vulgaris*, Bank Vole *C. glareolus*, Brown Rat *R. norvegicus*, Wood Mouse *A. sylvaticus*, Yellow-necked Mouse *A. flavicollis*, House Mouse *M. musculus*, Muskrat *O. zibethicus*, Northern White-breasted Hedgehog *E. roumanicus*.

**Results and discussion.** There are only 16 species of obligate hydrophiles from the order Cypriniformes, Perciformes, Siluriformes, and Esociformes that belong to the class Actinopterygii on the investigated area of the reservoir.

Large shallow water areas in the mouth of the Tyazhylivka River and the adjacent reservoir area with thickets of *N. lutea* (L.) Smith (1809) and *N. alba* L., 1753 provide favorable temperature conditions for spawning of most fish species. Tyazhylivka's waters bring in a lot of organic substances, which, combined with rich aquatic vegetation, contribute to the active development of invertebrates, the traditional food for almost all fish species.

Invertebrates and plant food in the upper layers of water are consumed by Sunbleak, Common Bleak, Common Rudd and Stone Moroko. All of these species are common in the ichthyofauna of the region and are capable of forming numerous aggregations.

Also common in the waters of the reservoir are the inhabitants of deeper water depths and water thicknesses: Prussian Carp, Common Roach, Common Bream, European Perch, Eurasian Carp, Silver Bream, Zander, Northern Pike show a lower number.

Round Goby, Monkey Goby, Ruffe and Wels Catfish lead a benthic lifestyle. Wels Catfish appears irregularly in the researched water reservoir.

Among the detected species, Sunbleak and Wels Catfish are protected by Appx 2 of the Berne Convention (1979). Another 14 fish species, except Prussian Carp and Eurasian Carp, are included in The IUCN Red List of Threatened Species with LC (Least Concern) status.

Much less species diversity was found for am-

phibians. This class in the zoocenosis of the tract is represented by 4 species of the order Caudata and Anura (Fig. 2).

Tailless amphibians, in particular Marsh Frog and Pool Frog, occupy water landscapes throughout the year.

Another species of this order, namely the Eastern Tree Frog, was also found in the coastal thickets of cattails and sedges, as well as in the crowns of coastal trees and shrubs during all seasons of the year.

Single individuals of Smooth Newt were localized in the slow-flowing areas of the Tyazhylivka River and at its confluence with the reservoir. Animals were observed only during the spawning season. Probably they spend the winter in the same location.

Like other animals of the tract, amphibians are protected by international documents, in particular, the Berne Convention (1979). Eastern Tree Frog is included in its Appx 2, and the rest of the species are included in Appx 3.

In the reptile fauna within the studied tract, the presence of 4 species representing the orders Testudines and Squamata was also detected

The rich food base of shallow water areas of the reservoir, formed by small hydrophilic chordates (fish and amphibians), creates favorable conditions for the existence of Dice Snake and European Pond Turtle

Grass Snakes can be found in coastal areas, they hunt both aquatic vertebrates and land animals.

The concrete slabs that line the left bank of the Tyazhylivka River are overgrown with herbaceous and shrubby vegetation, which attracts a large number of arthropods. Such stations are convenient for hunting Sand Lizards, which are few in number. These animals use the cracks between the slabs as shelters.

International nature protection documents defend the aforementioned species of reptiles within the analyzed object. Among them, Grass Snake is included in Appx 3, the rest of the species - in Appx 2 of the Berne Convention, 1979). Moreover, 3 species of reptiles are in The IUCN Red List with the status of «Least Concern», and European Pond Turtle has the status of «Near Threatened».

The largest number of animal species among all taxonomic groups is represented by the class Aves (66 species). Taxonomically, they belong to the orders: Podicipediformes, Ciconiiformes, Anseriformes, Falconiformes, Gruiformes, Charadriiformes, Columbiformes, Cuculiformes, Apodiformes, Coraciiformes, Piciformes, Passeriformes (Fig. 2).

The low number of nesting birds is compensated by their species diversity. Thus, 42 species, or almost 63.6% of the entire avifauna of the tract, nest

directly on the park territory and water objects. More than half of these birds, namely breeding and migratory (31 species), make regular seasonal flights to their wintering grounds. Another 11 species are sedentary birds. They stay within the biotope or carry out migration over short distances at the end of the nesting period. (Fig. 3).

During the nesting period, another 21 species of

birds regularly visit the studied territory. Among these, 14 species are categorized as breeding in neighboring habitats, and other 7 species are sorted as sedentary in neighboring habitats (Fig. 3). The goal of such invasions is trophic migration.

Ultimately, the avifauna of the tract is replenished with 3 species of wintering birds in winter. (Fig. 3).

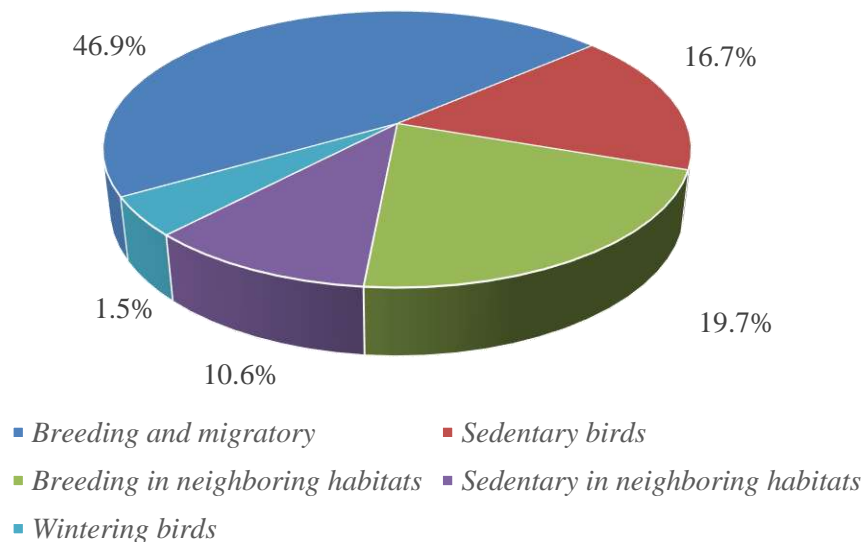


Fig. 3. Birds of the area by the nature of the stay

Nesting ornithocenoses are formed due to the action of a number of interrelated factors: peculiarities of the microrelief, the nature of the vegetation cover, the presence of trees with hollows, the presence of predatory animals, and the intensity of human visits. Therefore, during the organization of any works within each station of the tract, it is necessary to take into account the interests of one or a group of bird species that inhabit it.

Placing nests in trees allows birds to protect them from most land-based predatory mammals, as well as from human destruction. With this localization of the nest, the level of disturbance of the bird that incubates the clutch is also significantly reduced. That is why 25 species of birds use trees and bushes for nesting. Of these, 16 species nest in crowns, and 9 species nest in natural hollows or artificial nests (Fig. 4).

10 species (Fig. 4) are noted to nest on the ground. In an area with this level of anthropogenic pressure, this seems impossible. However, all these species successfully use the natural features of the tract to camouflage their nests. For example, Little Bittern, Eurasian Bittern, Little Crake, Water Rail, Eurasian Coot, Common Moorhen make their nests in the folds of coastal aquatic vegetation, which is partially submerged. It greatly limits access to them by predatory animals and humans. Mallard also nests near the edge of the water, but on dry mounds

of sedges. For camouflaging their nests, Thrush Nightingale and White Wagtail use the unevenness of the microrelief of the coastline of the Tyazhilivka River and coastal grassy vegetation.

Small aquatic birds that hang their nests between reed stems or other aquatic higher plants: River Warbler, Savi's Warbler, Great Reed Warbler, Marsh Warbler and Sedge Warbler (Fig. 4). are also associated with coastal vegetation. Such nests are usually built over water, which protects them from access by humans or predatory mammals. Thin reed stalks, on which the nest is suspended, do not allow birds of prey to get a foothold. This nesting strategy is quite successful.

Common Kingfisher uses burrows in the elevated walls of the coastline for nesting and Common Cuckoo is a nest parasite (Fig. 4).

Of the 66 species of birds living in the Brigantine tract, 16 species are protected by Appx 3, and 43 species are included in Appx 2 of the Berne Convention (1979).

Appendices 1 and 2 of the Convention CMS (1979) include 1 and 10 species of birds, respectively.

The lists of the AEW (1999) mention 6 representatives of the tract avifauna: Eurasian Bittern, Little Bittern, Great Egret, Mallard, Black Tern, Common Tern.

Finally, 65 species of birds recorded during the surveys are protected by The IUCN Red List with



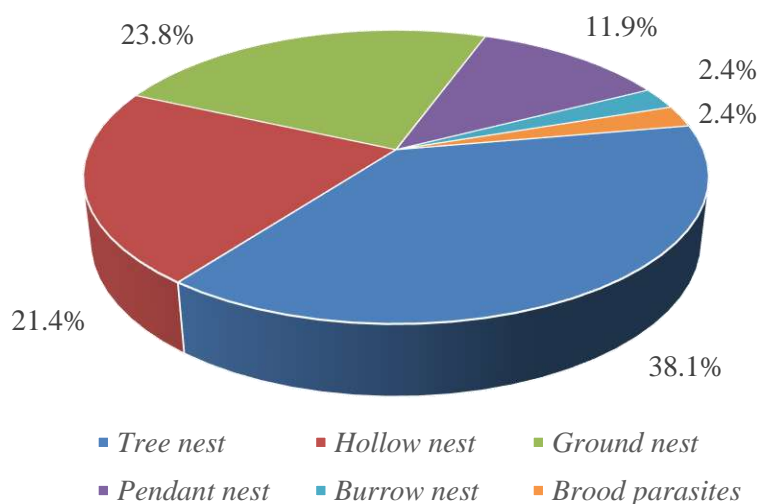


Fig. 4. The nesting places of birds of the area

LC status (Least Concern).

At different periods of the year, 14 mammal species were found, which are associated with the Tyazhylivka River mouth, Sabarivske Reservoir, and the «Brigantina» tract. The class includes: Rodentia, Soriciformes, Rodentia, Soriciformes, Vespertilioniformes, Caniformes (Fig. 2).

The structure of the terriofauna, as well as other researched species, depends on the landscape character that form the territory. These include, in particular, wetlands, thickets of trees and shrubs, and elements of the anthropogenic landscape.

As everywhere in Podillya [4], Muskrat chooses the water area without a pronounced current and with shallow banks. Even in conditions of a high level of anthropogenic pressure, which is characteristic of the reservoir banks, 1-2 families of rodents can be found here.

The presence of old trees with dense crowns and hollows within the tract, and fruit and berry trees in the adjacent territories, allow 2-3 Red Squirrels to live. Animals are active during all seasons of the year.

The largest is the rodent fauna: Yellow-necked Mouse, Wood Mouse, Bank Vole, synanthropic House Mouse and Brown Rat. The shelters of these species are represented by burrows dug on the raised banks and in the cavities under the concrete slabs that form the reservoir's water protection dam.

Microbats fauna is represented by 5 species. Due to their nocturnal lifestyle, their numbers have not been sufficiently studied. It is only known that representatives of all five species are closely related to the biotope. Thus, Leisler's Bat, Common Noctule and Nathusius' Pipistrelle use tree hollows within the tract as summer shelters. They fly away in winter. On the other hand, Kuhl's Pipistrelle and Serotine Bat are sedentary, in different seasons of the year they use various structures as shelters, and they

hunt over the territory of tracts.

Northern White-breasted Hedgehog and Least Weasel are quite small in number (2-3 individuals). The status of both species is not reliably determined. These animals can be either local or trophically invade from neighboring habitats.

All the mammal species we found during our research are included in different environmental conventions. All Microbats are included in Appx 2, and Red Squirrel, Northern White-breasted Hedgehog and Least Weasel are included in Appx 3 of the Berne Convention (1979). Like the other animals in the tract, all mammals are included in the protection lists of The IUCN Red List (Least Concern status). Finally, all 5 species of Microbats are included in the Red Book of Ukraine: Common Noctule, Kuhl's Pipistrelle and Serotine Bat have the status of vulnerable, Leisler's Bat – rare, Nathusius' Pipistrelle – unrated.

**Conclusions.** Despite the various manifestations of anthropogenic pressure and noticeable technogenic transformation of the tract's biotopes, a relatively rich zoocenosis has been formed, that it unites synanthropic and native species of birds, reptiles, mammals, amphibians and fish. This is achieved due to the combination of a wide range of facies that provide the trophic and topical needs of animals. Thanks to the rich species structure of animals and stable interspecies connections, the territory of the investigated tract will effectively serve as a center of biodiversity conservation in an urbanized landscape. It is also worth admitting the educational and aesthetic value of this tract.

Further research is necessary for the organization of monitoring the dynamics of the species composition and number of animals, and preparation of the necessary documentation for granting the tract protected status.

## Bibliography

1. Відкрита база даних чисельності населення міських поселень України «Cities&towns of Ukraine» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pop-stat.mashke.org/ukraine-cities.htm>
2. Гудзевич А.В. Картографічне забезпечення реалії збереження біотичного та ландшафтного різноманіття національних природних парків / А.В. Гудзевич, Л.С. Гудзевич, Л.О. Нікітченко, А.В. Матвійчук, Г.В. Коробкова // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, серія “Геологія. Географія. Екологія”. – 2021. Вип. 54. – С. 164-179. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-13>
3. Матвійчук О.А. Структура орнітофауни заплави середньої течії р. Згар / О.А. Матвійчук, А.Б. Пірхал // Ukrainian Journal of Ecology. – 2018. – № 8(1). – С. 297-306. [https://doi.org/10.15421/2018\\_215](https://doi.org/10.15421/2018_215).
4. Матвійчук О.А. Кадастр наземних тетрапод Вінницької області / О.А. Матвійчук, А.Б. Пірхал, В.Ю. Ремінний. – Вінниця, 2015. – 436 с.
5. Матвійчук О.А. Птахи Вінниччини / О.А. Матвійчук, А.Б. Пірхал, А.В. Відуецький. – Вінниця, 2017. – 328 с.
6. Царик Л. Природоохоронні стандарти ЄС – національні і регіональні реалії /Любомир Царик, Іван Ковальчук, Петро Царик, Ігор Кузик // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2023. Вип. 59. – С. 329-339. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-25>
7. Biodiversity strategy for 2030. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_en)
8. Concepción E. Impacts of urbanisation on biodiversity: The role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale / E. Concepción, M. Moretti, F. Altermatt, M. Nobis, M. Obrist. – Oikos. – 2015. – Vol. 124(12). P. 1571-1582. <https://doi.org/10.1111/oik.02166>
9. Cox D.T.C. Urban Bird Feeding: Connecting People with Nature / D.T.C. Cox, K. J. & Gaston. // PLOS One. –2016. – Issue 11 (7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158717>
10. Hudzevich A.V. Landscape approach to regional features organization of environmental management of the protected area / A.V. Hudzevich, V.Ye., Liubchenko, L.F. Bronnikova, L.S. Hudzevich // Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology". – 2020. – Issue 52. – P. 119-129. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-09>
11. Hudzevich A.V. Geoecological approach to organization of naturalized anthropogenically-modified territory / A.V. Hudzevich, L.O. Nikitchenko, N.V. Baiurko, L.S. Hudzevich, V.A. Frytsiuk, N.V. Levchuk // Journal of Geology Geography and Geoecology. – 2020. – Vol. 29. – № 3. P. 520-529. <https://doi.org/10.15421/112047> [in Ukrainian]
12. Hudzevych A.V. Approaches to organize the econetwork of the Transnistria region in the conditions of urban landscape / A.V. Hudzevich, L.O. Nikitchenko, L.S. Hudzevych, L.F. Bronnikova, R.O. Demets // Journal of Geology Geography and Geoecology. – 2021. – Vol. 30. – №3. P. 449-459. <https://doi.org/10.15804/mer.2021.64.2.14>
13. Ives C.D. Cities are hotspots for threatened species / C.D Ives., P.E. Lentini, C.G. Threlfall, K. Ikin, D.F. Shanahan, G.E. Garrard, S.A. Bekessy, R.A. Fuller, L. Mumaw, L. Rayner // Glob Ecol Biogeogr. – 2016. – Issue 25(1). P. 117–126.
14. Jokimäki J. Urban core areas are important for species conservation: A European-level analysis of breeding bird species / J. Jokimäki, J. Suhonen, M.-L. Kaisanlahti-Jokimäki // Landscape and Urban Planning. –2018.–Vol. –178. –P. 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.020>
15. Kendal D. The importance of small urban reserves for plant conservation / D. Kendal, B.J. Zeeman, K. Ikin, I.D. Lunt, M.J. McDonnell, A. Farrar, L.M. Pearce, J.W. & Morgan // Biological Conservation. –2017. – Issue 213.–P. 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.07.007>
16. Kondratyeva A. Urbanization Effects on Biodiversity Revealed by a Two-Scale Analysis of Species Functional Uniqueness vs. Redundancy / A. Kondratyeva, S. Knapp, W. Durka et al // Frontiers in Ecology and Evolution. – 2020. – Vol. 8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00073>
17. Kowarik I. Biodiversity Conservation and Sustainable Urban Development / I. Kowarik, , L.K. Fischer, D. Kendal // Sustainability. –2020. – Is. 12(12), 49-64; <https://doi.org/10.3390/su12124964>
18. Lepczyk C.A. Biodiversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban greenspaces for biodiversity conservation / C. A. Lepczyk, M. F. J. Aronson, K. L. Evans, M. A. Goddard, S. B. Lerman, J. S. Macivor // BioScience. – 2017. – Is. 67. – P. 799-807. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix079>
19. Matviichuk O. The Efficiency of Small Reserves for the Conservation of Biological Diversity of Typical Landscapes of the Middle Pobuzhya / O. Matviichuk, O. Shevchuk, L. Holunova, O. Khodanitska, O. Tkachuk, S. Polyvani, T. Vasylynych // Ecological Engineering & Environmental Technology. –2022. – Vol. 3. – P. 79-86. <https://doi.org/10.12912/27197050/147151>
20. Shevchuk O.A. Species structure of the ephemeroids of the regional park of local importance «Nemyriv Pobuzhia» near the village of Hvozdiv / O.A. Shevchuk, S.D. Kryklyva, V.V. Shevchuk, O.O. Khodanitska, O.O. Tkachuk et al. // Science Rise: Biological Science. – 2020. – Vol. 1(22). – P. 39-43. <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2020.198951>
21. Soanes K. Conserving urban biodiversity: Current practice, barriers, and enablers / K. Soanes, L. Taylor, C. E. Ramalho, C. Maller, K. Parris et al. // Conservation Letters. –2023. – Vol. 16(3). <https://doi.org/10.1111/conl.12946>
22. Turo K.J. The balancing act of urban conservation / K.J. Turo, M.M. Gardiner // Nat Commun. – 2020.–Jul 29. – Vol. 11 (1). – P. 3773. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17539-0>
23. Ukraine: Vynnytsia City Reference Map (As of 20 March 2023). Retrieved from: <https://reliefweb.int/map/ukraine/ukraine-vynnytsia-city-reference-map-20-march-2023>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

## References

1. Open database of the urban settlements population in Ukraine: "Cities & towns of Ukraine". Available at: <http://pop-stat.mashke.org/ukraine-cities.htm>
2. Hudzevich A.V., Hudzevich L.S., Nikitchenko L.O., Matviychuk A.V., Korobkova G.V. (2021). Cartographic provision of the realities of preservation of biotic and landscape diversity of national natural parks. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 54, 164-179. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-13> [in Ukrainian]
3. Matviychuk O.A., Pirkhal A.B. (2018). The structure of the avifauna of the floodplain of the middle course of the Zhar River. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 297-306. [https://doi.org/10.15421/2018\\_215](https://doi.org/10.15421/2018_215) [in Ukrainian]
4. Matviychuk O.A., Pirkhal A.B., Reminny V.Yu. (2015). Cadastre of terrestrial tetrapods of the Vinnytsia region. *Vinnitsa*. [in Ukrainian]
5. Matviychuk O.A., Pirkhal A.B., Viduetskyi A.V. (2017). Birds of Vinnytsia. *Vinnitsa*. [in Ukrainian]
6. Tsaryk L., Kovalchuk I., Tsaryk P., KuzykIhor I. (2023). Environmental protection standards of the EU –national and regional realities. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 59, 329-339. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-25> [in Ukrainian]
7. Biodiversity strategy for 2030 (2023). Available at: [https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_en)
8. Concepción E., Moretti M., Altermatt F., Nobis M., Obrist M. (2015). Impacts of urbanisation on biodiversity: The role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale. *Oikos*, 124. <http://dx.doi.org/10.1111/oik.02166>
9. Cox D. T.C., Gaston K. J. (2016). Urban Bird Feeding: Connecting People with Nature. *PLOS One* 11 (7): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158717>
10. Hudzevich A.V., Liubchenko V.Ye., Bronnikova L., Hudzevich L.S. (2020). Landscape approach to regional features organization of environmental management of the protected area. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 52, 119-129. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-09> [in Ukrainian]
11. Hudzevich A.V., Nikitchenko L.O., Baiurko N.V., Hudzevich, L.S., Frytsiuk V.A., Levchuk N.V. (2020). Geocological approach to organization of naturalized anthropogenically-modified territory. *Journal of Geology Geography and Geoecology*, 29 (3), 520-529. <https://doi.org/10.15421/112047> [in Ukrainian]
12. Hudzevych A. V., Nikitchenko L. O., Hudzevych L. S., Bronnikova L. F., Demets R.O. (2021). Approaches to organize the econetwork of the Transnistria region in the conditions of urban landscape. *Journal of Geology Geography and Geoecology*, 30 (3), 449-459. <https://doi.org/10.15804/mer.2021.64.2.14> [in Ukrainian]
13. Ives C.D., Lentini P.E., Threlfall C.G., Ikin K., Shanahan D.F., Garrard G.E., Bekessy S.A., Fuller R.A., Mumaw L., Rayner L. (2016). Cities are hotspots for threatened species. *Glob Ecol Biogeogr*, 25(1):117–126.
14. Jokimäki J., Suhonen J., Kaisanlahti-Jokimäki M.-L. (2018). Urban core areas are important for species conservation: A European-level analysis of breeding bird species. *Landscape and Urban Planning*, 178, 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.020>
15. Kendal D., Zeeman B. J., Ikin K., Lunt I.D., McDonnell M.J., Farrar A., Pearce L. M., & Morgan J. W. (2017). The importance of small urban reserves for plant conservation, *Biological Conservation*, 213, 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.07.007>.
16. Kondratyeva A., Knapp S., Durka W. et al. (2020). Urbanization Effects on Biodiversity Revealed by a Two-Scale Analysis of Species Functional Uniqueness vs. Redundancy. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00073>
17. Kowarik, I., Fischer, L.K., Kendal D. (2020). Biodiversity Conservation and Sustainable Urban Development. *Sustainability*, 12 (12), 49-64. <https://doi.org/10.3390/su12124964>
18. Lepczyk, C. A., Aronson, M. F. J., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B., Macivor J. S. (2017). Biodiversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban greenspaces for biodiversity conservation. *BioScience*, 67, 799–807. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix079>
19. Matviichuk O., Shevchuk O., Holunova L., Khodanitska O., Tkachuk O., Polyvaniy S., Vasylynych T. (2022). The Efficiency of Small Reserves for the Conservation of Biological Diversity of Typical Landscapes of the Middle Pobuzhya. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 3, 79-86. <https://doi.org/10.12912/27197050/147151> [in Ukrainian]
20. Shevchuk O.A., Kryklyva S.D., Shevchuk V.V., Khodanitska O.O., Tkachuk O.O. et al. (2020). Species structure of the ephemeroids of the regional park of local importance «Nemyriv Pobuzhia» near the village of Hvozdiv. *Science Rise: Biological Science*, 1 (22), 39-43. <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2020.198951> [in Ukrainian]
21. Soanes K., Taylor L., Ramalho C. E., Maller C., Parris K. et al. (2023). Conserving urban biodiversity: Current practice, barriers, and enablers. *Conservation Letters*, 16 (3). <https://doi.org/10.1111/conl.12946>
22. Turo K.J., Gardiner M.M. (2020). The balancing act of urban conservation. *Nat Commun*, 11 (1), 3773 <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17539-0>
23. Ukraine: Vinnytsia City Reference Map (As of 20 March 2023). Retrieved from: <https://reliefweb.int/map/ukraine/ukraine-vinnytsia-city-reference-map-20-march-2023>

## Осередки біорізноманіття фауни урбанізованого ландшафту Східного Поділля: таксономічне багатство та перспективи збереження

**Олександр Матвійчук**<sup>1</sup>,

к. біол. н., доцент, завідувач кафедри біології,  
<sup>1</sup> Вінницький державний педагогічний університет  
імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, Україна;

**Анатолій Гудзевич**<sup>1</sup>

д. геогр. н., професор, кафедра географії;

**Оксана Шевчук**<sup>1</sup>

к. біол. н., доцент, кафедра біології;

**Ганна Коробкова**<sup>2</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра екології та біотехнологій в рослинництві,

<sup>2</sup> Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна;

**Олена Ходаніцька**<sup>1</sup>

к. с.-г. н., доцент, кафедра біології;

**Олеся Ткачук**<sup>1</sup>

к. біол. н., доцент, кафедра біології;

**Степан Поливаний**<sup>1</sup>

к. біол. н., доцент, кафедра біології;

**Інна Степаненко**<sup>1</sup>

асистент, кафедра біології

Стаття присвячена пізнанню осередків біорізноманіття урбанізованого ландшафту Східного Поділля (на прикладі м. Вінниці) як перспективної природоохоронної території та одного з основних структурних елементів локальної екомережі урбосередовища. Проведено цикл моніторингових робіт, спрямованих на визначення одного з найвразливіших компонентів ландшафту – фауни, зокрема видового складу та чисельності тварин у прибережному урочищі міста. Основну увагу приділено тваринам, що мешкають у парку, гирлі р. Тяжилівка та частині Сабарівського водосховища. Встановлено геоecологічні особливості урочища «Бригантина», як основи для визначення таксономічної структури та екологічних груп досліджуваної фауни. Оцінено геокомпонентну репрезентативність тваринного світу. Визначено роль природно-антропогенних факторів у поширенні птахів, як таксономічно найбагатшого класу в зооценозі хордових тварин, як у природних, так і в антропогенних біотопах Східного Поділля. Для досліджень тварин використовували звичайні та модифіковані методи. Обліки тварин типу Хордові проводили протягом усіх сезонів 2021–2023 років. Найбільшу групу хордових тварин складають птахи. Тому орнітофауна урочища вивчена найбільш ретельно. Також були враховані опубліковані дані попередніх наукових досліджень. Вони вивчили характер топічних зв'язків знайдених тварин і оцінили їх відносну чисельність в межах об'єкта. Також визначили охоронний статус усіх видів тварин згідно Червоної книги України та міжнародних охоронних конвенцій. Результати досліджень свідчать про те, що в урочищі «Бригантина» існує специфічний фауністичний комплекс, який включає 104 види тварин роду Хордові (Chordata): клас Ссавці (Mammalia) – 14 видів, клас Птахи (Aves) – 66 видів, клас плазуни (Reptilia) – 4 види, клас земноводні (Amphibia) – 4 види, клас прямокрилі (Actinopterygii) – 16 видів. Більшість із них охороняються національними та міжнародними конвенціями з охорони. Матеріали досліджень є підставою для створення природоохоронної території й розширення та оптимізації наявної природно-заповідної мережі урбосередовища. Необхідні подальші дослідження для організації моніторингу динаміки видового складу та чисельності тварин та підготовки необхідної документації з надання урочищу заповідного статусу.

**Ключові слова:** заповідна територія, заказник, міське ядро, фауна, охорона природи, Вінниця.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 27 лютого 2024 р.

Прийнята 6 квітня 2024 р.

## Evaluation of the efficiency of functioning of the nature reserve fund in the Pripet river basin in the Volyn region

*Alla Nekos*<sup>1</sup>

DSc (Geography), Professor, Head of the Department of Environmental Safety and Environmental Education of the Institute of Ecology,

<sup>1</sup> V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine,

e-mail: [alnekos999@gmail.com](mailto:alnekos999@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-1852-0234>;

*Mariia Boiaryn*<sup>2</sup>

PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection,

<sup>2</sup> Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine,

e-mail: [mariasun140314@gmail.com](mailto:mariasun140314@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0001-9822-5897>;

*Zoya Karpyuk*<sup>2</sup>

PhD (Geography), Associate Professor of the Department of Physical Geography,

e-mail: [karpyuk.zk@ukr.net](mailto:karpyuk.zk@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-8073-3129>;

*Larisa Kotsun*<sup>2</sup>

PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Botany and Methods of Teaching Natural Sciences,

e-mail: [kocunlarisa@gmail.com](mailto:kocunlarisa@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-3202-7561>;

*Valentina Andreyeva*<sup>2</sup>

PhD (Agriculture), Associate Professor of the Department of Forestry and Horticulture,

e-mail: [andreevavalya35@gmail.com](mailto:andreevavalya35@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-4276-1660>;

*Maria Lugowska*<sup>3</sup>

PhD (Engineering), Assistant Professor at the Institute of Agriculture and Horticulture,

<sup>3</sup> University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce, Siedlce, Poland,

e-mail: [maria.lugowska@uph.edu.pl](mailto:maria.lugowska@uph.edu.pl), <http://orcid.org/0000-0001-5284-7965>

### ABSTRACT

**Introduction.** Considerable attention of scientists at the current stage of development of society is given to the theory of formation and assessment of the state of the nature reserve network and its ability to ensure biodiversity. The upper part of the Pripet River basin in the Volyn region is marked by various nature-reserved objects that belong to the pan-European, national and regional eco-networks.

**The objective of the work** is the assessment and territorial distribution of NRF within the Pripet River basin in Volyn.

**Methods.** The research used a complex and systematic approach, as well as mathematical, cartographic and comparative descriptive methods.

**Results.** The river basin contains 314 objects of the nature reserve fund (NRF) with a total area of 164,735.7 hectares. The actual area is 149,186.4 hectares as a number of objects that are included in the total area of the nature reserve fund are actually located within the boundaries of other NRF objects, much larger in area. There are more than 40 such objects in the Pripet river basin. Such objects located within several river basins are also found within the basins of the main tributaries of the Pripet – the Vyzhivka, the Turia, the Tsy, the Stokhid, the Sty rivers. In the upper Pripet River basin, there is an uneven distribution of protected areas across the territory, which indicates the need to increase their size in the Sty, Turia, Vyzhivka, and Korostyanka river basins to achieve an optimal ratio of areas and conserve species biodiversity based on a basin approach. The results of the calculation of the insularity index of the NRF of the Volyn region and of the degree of protection within the river basins are presented. The effectiveness of the nature reserve fund of the Pripet River basin was assessed, where the actual area of the protected area is 149,186.4 ha, the density of objects is 2.14 per 100 km<sup>2</sup>, the degree of protection ( $S_{pro}$ ) is 10.17%, and the insularity index (I) is 0.32. Twelve species of flora included in the International Red Lists were identified (*Daphne cneorum* L., *Cypripedium calceolus* L., *Aldrovanda vesiculosa* L., *Salvinia natans* (L.) All., *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb., *Tragopogon ukrainicus* Artemczuk., *Silene lithuanica* Zapal., *Liparis loeselii* (L.) Rich., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Saxifraga hirculus* L., *Galanthus nivalis* L., *Crataegus ucrainica* Pojark.), the areas of distribution of which are protected areas located in the Pripet River basin.

**Conclusions.** Prospectively, a successful expansion of the NRF area of the basin will make it possible to develop a national and pan-European eco-network, as well as to expand the area of wetlands of international importance.

**Keywords:** river basin, natural reserve fund, ecological network, degree of protection, insularity index.

**In cites:** Nekos Alla, Boiaryn Mariia, Karpyuk Zoya, Kotsun Larisa, Andreyeva Valentina (2024). Evaluation of the efficiency of functioning of the nature reserve fund in the Pripet river basin in the Volyn region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 389-398. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-29>

**Introduction.** Considerable attention of scientists at the current stage of development of society is given to the theory of formation and assessment of the state of the nature reserve network and its ability

to ensure biodiversity. The state of the nature reserve fund (NRF) of Ukraine was studied for a long time by such researchers as V. Klymenko, A. Romaniv, V. Hrynevetskyi, A. Zlobin, P. Tsaryk, Yu. Shelyag-Sosonko, V. Petlin, V. Fesyuka, N. Maksymenko, etc. [6; 7; 10; 14; 16; 22; 24], and optimization measures for its improvement were developed. The issue of nature protection activities in Volyn is highlighted in the scientific works of Yu. Hryshchenko, Z. Karpyuk, V. Fesyuk, T. Pavlovska, I. Kovalchuk, etc. [11; 15; 19].

However, the organization of the NRF network and methods of its optimization were usually studied within the boundaries of administrative territorial units (districts, regions, the country in general). Today, the basin approach is becoming more and more relevant when assessing the nature reserve network. In this regard, Yu. Shelyag-Sosonko [22] developed a layout of the eco-network of the Dnieper basin. The eco-network of the Volyn region was also marked out [10], characterizing the current state of the territorial distribution of the NRF objects of the Stokhid River, the Vyzhivka, and the Western Bug, as presented in the studies of I. Kovalchuk, T. Pavlovska, Z. Karpyuk, V. Fesyuka, M. Boyarin, I. Netrobchuk etc. [2; 11; 15; 19]. A further study of the NRF within the boundaries of individual river basins of the Volyn region is necessary, in particular the rivers of the Pripet basin, since the majority of the water management complex in Volyn is its basin which has a significant degree of development.

**The objective of the work** is the assessment and territorial distribution of NRF within the Pripet River basin in Volyn.

**Research methods and raw data.** Data of the Volyn State Administration and of the State Department of Environmental Protection in the Volyn Region were used for the scientific research of the territorial distribution of NRF objects within the Pripet River basin [21]. The research used a complex and systematic approach, as well as mathematical, cartographic and comparative descriptive methods.

The assessment of the effectiveness of the nature reserve fund of the Pripet river basin in the Volyn region, of the need to optimize the ecological network of each sub-basin and to expand existing nature conservation areas used the following indicators:

Determination of the insularity index utilized the methodology [8; 14; 16]

NRF insularity index  $I$  is the mean arithmetic value of the two indicators  $I_m$  and  $I_n$  and is determined by the formula

$$I = (S_{ns}/S_{NRF} + N_{ns}/N_{total})/2$$

Insularity index ranges from 0 to 1, according to which the higher the value of the index, the greater the share of *unstable* objects in the NRF

structure of the investigated object. According to the research of Yu.A. Zlobin etc. [7; 8], *unstable* or *insular* objects are territories up to 50 ha; the boundary area of *ecologically stable* nature reserve objects in Ukraine is 50 ha.

The indicator  $I_m$  is determined by the formula

$$I_m = S_{ns}/S_{NRF}$$

where  $S_{ns}$  is the area of relatively unstable nature reserve objects (NRO) (with an area of up to 50 ha);  $S_{NRF}$  is the total NRF area of a certain territory.

The indicator  $I_n$  is determined by the formula

$$I_n = N_{ns}/N_{total}$$

where  $N_{ns}$  is the number of unstable NROs (area up to 50 ha);  $N_{total}$  is the total number of NROs of the basin.

*The degree of protection of the territory* ( $S_{pro}$ ) is also an important indicator to develop recommendations on the arrangement and territorial optimization of the structure of the NRF within the Pripet River basin. This is determined by the formula

$$S_{pro} = (S_O/S_R) * 100\%$$

where  $S_O$  is the total area of all protected objects of a certain district,  $S_R$  is the total area of that district [8].

**Research results.** One of the priority tasks of socio-economic development is the formation of a regional ecological network to restore the integrity of the structural and functional organization of river basin landscapes. The SWOT analysis method used in [11; 23] revealed the strengths and weaknesses of the territorial structure of the NRF, as well as opportunities for development and optimization of the state of the NRF of the Volyn region, as the Pripet River basin occupies more than 80% of its total area. Thus, the northern part of the basin (the Pripet source, northern parts of the basins of the Vyzhivka, the Turia, the Tsyra, the Stokhid, the Styra rivers) is characterized by a low level of development of the territory, a high degree of afforestation, a dense hydrographic network and by infertile soils, which form good conditions for the preservation of natural landscapes and ecosystem development. The southern part of the Pripet basin (sources of the Turia, the Stokhid, and the middle stream of the Styra) has low degree of afforestation, a small number of hydrographic objects and fertile soils which are actively used in agriculture, so the conditions for the preservation of natural landscapes and development of eco-networks are unfavorable. The common problems for the northern and southern parts of the basin are: a low share of the territories of the nature reserve fund set aside, with clearly delineated boundaries; lack of eco-network projects at the local level, as well as the poor state of conservation of existing NRF objects in forest areas, which also includes violations of the conditions of forest use, the for-

mation of spontaneous landfills, non-compliance with environmental protection requirements, etc. Solving these problems, at least partially, requires significant capital investments, as well as time.

However, a relatively high degree of protection was found in the basin of the Pripet River, 10.17%, compared to other regions [11; 21], which inspires hope for achieving the indicators set in the State Environmental Policy Strategy for the period until 2030 approved by the parliament (No. 2697-VIII, 28.02.2019) with provisions of 15% of the total territory occupied by NRF.

An important factor in calculating the NRF land area is that a number of objects that are included in the total NRF area are actually located within the boundaries of other, much larger in area, NRO. There are over 40 such objects in the Pripet river basin [11; 21]. Also, when determining the area of the NRF lands within the basins of the main tributaries (the Vyzhivka, the Turia, the Tsyр, the Stokhid, the Styr rivers), objects located within several river basins were identified: Shatsk national reserve park (partially), Pripet-Stokhid national reserve park, Kivertsi national reserve park "Tsumanska Pushcha", local general zoological reserve "Starovyzhivskiy", local landscape reserve "Sviatobuzakivskiy", local general zoological reserve "Dubechnivskiy". The Pripet river basin totals 314 NRF objects (Fig. 1).

The actual NRF area of the catchment area 1 of the Pripet River is 14,301.42 ha, since the forest reserve "Smolyari-1" (33.0 ha; 31.10.1991) is part of the general zoological reserve "Smolyarivskiy" (1422.0 ha; 31.10.1991), and the forest reserve "Smolyari-2" (11.0 ha; 10/31/1991) is part of the general zoological reserve "Dubechnivskiy" (1792.0 ha; 09/04/1985) (*1592.0 ha of the area of the reserve is within the Pripet basin*) [11; 21].

The actual NRF area of the catchment area 2 of the Pripet River is 17,755.8 ha, as the hydrological reserves "Vetlivskiy" (600.0 ha; 23.11.1979), "Hirkivskiy" (400.0 ha; 23.11.1979), "Prypyatskyi-3" (320.0 ha; 09/04/1985), "Rogiznensky" (610.2 ha; 09/12/1998), parts of forest reserves "Dolsky" ( $\approx$  40.0 ha of 73.6 ha; 07/25/2003), "Biloozerskyi" ( $\approx$  80.0 ha out of 276.5 ha; 25.07.2003), botanical nature monuments "Group of oaks-1" (0.2 ha; 11.07.1972), "Group of oaks-2" (0.3 ha; 11.07.1972), "Plot of forest-1" (5.0 ha; 11.07.1972), "Plot of forest-2" (1.5 ha; 11.07.1972) are all parts of the Pripet-Stokhid national reserve park (16,915.5 ha in the catchment basin 2 of the Pripet River).

The NRF area of the Turia River basin is 26,246.38 ha, since the "Velikoglushanskyi" hydrological reserve (360.0 ha; 23.11.1979) is included in the "Prypyat-Stokhid" national reserve park (3600.0 ha of the Turia river basin of 39,315.5 ha; 08/13/2007).

The actual NRF area of the Tsyр river basin is 11,957.1 ha, since the hydrological reserves "Yamno" (218.3 ha; 07.25.2003), "Tsyрskiy" (210.0 ha; 11.23.1979), "Prypyatsky-1" (340.0 ha; 09/04/1985), "Prypyatsky-2" (220.0 ha; 09/04/1985), "Birkivskiy" (850.0 ha; 09/04 1985) are parts of the Pripet-Stokhid national reserve park (10,000 ha in the Tsyр river basin) [11; 21].

The actual NRF area of the Styr river basin is 53,214.7 ha, since the national landscape reserve "Kormyn" (549.0 ha; 10.12.1994) is part of the protected tract "Tsumanska Pushcha" (8930.6 ha; 29.03.2005), which in turn is a component of the "Tsumanska Pushcha" national reserve park (28,275.0 ha within the river basin with 33 475.34 Ha; 22.02.2010). Parts of ornithological sanctuaries "Muravishche-1" ( $\approx$ 26.0 ha out of 40.0 ha; 10/31/1991), "Muravishche-2" ( $\approx$ 8.0 ha out of 15.4 ha; 10/31/1991), botanical natural attractions "Sokyrychi" (6.6 ha; 31.10.1991), "Giant Oaks" (0.5 ha; 31.10.1991), "Giant Oak" (0.01 ha ; 31.10.1991), "Muravyschenska dibrova" (15.0 ha; 31.10.1991) are part of the general zoological reserve "Zubr", which partly ( $\approx$ 1800.0 ha out of 5530.0 ha; formed on 18.08. 2000) belongs to "Tsumanska Pushcha" national reserve park. The Tsumanska Pushcha National Park also includes natural attractions: zoological "The Revni Tract" (7.0 ha; 12.12.1995), botanical "Forest Plot-1" (4.3 ha; 11.07.1972), "Patriarch Oak" (0.01 ha; 10/31/1991), "Lisodub" (8.3 ha; 10/31/1991), "Dubovyk" (3.3 ha; 10/31/1991), "Dubososnina" (7.2 ha; 31.10.1991), protected tracts "Kivertsivska dacha-1" (6.3 ha; 11/23/1979), "Kivertsivska dacha-6" (7.1 ha; 23.11.1979), "Kivertsivske" (75.3 ha; 04.11.1997), "Cuckoo's Shoes" (65.0 ha; 16.12.2003), "Dibrova" (24.8 ha ; 04.11.1997), "Dibrova-1" (65.0 ha; 16.12.2003), "Oak-pine forest-1" (29.6 ha; 12.12.1995), "Oak-pine forest-2" (45.5 ha; 12.12.1995), "Oak-pine forest-3" (100.9 ha; 12.12.1995), "Oak-pine forest-4" (50, 6 ha; 12.12.1995), "Oak-pine forest-5" (23.5 ha; 12.12.1995). Botanical monument of nature "Western sycamore" (0.01 ha; 09/26/1977) is part of the Lutsk Botanical Garden (10.0 ha; 10/14/1975) [11; 21].

Quantitative and qualitative indicators which make it possible to analyze the current state and the possibilities of optimization of NRF objects are also important for the formation of a basin ecological network [20; 24]. The indicators shown in Table 1 were used for quantitative and qualitative assessment of the state of the nature reserve fund within the Pripet River basin in the Volyn region.

The calculated degree of protection  $S_{pro}$  presented in Table 1 and Fig. 2 varies significantly by river basins (catchment 1 of the Pripet River, 3.07, catchment 2 of the Pripet River, 48.25, basins of the

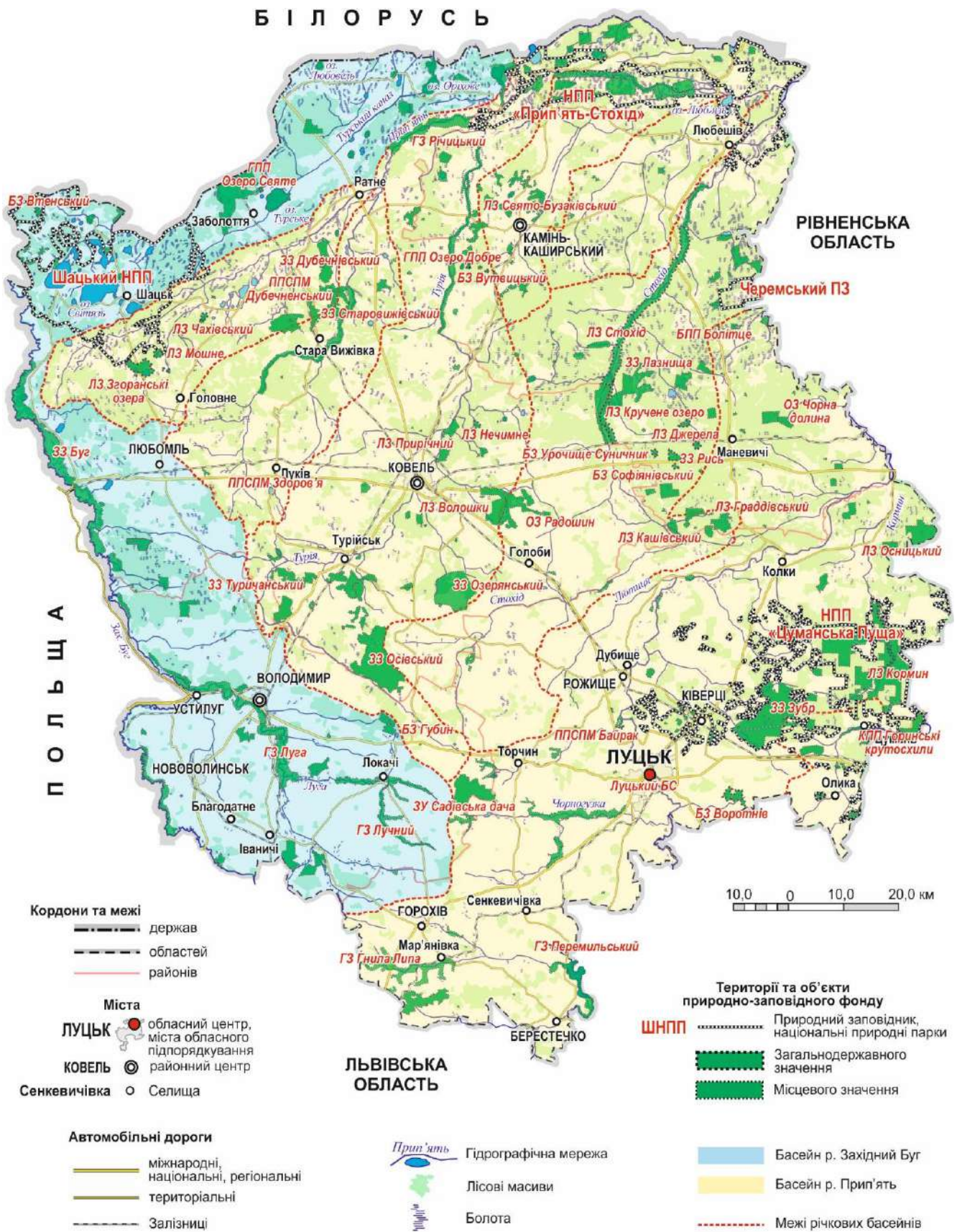


Fig. 1. Ecological network of the Pripet River basin in the Volyn region [11; 18]



Indicators of the state of the network of territories and objects of NRF by river basins in the upper reaches of the Pripet River in the Volyn region [11;21]

River basin	Total number of objects, $N_{total}$	Total NRF area ( $S_{NRF}$ ), ha	Actual NRF area ( $S_{NRF\ fact.}$ ), ha	Degree of protection $S$ , %	Density of objects, per 100 km <sup>2</sup>
Catchment area 1, the Pripet	30	14,345.42	14,301.4	14.65	3.07
Catchment area 2, the Pripet	11	19,202.8	17,755.8	48.25	2.98
The Stokhid River basin	55	19,890.4	19,890.4	6.36	1.76
The Styr river basin	115	65,074.162	53214.7	10.56	2.28
The Turia river basin	78	26,606.38	26,246.4	9.05	2.69
The Vyzhivka river basin	13	3294.81	3294.8	2.59	1.02
The Tsyrriver basin	11	13,795.4	11,957.1	23.58	2.17
The Korostyanka river basin	8	2525.8	2525.8	5.30	1.68
<b>Upper reaches of the Pripet River (total)</b>	<b>314</b>	<b>164,735.17</b>	<b>149 186.4</b>	<b>10,17</b>	<b>2.14</b>

Note. The total number of NRF objects is 314, as some of them are located within several river basins (Shatsk national reserve park (partially), Pripet-Stokhid national reserve park, Kivertsi national reserve park "Tsumanska Pushcha", local general zoological reserve "Starovyzhivskiyi", local landscape reserve "Sviatobuzakivskiyi", local general zoological reserve "Dubechnivskiyi").

Stokhid River, 1.76, the Styr, 2.28, the Turia, 2.69, the Vyzhivka, 1.02, the Tsyrriver, 23.58, the Korostianka, 1.68). The overall degree of protection  $S_{pro}$  of the Pripet river basin in the Volyn region is 10.17%. The highest value of the degree of protection is for catchment area 2 of the Pripet, because there are only 4 relatively unstable NRF objects; the lowest values of the degree of protection are recorded for the Vyzhivka River with 8 objects of less than 50 ha, the Korostianka River with 7 objects, the Stokhid River with 23 such objects.

The density of NRF objects per 100 km<sup>2</sup> are: catchment area 1 of the Pripet river, 14.65; catchment area 2 of the Pripet river, 2.98; basins of the Stokhid, 6.36; the Styr, 10.56; the Turia, 9.05; the Vyzhivka, 2.59; the Tsyrriver, 2.17; the Korostianka, 5.30. The overall value for the Pripet River basin in the Volyn region is 2.14, which is higher than the average value for Ukraine (1.08).

The effectiveness of the NRF and determine its role in the formation of the ecosystem was evaluated by determining the insularity index of the basin territory. The insularity indices of the basin are (Table 2): catchment area 1 of the Pripet river, 0.37, catchment area 2 of the Pripet river, 0.18, basins of the Stokhid, 0.22, the Styr, 0.34, the Turia, 0.33, the Vyzhivka, 0.32. the Tsyrriver, 0.14, the Korostianka, 0.45. The overall value for the Pripet River basin in the Volyn region is 0.32.

Comparing these indicators for the state of the NRF of the Volyn region for 2021, the degree of protection of the territories and NRF objects of the

region overall is 10.92% vs 10.17% for the Pripet river basin; the insularity index in the region overall is 0.3 vs 0.32 for the Pripet river basin; the density of NRF objects in the region is 1.9 objects per 100 km<sup>2</sup> vs 2.14 for the Pripet River basin [10;11].

A significant role in the optimization and restoration of species biodiversity is played by the extent of the NRF area. Their uneven distribution in the Pripet river basin is observed, which indicates the need to increase the protected areas in the basins of the Styr, the Turia, the Vyzhivka, the Korostianka rivers, to achieve an optimal territorial ratio and preserve species biodiversity, based on the basin approach outlined above. Since this is exactly the approach that was used during the creation of the «Pripyat-Stokhid» National Nature Park in the Pripet river basin.

The nature reserve fund largely covers areas preserved in their natural state, with rare species of flora and fauna listed in the Red Book of Ukraine and in international nature conservation lists. The region territory lacks only some categories of protected areas, in particular regional landscape and dendrological parks, some types of reserves such as entomological, paleontological, karst and speleological [1; 10; 11].

One of the expected results of increasing the territory of protected areas is the preservation of plant species included in the Red Lists. However, their location on the territory of the Volyn region is quite uneven due to its geographical position and the location within two nature zones [1;4], pine and mi-

Table 2

The insularity index of the NRF by basins of the Pripet River tributaries in the Volyn region

River basin	$I_T$ index		$I_N$ index		Insularity index, $I$
	Area of relatively unstable NRO ( $S_n$ ), ha	Total NRF area ( $S_{NRF}$ ), ha	Number of relatively unstable NROs, $N_n$	Total NROs, $N_{total}$	
Catchment area 1, the Pripet	102.62	14,345.42	22	30	0.37
Catchment area 2, the Pripet	7.0	19,202.8	4	11	0.18
The Stokhid River basin	379.3	19,890.4	23	55	0.22
The Styr river basin	729,192	65,074,162	77	115	0.34
The Turia river basin	658.21	26,606.38	50	78	0.33
The Vyzhivka river basin	77,81	3294.81	8	13	0.32
The Tsyry river basin	92.4	13,795.4	3	11	0.14
The Korostyanka river basin	69.8	2525.8	7	8	0.45
<b>Upper reaches of the Pripet River (total)</b>	<b>2116,332</b>	<b>164,735.17</b>	<b>194</b>	<b>314</b>	<b>0.32</b>

xed forests in the north (Volyn Polissia region) and broad-leaved forests in the south (Volyn Highlands region), a line Ustylug–Volodymyr–Khorokhorin–Kulchyn–Kivertsі–Olyka being the border. Different soil and climatic condition, which change from north to south, the different degree of development of the territory determines the diversity of plant groups and their spatial arrangement. The south of the Volyn region is characterized by a low degree of forest cover (10-11%), forest groupings of secondary origin being small, highly fragmented and transformed by human activity [1;4]. Therefore, the share of nature reserves here is minor. The vegetation of the northern part of the region was formed in the post-glacial period and is characterized by the predominance of boreal, arctic boreal, and meadow

types of plants with a small share of nemoral plants. Forest cover averages 40% of the territory. The natural vegetation cover is characterized by the dominance of forest, swamp, meadow, coastal and water biotopes. The majority of the NRF objects of the region are concentrated in this zone, and specifically the studied object, the basin of the Pripet River which is characterized by a variety of biotopes which include plant species that are included in the IUCN Red List, European Red List, CITES and Resolution No. 6 (Annex I) of the Bern Convention (Table 3).

Among the species of plants that are protected and found in various biotopes of the Pripet River basin, most are representatives included in Resolution No. 6 (Appendix I) of the Bern Convention [9].

Table 3

Species of flora included in the International Red Lists [25]

Species	IUCN Red List	Euro Red List	Addendum 1 Bern conv	Resol. 6 Bern conv.	CITES
<i>Daphne cneorum</i> L.	–	–	+		
<i>Cypripedium calceolus</i> L.	+		+	+	+
<i>Aldrovanda vesiculosa</i> L.	–	–	+	+	
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	–	–	+		
<i>Jurinea cyanoides</i> (L.) Rchb.	–	–	+	+	
<i>Tragopogon ucrainicus</i> Artemczuk		+			
<i>Silene lithuanica</i> Zapal.		+			
<i>Liparis loeselii</i> (L.) Rich.			+	+	
<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.			+	+	
<i>Saxifraga hirculus</i> L.			+	+	
<i>Galanthus nivalis</i> L.					+
<i>Crataegus ucrainica</i> Pojark		+			

A species *Cypripedium calceolus* is among the plants of broad-leaved and mixed forests (found in the protected tract "Cuckoo's shoes", "Guta", forest reserves "Dolskyi", "Pnivenskyi", "Moshchanskyi", "Sankiv meadow", botanical reserves "Lyuboml'skyi", "Zadibskyi", general zoological reserve "Turychanskyi", national nature parks "Prypyat-Stokhid" and "Tsumanska Pushcha", Cheremsky Nature Reserve), which is also included in the IUCN Red List and CITES. The species *Pulsatilla patens* is included in the list of plants of the resolution 6 of the Bern Convention, confined to pine and mixed forests and forest edges (protected in the botanical reserves "Sofianivskyi", "Dubovy zakit", "Lisova dacha", landscape reserve "Kashivskyi", forest reserves "Zarichya", "Smolne", general zoological reserves "Chortoriyskyi", "Buzhanivska dacha", Cheremsky Nature Reserve). The species *Jurinea cyanoides* which is protected in the Pripet-Stokhid National Nature Park is confined to pine forests.

Two species included in the Bern Convention are found among swamp vegetation, *Liparis loeselii* (landscape reserve "Zgorany Lakes", botanical reserve "Ozeryshche", botanical natural monument "Bolitze", Cheremsky Nature Reserve) and *Saxifraga hirculus* L. (hydrological reserve "Girnytske swamp", landscape reserve "Mishech").

The aquatic communities of the Pripet River basin include *Aldrovanda vesiculosa* listed in Resolution 6 of the Bern Convention (protected in the landscape reserves "Zgorany Lakes", "Moshne", botanical reserve "Lyubche", Cheremsky Nature Reserve, Kivertsi National Nature Park "Tsumanska Pushcha") [1;25].

Four species of the European Red List grow in the studied area. Two are confined to psammophytic growth conditions, *Tragopogon ucrainicus* (protected in Cheremsky Nature Reserve, National Nature Parks "Pripet-Stokhid") and *Silene lithuanica* (Cheremsky Nature Reserve, National Nature Parks "Pripet-Stokhid" and "Tsumanska Pushcha"), and a forest species *Crataegus ucrainica* (Cheremsky Nature Reserve).

The Checklist of CITES Species, in addition to *Cypripedium calceolus*, also includes the forest species *Galanthus nivalis* (found in the protected tracts "Sadivska dacha", "Tsumanska Pushcha", landscape reserves "Chernyavske", "Radovichivskyi", forest

reserves "Mokretskyi", "Tsumanskyi", "Novosilky", general zoological reserves "Aurochs", "Pavlivskyi", "Buzhanivska dacha", Kivertsi National Nature Park "Tsumanska Pushcha") [1;25].

**Conclusions and prospects for further research.** The basin of the Pripet River includes 314 protected areas with a total area of 164,735.7 ha, but the actual area is 149,186.4 ha as a number of objects are included in the total NRF area are actually located within other, much larger in area, NRF objects. There are more than 40 such objects in the Pripet river basin. Also, when determining the area of NRF lands within the basins of the main tributaries of the Vyzhivka, the Turia, the Tsyry, the Stokhid, the Styry rivers, objects located within several river basins were identified. These are part of Shatsk national reserve park, Pripet-Stokhid national reserve park, Kivertsi national reserve park "Tsumanska Pushcha", local general zoological reserve "Starovyzhivskyi", local landscape reserve "Sviatobuzakivskyi", local general zoological reserve "Dubechnivskyi". Metrics of the nature reserve network of the Pripet River basin were listed, e.g. the actual protected area is 149,186.4 ha, the density of objects is 2.14 per 100 km<sup>2</sup>, the protection index is 10.17%, the insularity index is 0.32. The assessment of the current state of the NRF of the Pripet River basin within the Volyn region provided an opportunity to substantiate the continuation of research with the aim of identifying rare biota species and expanding the network of NRF objects.

The analysis of the floristic composition of the plant groupings within the basin found 12 species included in the International Red Lists, the area of distribution of which are protected areas located in the Pripet River basin. In the future, the successful expansion of the area of the NRF of the basin will enable the spread of biodiversity, the protection of various types of flora included in the International Red Lists, the expansion of their habitats, the development of the national and Pan-European ec network, as well as the expansion of the area of wetlands of international importance. This will accordingly stimulate the development of recreation and tourism, contribute to the improvement of the ecological situation of the basin, the preservation and restoration of its biodiversity.

### Bibliography

1. Андрієнко Л. Т. Рідкісні центральноевропейські види у флорі Волинської частини Західного Полісся / Л. Т. Андрієнко, О. І. Прядко // Український ботанічний журнал. – 2006. – Т. 63. – № 5. – С. 661–670.
2. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Природно-заповідна мережа басейну р. Західний Буг у межах Волинської області / М. В. Боярин, І. М. Нетробчук // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – 2015. – № 12. – С. 56–62.
3. Боярин М. В. До питання природоохоронної діяльності в басейні річки Західний Буг на території Волинської області. / М. В. Боярин // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». – X. – 2008. – № 801. – С. 88–93.

4. Вініченко Т. С. Рослини України під охороною Бернської конвенції. К.: Хімджест. – 2006. – 176 с.
5. Варивода Є.О. Управління природоохоронними територіями на засадах стратегічної екологічної оцінки: монографія / Є. О. Варивода, В. П. Садковий / Х., НУНЦЗУ, 2017. – 102с. – Режим доступу : <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/5315.pdf>
6. Гриневецький В.Т. Поняття екомережі та основні напрямки її ландшафтознавчого обґрунтування в Україні / В. Т. Гриневецький // Український географічний журнал. – 2002. – № 4. – С. 62-67.
7. Злобін Ю. А. Оцінка природно-заповідного фонду Сумської області / Ю.А. Злобін, С. М. Панченко, В. Г. Скляр // Заповідна справа в Україні на межі тисячоліть: матеріали конференції. Канів. – 1999. – С. 51-54.
8. Іванов Є. А. Методика визначення рівномірності розподілу територій та об'єктів природно-заповідного фонду регіону (на прикладі Львівської області) / Є. А. Іванов, І. П. Ковальчук // Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки. – 2007. – №11. – С. 274-279.
9. Конвенція про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ в Європі (Берн, 1979 рік). – К.: ВАТ «КДНК». – 1998. – 76 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_032#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_032#Text)
10. Петлін В. М. Регіональна екомережа Волинської області / В. М. Петлін, В. О. Фесюк, З. К. Карпюк // Український географічний журнал. – 2021. – № 2. – С. 31–41. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.031>.
11. Карпюк З. К. Природоохоронні мережі Волинської області: монографія./ З. К. Карпюк, В. О. Фесюк. Луцьк : Терен. – 2021. – 212 с. <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/20249>
12. Карпюк З. К. Природно-заповідний фонд Волинської області : альбом-каталог./З. К. Карпюк, В. О. Фесюк, О. П. Антипюк. Київ : ТОВ «ОК-ПОЛІГРАФ», – 2018. – 136 с. <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/20249?locale=en>
13. Карпюк З. К. Природно-заповідна і екологічна мережі / ред. Ф. В. Зузук. Луцьк : ПП Іванюк В. П. – 2014. – С. 217-237.
14. Клименко В. Г. Оцінка та аналіз ефективності природоохоронної мережі Харківської області графоаналітичним методом / В. Г. Клименко, А. В. Олійник // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: зб. наук. пр. Харків, 2014. – Вип. 19. – С. 36-41.
15. Ковальчук І. П. Природно-заповідний фонд басейну р. Стохід : сучасний стан, картографічна модель, шляхи оптимізації функціонування / І. П. Ковальчук, Т. С. Павловська, В. Д. Савчук// Часопис картографії : зб. наук. пр. К : КНУ ім. Тараса Шевченка. – 2011. – Вип. 3. – С. 82-91.
16. Максименко Н. В. Оцінка ефективності природно-заповідного фонду Сумської області за індексом інсуляризованості / Н. В. Максименко, В. А. Федяй // Фізична географія та геоморфологія. – 2021. – № 1-3 (105-107). – С. 30-34. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2021.1-3.04>
17. Максименко Н. В. Просторово-часова оцінка формування природно-заповідного фонду Сумської області. / Н. В. Максименко, В. А. Федяй, П. В. Добронос // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2020. – № 34. – С. 121-132. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-12>.
18. Природоохоронні території Волинської області : карта М 1 : 400 000 / укладачі В. О. Фесюк, З. К. Карпюк. Луцьк : ФОП Плахта О. П. – 2017 (1,0 друк. арк.).
19. Павловська Т., Актуальні питання досліджень сучасного стану природно-заповідної мережі басейну р. Вижівка (Правобережжя Прип'яті) / Т. С. Павловська, І. П. Ковальчук // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія «Географія». Тернопіль : СМП “Тайп”. – 2013. – № 2. – С. 228-233.
20. Приходько М. М. Новітні основи басейнового управління природними ресурсами: монографія / М. М. Приходько/ Івано-Франківськ. – 2006. – 280 с.
21. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області у 2021 році. Луцьк [б.в]. – 2022. – 196 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eco.voladm.gov.ua>
22. Розбудова екомережі України / за ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонко. К.: Програма розвитку ООН. Проект “Екомережі”. – 1999. – 127 с.
23. Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області / за ред. В. О. Фесюка. К.: ТОВ «Підприємство ВІ ЕН ЕЙ». – 2016. – 316 с. – Режим доступу : <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/19729>
24. Царик Л. Визначальна роль мережного підходу на сучасному етапі оптимізації природоохоронних територій / Л. Царик // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія : Географія. Тернопіль : СМП “Тайп”. – 2014. – № 1. – Вип. 36. – С. 205-209.
25. Червона книга України. Рослинний світ. / за ред. Я. П. Дідуха. К. : Глобалконсалтинг, 2009. – 912 с. – Режим доступу : <http://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/ukr0000012>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

## References

1. Andrienko L. T., Pryadko O. I. (2006). Rare Central European species in the flora of the Volyn part of Western Polissia. *Ukrainian Botanical Journal*. 63, 5, 661–670. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000151282> [in Ukrainian]
2. Boyarin M. V., Netrobchuk I. M. (2015). Nature reserve network of the Western Bug River basin within the Volyn region. *Nature of Western Polissia and adjacent territories*. 12, 56-62. [in Ukrainian]
3. Boyarin M. V. (2008). On the issue of environmental protection activities in the basin of the Western Bug River in the territory of the Volyn region. *V. N. Karazin Kharkiv Nat'l Univ. Bull. Ecology series*, 801, 88–93. [in Ukrainian]
4. Vinichenko T. S. (2006). *Plants of Ukraine under the protection of the Bern Convention*. Kyiv. *Khimgest*, 6, 176. [in Ukrainian]
5. Varyvoda E.O., Sadkovy V.P. (2017). *Management of protected areas on the basis of strategic ecological assessment: monograph*. Kharkiv, NUNZZU Publ. 102. [in Ukrainian]
6. Hrynevetskyi V.T. (2002). The concept of an eco-network and the main directions of its landscape scientific basis in Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*. 4, 62-67. [in Ukrainian]
7. Zlobin Yu. A., Panchenko S. M., Sklyar V. G. (1999). Assessment of the nature reserve fund of the Sumy region. *Protected business in Ukraine at the turn of the millennium: conference proceedings*. Kaniv. 51-54. [in Ukrainian]
8. Ivanov E. A., Kovalchuk I. P. (2007). Methodology for determining the uniformity of the distribution of territories and objects of the natural reserve fund of the region (on the example of Lviv region). *Lesya Ukrainka Volyn State University Scientific Bulletin*. 11, 274-279. [in Ukrainian]
9. *Convention on the Protection of Wild Flora and Fauna and Natural Environments in Europe* (Bern, 1979). Kyiv, KDNK Publ. 1998, 76. [in Ukrainian]
10. Petlin V. M., Fesyuk V. O., Karpyuk Z. K. (2021). Regional eco-network of the Volyn region. *Ukrainian Geographical Journal*. 2, 31–41. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.031> <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/19730> [in Ukrainian]
11. Karpyuk Z. K., Fesyuk V. O. (2021). Environmental protection networks of the Volyn region. *Lutsk, Teren*. 212 p. <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/20249>
12. Karpyuk Z. K., Fesyuk V. O., Antipyuk O. V. (2018). *Natural reserve fund of the Volyn region: album-catalogue*. Kyiv, OK-POLIGRAPH LLC. 136. [in Ukrainian]
13. Karpyuk Z. K., Melnychuk M. M. (2014). Nature reserve and ecological networks. *Nature: ed. F. V. Zuzuka*. Lutsk, Ivanyuk V.P. 217-237. [in Ukrainian]
14. Klymenko V. G., Oliynyk A. V. (2014). Evaluation and analysis of the effectiveness of the nature protection network of the Kharkiv region using the graphoanalytic method. *Problems of continuous geographical education and cartography*. Kharkiv. 19, 36-41. [in Ukrainian]
15. Kovalchuk I.P., Pavlovska T.S., Savchuk V.D. (2011). Nature reserve fund of the Stokhid river basin: current state, cartographic model, ways to optimize functioning. *Cartography Chasopys*. Kyiv, Taras Shevchenko KNU Publ. 3, 82-91. [in Ukrainian]
16. Maksymenko N. V., Fedyai V. A. (2021). Evaluation of the effectiveness of the natural reserve fund of the Sumy region according to the insularity index. *Physical geography and geomorphology*. 1-3 (105-107). 30-34. [in Ukrainian]
17. Maksimenko N. V., Fedyai V. A., Dobronos P. V. (2020). Time-space assessment of the formation of the natural reserve fund of the Sumy region. *Human and environment. Problems of neoecology*. 34, 121-132. [in Ukrainian]
18. *Nature protection territories of the Volyn region: map scale 1: 400,000* (2017). Compiled by V.O. Fesyuk, Z.K. Karpyuk. Lutsk, Plakhta O. P. [in Ukrainian]
19. Pavlovska T., Kovalchuk I. (2013). Current issues of research on the modern state of the nature reserve network of the Vyzhivka River basin (right bank of the Pripet). *Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University scientific notes. Geography series*. Ternopil, Type SMP. 2, 228-233. [in Ukrainian]
20. Prykhodko M. M. (2006). *New basics of basin-based management of natural resources*. Ivano-Frankivsk. 280. [in Ukrainian]
21. *Regional report on the state of the natural environment in the Volyn region in 2021*. Lutsk, 2022, 196. <http://eco.voladm.gov.ua>
22. *Development of the eco-network of Ukraine* (1999). Ed. Y. R. Shelyag-Sosonko. Kyiv, United Nations Development Program. *Eco-networks project*. 127. [in Ukrainian]
23. *Current ecological condition and prospects of ecologically safe sustainable development of the Volyn region* (2016). Ed. V. O. Fesyuk. Kyiv, VNA Enterprise. 316. <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/19729> [in Ukrainian]
24. Tsaryk L. (2014). Decisive role of the network approach at the current stage of optimization of nature conservation areas. *Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University scientific notes. Geography series*. Ternopil, Type SMP. 1, 36, 205-209. [in Ukrainian]
25. *Red Book of Ukraine. The plant world* (2009). Ed. Y.P. Didukh. Kyiv, Global Consulting. 912. <http://irbis-nbu.gov.ua/ulib/item/ukr0000012>. [in Ukrainian]

## Оцінка ефективності функціонування природно-заповідного фонду у басейні річки Прип'ять на Волині

Алла Некос<sup>1</sup>

д. геогр. н., проф., зав. кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти,

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна;

Марія Боярин<sup>2</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра екології та охорони навколишнього середовища,

<sup>2</sup> Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна;

Зоя Карнюк<sup>2</sup>

к. геогр. н., доц., доцент кафедри фізичної географії;

Лариса Коцун<sup>2</sup>

к. біол. н., доцент, кафедра ботаніки та методики викладання природничих наук;

Валентина Андрєєва<sup>2</sup>

к. с.-г. н., доцент, кафедра лісового і садово-паркового господарства;

Марія Луговська<sup>3</sup>

д. інженерії, доцент Інституту землеробства і садівництва,

<sup>3</sup> Природничо-Гуманітарний Університет у Седльцях, Седльці, Польща

Верхів'я басейну річки Прип'ять у Волинській області відзначається розрізненими природно-заповідними об'єктами, які належать до загальноєвропейської, національної та регіональної екомереж. У басейні річки знаходиться 314 об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) загальною площею 164735,7 га, проте фактична площа становить 149186,4 га, оскільки існує ряд об'єктів, які враховуються у загальну площу природно-заповідного фонду, але фактично розташовані у межах інших, значно більших за площею, об'єктів ПЗФ. У басейні річки Прип'ять таких об'єктів нараховується більше 40. Також при визначенні площі земель ПЗФ у межах басейнів основних притоків Прип'яті - річок Вижівка, Турія, Цир, Стохід, Стир виявлено об'єкти, що знаходяться у межах кількох річкових басейнів. У верхів'ї басейну річки Прип'ять спостерігається нерівномірний розподіл площ ПЗФ по території, що вказує на необхідність їх збільшення у басейнах річок Стир, Турія, Вижівка, Коростянка, для досягнення оптимального співвідношення території та збереження видового біорізноманіття на основі басейнового підходу. Представлено результати розрахунку індексу інсуляризованості природно-заповідного фонду Волинської області, ступінь заповідності у межах річкових басейнів. Здійснено оцінку ефективності природно-заповідного фонду басейну річки Прип'ять, де фактична площа ПЗФ становить 149186,4 га, щільність об'єктів – 2,14 об./100 км<sup>2</sup>, показник ступеня заповідності ( $S_3$ ) – 10,17 %, індекс інсуляризованості (I) – 0,32. Визначено 12 видів флори (*Daphne cneorum* L., *Cypripedium calceolus* L., *Aldrovanda vesiculosa* L., *Salvinia natans* (L.) All., *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb., *Tragopogon ucrainicus* Artemczuk., *Silene lithuanica* Zapal., *Liparis loeselii* (L.) Rich., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Saxifraga hirculus* L., *Galanthus nivalis* L., *Crataegus ucrainica* Rojark.), занесених до Міжнародних Червоних списків, ареалом поширення яких є ПЗО, що розташовані у басейні річки Прип'ять. У перспективі успішне розширення площ ПЗФ басейну дасть змогу розбудувати національну та Пан'європейську екомережу, а також розширити площі водно-болотних угідь міжнародного значення.

**Ключові слова:** басейн річки, природно-заповідний фонд, екологічна мережа, ступінь заповідності, індекс інсуляризованості.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 22 лютого 2024 р.

Прийнята 29 березня 2024 р.

## Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів на території полігонів твердих побутових відходів

*Ольга Рибалова*<sup>1</sup>

к. техн. н., доцент, кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки,

<sup>1</sup> Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна,

e-mail: [olgarybalova@ukr.net](mailto:olgarybalova@ukr.net), <http://orcid.org/0000-0002-8798-4780>;

*Сергій Артем'єв*<sup>1</sup>

к. техн. н., доцент, завідувач кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки,

e-mail: [artemev.1967@nuczu.edu.ua](mailto:artemev.1967@nuczu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-4535-1990>;

*Олена Бригада*<sup>1</sup>

к. техн. н., доцент, кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки,

e-mail: [ebrigada@nuczu.edu.ua](mailto:ebrigada@nuczu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0001-5777-8516>;

*Олексій Ільїнський*<sup>1</sup>

к. біол. н., доцент, кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки,

e-mail: [illinsky@nuczu.edu.ua](mailto:illinsky@nuczu.edu.ua), <http://orcid.org/0000-0002-1737-9462>;

*Антон Мацак*<sup>1</sup>

к. техн. н., викладач кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки,

e-mail: [antonmatsak1984@gmail.com](mailto:antonmatsak1984@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-2856-9437>

Поводження з побутовими відходами є надзвичайно важливою проблемою, тому визначення рівня екологічної небезпеки вмісту важких металів в ґрунті внаслідок впливу полігонів і звалищ твердих побутових відходів (ТПВ) є дуже актуальним для всіх країн світу, особливо для країн колишнього радянського союзу, бо сучасний стан захоронення твердих побутових відходів в Україні є вкрай незадовільним. З метою визначення рівня екологічної небезпеки складування побутових відходів на полігонах і звалищах в роботі дана оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів в районі розташування Грибовицького полігону ТПВ (Львівська область), Роганського полігону ТПВ (Харківська область) та Нововодолазького сміттєзвалища (Харківська область). Ризик для здоров'я населення від забруднення ґрунтів на території полігонів твердих побутових відходів оцінено за традиційним методом EPA US і новим методом визначення потенційного ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів важкими металами. В роботі удосконалено метод оцінки потенційного ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів, що представляє наукову новизну дослідження. В статті порівняно ці два принципово різні методичні підходи до визначення рівня екологічної небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами. Ризик для здоров'я населення від забруднення ґрунтів на території полігонів твердих побутових відходів методом EPA US за всіма розрахунками відповідає 5 класу небезпеки (надзвичайно високий рівень небезпеки). Результати оцінки потенційного ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів за новим методом на території полігонів твердих побутових відходів відповідають 2–4 класам небезпеки. Порівняння методичних принципів оцінювання ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів показало переваги застосування нового методу оцінювання потенційного ризику. Використання нового методу оцінки потенційного ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів дасть змогу удосконалити науково обґрунтоване управління поведженням з побутовими відходами і спрямувати фінансові ресурси на зменшення екологічної небезпеки забруднення ґрунтів і земельних ресурсів України.

**Ключові слова:** полігон, побутові відходи, важкі метали, ґрунти, ризик, здоров'я населення, Україна.

**Як цитувати:** Рибалова Ольга. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів на території полігонів твердих побутових відходів / Ольга Рибалова, Сергій Артем'єв, Олена Бригада, Олексій Ільїнський, Антон Мацак // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 399-413. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-30>

**In cites:** Rybalova Olha, Serhii Artemiev, Olena Brihada, Oleksii Ilinskiy, Anton Matsak (2024). Assessment of the risk to public health from soil contamination on the territory of solid waste landfills. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 399-413. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-30> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Поводження з побутовими відходами є однією з найбільш актуальних проблем сучасного світу. У світі щорічно утворюється 2 мільярди тонн побутових відходів, і з кожним роком ця цифра збільшується. За оцінками Світового банку, до 2030 року кількість відходів може зрости до 2,58 мільярдів тонн, а до 2050 року – до 3,77 мільярдів тонн. Муніципальні звалища щорічно накопичують тисячі тонн відходів навіть у містах середнього розміру. Ре-

зультати звіту Waste Atlas про 50 найбільших сміттєзвалищ світу показують, що 64 мільйони людей щодня страждають від 50 найбільших сміттєзвалищ. Полігони, зокрема звалища твердих побутових відходів, є основними забруднювачами атмосфери, гідросфери та ґрунту [1].

Станом на 01.01.2021 року в Україні знаходиться загалом 6045 полігонів та звалищ ТПВ. Під звалищами та полігонами знаходиться біля 8,8 тис. га території країни. Загальною тенденці-

єю для України, на відміну від європейських держав, є низький рівень перероблення й утилізації ТПВ та високий показник їх захоронення на полігонах [2]. Переважна кількість звалищ (від 80 до 90 %) працює у режимі перевантаження, з порушеними проєктними показниками щодо обсягів надходження відходів, за відсутності охоронних заходів, спрямованих на попередження засмічення ґрунтів, атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод [2].

Тверді побутові відходи (ТПВ) у країнах з низьким та середнім рівнем доходу збираються, транспортуються та утилізуються неорганізовано та невпорядковано. Неправильне захоронення відходів на полігонах може мати серйозні екологічні наслідки, що призводить до численних ризиків для здоров'я людей. Автори роботи [3] стверджують, що в Індії звалища вимагають 1240 га землі на рік, і лише 21 % ТПВ обробляється належним чином. Решта ТПВ не переробляється і не відновлюється за допомогою очисних технологій і, як правило, захоронюється на негігієнічних звалищах. Сміттєзвалища сприяють утворенню  $\text{CH}_4$  і становлять близько 29 % усіх викидів парникових газів, що перевищує 15 % середньосвітового внеску. Також зазначається, що до 2030 та 2050 років глобальні викиди парникових газів зростуть до 64 % та 76 % через неконтрольовані системи утилізації відходів [3].

Зберігання твердих побутових відходів на необлаштованих звалищах становить серйозну загрозу для функцій ґрунту та здоров'я людей, особливо через важкі метали [4]. Концентрації металів у ґрунті ростуть загрозливими темпами та впливають на ріст рослин, розвиток ґрунтової мікрофлори, безпеку харчових продуктів та здоров'я населення.

Низка досліджень показала, що існує вищий ризик розвитку раку серед людей, що мешкають поблизу сміттєзвалищ, а підвищений ризик спостерігався для раку шлунку, печінки та жовчних шляхів і трахеї, бронхів, легенів, шийки матки та передміхурової залози [5].

Проблема накопичення, переробки та утилізації відходів є складною й багатофакторною екологічною, технологічною, економічною та соціальною проблемами.

Однією з головних задач в створенні цілісної системи управління відходами є зниження ризику для населення і навколишнього природного середовища при поводженні з ними. Оцінка ризику для здоров'я населення внаслідок впливу полігонів і сміттєзвалищ на забруднення ґрунту важкими металами є дуже актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вміст шкідливих речовин в побутових відходах є важкою проблемою. Шкідливими для організму

людини є летучі органічні шкідливі речовини, які потрапляють у відходи з предметами споживання і знаходяться в газах звалищ, а при термічному використанні забруднюють атмосферне повітря. Небезпечним для здоров'я населення є вміст у побутових відходах збудників туберкульозу, кишкових інфекцій, патогенного стафілококу та стрептококу [6].

Найбільш шкідливими металами є свинець, мідь, цинк, хром, нікель, кадмій, ртуть. Несортований папір містить такі важкі метали, як свинець, мідь, хром, кадмій. Основним джерелом паперу в побутових відходах є газети. Свинець містить фольга, пляшки, паяльне олово, автомобільні акумулятори. Мідь міститься у мідних проводах, побутових речах, тощо. Цинк міститься в оцинкованих листах, акумуляторах (батареї), тощо. Ртуть містить акумулятори (батареї), термометри. Кадмій містить нікель-кадмієві малі акумулятори, кадмійовані металічні частини. Хром міститься у хромованих металічних частинах, хром-нікелевих сталевих предметах [6].

Рівні забруднення важкими металами води та ґрунту навколо сміттєзвалищ зростають через невивіркове захоронення побутових і промислових відходів на цих сміттєзвалищах. Дослідження [7] було проведено для вивчення характеристики та стабілізації важких металів у ґрунтах та фільтраті на полігоні Domroase, Кумасі, Гана. Результати показали, що середні концентрації всіх важких металів у вивченому ґрунті перевищували рекомендації Агентства з охорони навколишнього середовища Гани (EPA) і ВООЗ, за винятком Ni [7].

Робота [8] представляє огляд екологічних досліджень, проведених у районах, де найбільше знаходиться сміттєзвалища та антисанітарні звалища в Бразилії, зосереджуючись на фізико-хімічному аналізі поверхневих, підземних вод і ґрунтів, а також на геофізичних дослідженнях. У цьому огляді оцінено 162 публікації, в яких описано 104 різних місць захоронення твердих побутових відходів (ТПВ). Фізико-хімічні параметри проаналізованих зразків поверхневих вод, підземних вод і ґрунту перевищували рівні бразильського законодавства в 74 %, 70 % і 24 % досліджень відповідно. Параметрами, які частіше перевищували допустимі рівні, були коліформи, біохімічна потреба в кисні, розчинений кисень і фосфор для поверхневих вод; свинець, коліформи та залізо для підземних вод; мідь, кадмій, свинець і цинк для ґрунту [8].

Важкі метали є одним із важливих забруднювачів фільтрату звалищ, рослин та ґрунту поблизу полігону. У дослідженні [9] шляхом оцінки вмісту важких металів у фільтраті двох сміттєз-



валищ, а також у ґрунті та рослинах поблизу них було досліджено рівень забруднення, спричиненого фільтратом у навколишньому середовищі навколо полігонів у Тегерані. Для інтерпретації результатів використовували три індекси, включаючи PI, PINemerow і BF. Результати показали, що концентрація важких металів у ґрунті старого полігону була на 24,6 % меншою, ніж концентрація металів у ґрунті нового полігону. Це дослідження показало, що ґрунт і рослини полігону були забруднені важкими металами під впливом фільтрату, і здатність рослин поглинати та накопичувати метали може бути використана для управління забрудненням ґрунту поблизу полігону [9].

Рівні та потенційні небезпеки забруднення важкими металами (ВМ) на звалищах повинні бути оцінені, перш ніж їх можна буде повторно використовувати для будь-яких цілей [10]. Для повторного використання історичного сміттєзвалища на півночі Китаю у 2019 році було відібрано 376 місць відбору проб із застосуванням методу шахового розташування, а також рівні миш'яку (As), ртуті (Hg), сурми (Sb), міді (Cu), свинцю (Pb), кадмію (Cd), нікелю (Ni), цинку (Zn) і талію (Tl) у ґрунті. Ґрунтові ВМ на досліджуваній території становили підвищений канцерогенний ризик як для дорослих, так і для дітей. Середній канцерогенний ризик, пов'язаний з As, становив  $6,12 \times 10^{-4}$ , що було основним фактором канцерогенного ризику на всіх забруднених ВМ ділянках. Результати роботи [10] емпірично продемонстрували, що забруднення ґрунту ВМ є серйозним і терміново потрібно впровадження природоохоронних заходів.

У роботі [11] представлено характеристики забруднення та екологічні ризики восьми важких металів (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn та As) у ґрунтах неофіційного полігону будівельних відходів у Пекіні (Китай). Відповідно до комплексного індексу забруднення Nemerow та оцінки потенційного екологічного ризику, забруднення важкими металами зменшується в такому порядку: внутрішній ґрунт > нижній ґрунт > граничний ґрунт. Оцінки ризику вказують на те, що Cd і Mn становлять найбільший екологічний ризик (31,9 % і 17,8 % відповідно), оскільки вони мають найвищий ефективний вміст, біодоступність і мобільність [11].

Дослідження [12] було спрямоване на визначення концентрації важких металів у воді, ґрунті та рослинах навколо відкритого сміттєзвалища в Могла Базарі, Силхет, Бангладеш. Концентрації різних металів, таких як залізо (Fe), цинк (Zn), мідь (Cu), марганець (Mn), свинець (Pb) і кадмій (Cd), аналізували за допомогою полум'яного атомно-абсорбційного спектрофотометра (AAS) з належним методом травлення. Вміст

усіх металів порівнювався із встановленим допустимим лімітом, наданим ВООЗ/ФАО, ЄС, IS, USEPA. Було отримано середні значення індексу забруднення важкими металами (HPI) 311,61, що перевищує критичне значення 100. Це означає, що стан навколишнього середовища забруднений.

Найбільш перспективним методом ідентифікації зон підвищеної екологічної небезпеки є оцінка екологічного ризику, оскільки вона дозволяє визначити допустимий антропогенний тиск з метою збереження рівноваги природного середовища з забезпеченням відтворення основних її компонентів, а також приймати необхідні управлінські рішення з мінімізації антропогенного навантаження та пріоритетності реалізації природоохоронних заходів [13].

В роботах [14-16] представлені результати досліджень оцінювання екологічного ризику і ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення атмосферного повітря і поверхневих вод.

Найбільш розповсюдженим методом оцінювання ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення довкілля є методологія американського Агентства з охорони навколишнього середовища США (EPA US) [17]. В багатьох країнах світу застосовують саме цей метод оцінювання ризику для здоров'я населення.

Так в роботі [18] досліджено забруднення ґрунту важкими металами та їх накопичення у вирощуваних овочах, а також оцінювався ризик для здоров'я місцевого населення від споживання овочів, вирощених на забруднених металами територіях на півночі Індії. Значення HQ для всіх важких металів, окрім Zn, вказували ризику для здоров'я місцевих жителів [18].

Автори статті [19] стверджують, що ризик для здоров'я, пов'язаний із забрудненням ґрунту важкими металами, викликає все більше занепокоєння громадськості. Однак багато країн не створили власної системи оцінки ризику для здоров'я (ОРЗ), а більшість існуючих досліджень безпосередньо посилаються на модель і параметри оцінки ризику EPA US. Для тих країн, які не пропонують оригінальної системи ОРЗ, досвід розвинених країн має вирішальне значення для розвитку власної системи ОРЗ. У дослідженні [19] систематично розглянуто розвиток системи ОРЗ у деяких розвинених країнах. Було узагальнено теоретичну основу, концептуальну модель, прогрес та виклики досліджень з ОРЗ щодо забруднення ґрунтів важкими металами. На основі порівняння законів і керівництв, що пов'язані з ризиком для здоров'я в США, Великобританії і Японії, результати дослідження [19] показали, що побудова системи ОРЗ в цих країнах відрізнялася, але основним методом для отримання екологічних критеріїв стану ґрунтів стала мето-

дологія американського Агентства з охорони навколишнього середовища США (EPA US) [17].

Взаємозв'язок між джерелами, експозицією та впливом на здоров'я забруднення ґрунтів важкими металами є складним. Автори роботи [19] узагальнили шкали оцінювання, типи землекористування, шляхи впливу та чутливі рецептори досліджень, а також виділили ключові параметри, що впливають на результати оцінки ризиків для здоров'я. Відбувся зсув у бік включення імовірнісного моделювання, біодоступності металів та характеристик викидів джерел у нещодавні дослідження з ОРЗ. Тим не менш, залишаються проблеми щодо того, як мінімізувати невизначеність при створенні розподілу ймовірностей і визначенні біодоступності металів. Для сприяння розвитку системи оцінки впливу на довкілля (ОВД) країнам, що розвиваються, було рекомендовано посилити теоретичні дослідження ризиків для здоров'я та дослідження локалізації факторів впливу.

Необхідно відзначити, що в Україні відсутня власна методологія оцінювання ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів важкими металами. Тому дослідження цієї статті присвячені удосконаленню методу оцінки потенційного ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів важкими металами і порівнянню цього методу з методологією американського Агентства з охорони навколишнього середовища США (EPA US).

**Мета та задачі дослідження.** Метою статті є удосконалення методу оцінювання потенційного ризику для здоров'я населення і застосування його для визначення впливу полігонів твердих побутових відходів на здоров'я внаслідок забруднення ґрунту важкими металами.

Для досягнення поставленої мети вирішено наступні завдання:

- оцінити ризик для здоров'я населення від забруднення ґрунтів на території полігонів твердих побутових відходів методом EPA US;
- визначити потенційний ризик для здоров'я населення від забруднення ґрунтів за новим методом на території полігонів твердих побутових відходів.

В статті представлено удосконалений метод оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів, що представляє наукову новизну роботи.

Визначення екологічної небезпеки забруднення ґрунтів внаслідок впливу полігонів і звалищ ТПВ дає змогу визначити пріоритетність реалізації природоохоронних заходів та сприятиме впровадженню екологічно безпечного природокористування, тому дослідження роботи мають практичну значимість.

**Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів на території полігонів твердих побутових відходів методом EPA US.** Ступінь дії на людину шкідливих хімічних речовин, присутніх в ґрунті залежить від використання землі, концентрацій забруднюючих речовин в ґрунті і ступеня ризику забруднення інших компонентів середовища (ґрунтові води і повітря).

Ризик здоров'ю населення в залежності від якості ґрунту обчислюється за методом EPA US [17]:

$$R = 1 - \exp(-UR \times LADD), \quad (1)$$

де UR - одиниця ризику, визначається як чинник пропорції росту ризику в залежності від значення діючої концентрації (дозы) речовини; LADD (Lifetime Average Daily Dose) - середня щоденна доза речовини (мг/кг-добу) обчислюється за формулою [17]:

$$LADD = CS \cdot IR \cdot CF \cdot FI \cdot EF \cdot ED / BW \cdot AT, \quad (2)$$

де CS - концентрація речовини в ґрунті (мг/кг); IR - рівень споживання (мг ґрунту/доба); CF - коефіцієнт (6 - 10 кг/мг); FI - частка речовини, що проникає через шкіру; EF - частота експозиції (днів/рік); ED - тривалість експозиції (років); BW - вага тіла (кг); AT - час усереднення (експозиція).

Ризик для здоров'я населення при забрудненні ґрунтів канцерогенними речовинами розраховується за формулою [17]:

$$I = Cs \cdot FI \cdot EF \cdot ET \cdot CF^2 \cdot ((EDc \cdot IRc / BWc) + (EDa \cdot IRa / BWA)) / (AT \cdot 365) \quad (3)$$

Ризик для здоров'я населення при забрудненні ґрунтів неканцерогенними речовинами розраховується за формулою [17]:

$$I = Cs \cdot FI \cdot ET \cdot CF^2 \cdot IRn \cdot EDn / (BWn \cdot ATn \cdot 365) \quad (4)$$

Середня добова доза при інгаляційному впливі хімічних речовин, що попадають у повітря із ґрунту, розраховується за формулою [17]:

$$I = (Ca \cdot IR \cdot ED \cdot EF) / (BW \cdot AT \cdot 365) \quad (5)$$

Розрахунок фактору емісії пилових часток проводять за формулою [17]:

$$PEF = Q / C \cdot 36667 / (0,036 \cdot (1 - V) \cdot (U_m / U_t)^3 \cdot F(x)) \quad (6)$$

Розрахунок фактору випару речовини із ґрунту проводять за формулою [17]:

$$VF = Q / C \cdot (3,14 \cdot D_a \cdot T)^{1/2} \cdot 10^{-4} (2 \cdot \rho_{ob} \cdot D_a) \quad (7)$$

Розрахунок середньої добової дози при наскірній експозиції ґрунту проводять за формулою [17]:

$$DAD = (DAe \cdot EF \cdot ED \cdot EV \cdot SA) / (BW \cdot AT \cdot 365) \quad (8)$$

За формулами (1-8) розраховано індекс небезпеки для Грибовицького і Роганського полігонів та Нововодолазького сміттєзвалища. Вміст хімічних речовин в ґрунті на території Грибовицького полігону досліджено в дисертаційній роботі Коваль І.І. «Підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами» [20], а розташун-

ня проб ґрунту представлено в таблиці 1.

Зразки ґрунту Роганського полігону досліджували фахівці науково-дослідної установи “Український науково-дослідний інститут екологічних проблем” [21].

Дослідження вмісту важких металів в пробах ґрунту на території Нововодолазького сміттєзвалища здійснювався авторами статті. Дослідження проводилося в санітарно-гігієнічній лабораторії КП “Санепідсервіс” за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометру С-115-М1. Місце відбору проби № 1 знаходиться без-

посередньо на самому звалищі, а проба № 2 в 300 метрах від проби № 1, що представлено на рисунку 1.

Значення канцерогенного ризику наведено на рисунках 2–4.

Аналіз розрахунків, що представлено на рис. 2, показав, що найбільше значення канцерогенного ризику має проба № 4, за рахунок того, що концентрація хрому і купруму має найбільше значення серед п'яти проб. Значення канцерогенного ризику проб ґрунту 1–5 відповідають 1 класу небезпеки (мінімальний ризик).

Таблиця 1 / Table 1

Розташування проб ґрунту на території Грибовицького полігону [20] /  
Location of soil samples on the territory of Gribovytske landfill [20]

Проба №1	100 м на Пн-Сх від полігону
Проба №2	200 м на Пд-Зх від полігону
Проба №3	150 м на Пн-Зх від полігону
Проба №4	150 м на Пв-Сх від полігону
Проба №5	1500 м на Пд-Сх від полігону

Таблиця 2 / Table 2

Розташування проб ґрунту на території Роганського полігону [21] /  
Location of soil samples on the territory of the Rohan landfill

Проба №1	Місце зберігання відходів в межах санітарно-захисної зони (південь)
Проба №2	Місце зберігання відходів в межах санітарно-захисної зони (північ)
Проба №3	Місце зберігання відходів в межах санітарно-захисної зони (схід)
Проба №4	Місце зберігання відходів в межах санітарно-захисної зони (захід)
Проба №5	Місце зберігання відходів в межах санітарно-захисної зони (південь)
Проба №6	Місце зберігання відходів в межах санітарно-захисної зони (північ)
Проба №7	Місце зберігання відходів в межах санітарно-захисної зони (схід)
Проба №8	Місце зберігання відходів в межах санітарно-захисної зони (захід)

Значення канцерогенного ризику проб ґрунту Роганського відповідають 1 класу небезпеки (мінімальний ризик). Найбільше значення має ґрунт проби № 2, так як має найбільшу концентрацію плумбуму, який має кумулятивну токсичну дію на основні органи і системи людини (нервову систему, систему крові, шлунково-кишкову та серцево-судинну систему, нирки тощо).

На рисунку 4 представлено значення канцерогенного ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів на території Нововодолазького звалища, який за пробами № 1 та № 2 відноситься до 1 класу небезпеки (мінімальний ризик). Проба № 1 має значення більше внаслідок більших концентрацій канцерогенних речовин.

Для проб ґрунтів 1–5 Грибовицького полігону індекс небезпеки надзвичайно високий ( $\geq 10$ ) і відповідає 5 класу небезпеки, що характеризується масовими скаргами та виникненням хронічних захворювань. Найбільший ризик в пробі № 5, що перевищує порогове значення 5 класу в 20 разів. Такий великий індекс небезпеки забру-

днення ґрунтів на території Грибовицького полігону зумовлений великими значеннями концентрацій забруднюючих речовин.

За пробами ґрунтів 1–8 значення індексу небезпеки перевищує 10, що відносить дані показники до 5 класу небезпеки (надзвичайно високий ризик). Такий стан забруднення ґрунтів може спричинити виникнення хронічних захворювань.

Індекс небезпеки за значеннями проб ґрунтів № 1 і № 2 є надзвичайно високий (5 клас), що призводить до масових скарг та хронічних захворювань. За пробою № 1 значення небезпеки є одне з найбільших серед досліджуваних проб, що зумовлено великою концентрацією забруднюючих речовин.

**Визначення потенційного ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів за новим методом на території полігонів твердих побутових відходів.** Проблема встановлення причинно-наслідкових зв'язків між станом навколишнього середовища і здоров'ям населення є однією з ведучих серед соціальних задач, а дос-

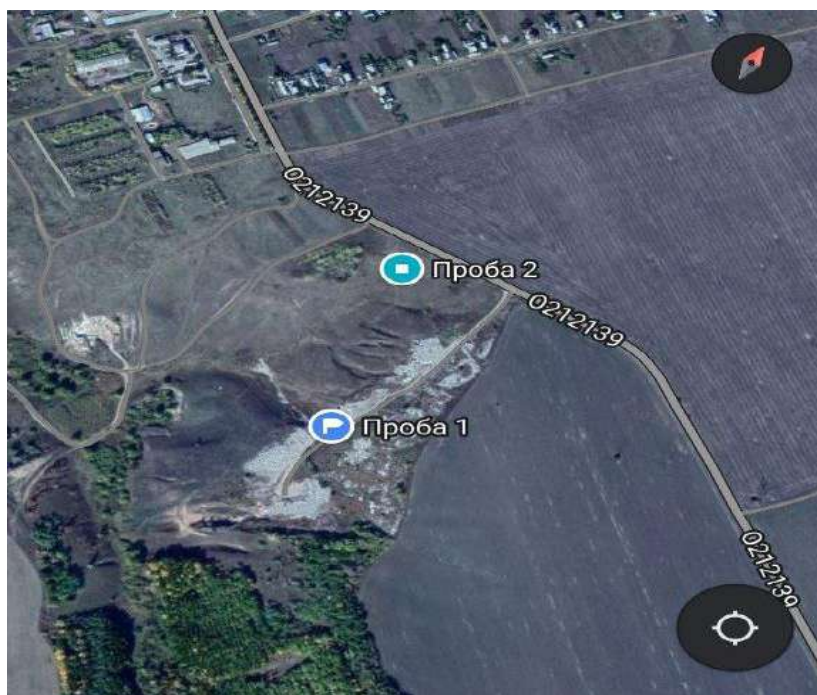


Рис. 1. Місця відбору проб на території Нововодолазького звалища /  
Fig. 1. Sampling sites at the Novovodolazhske landfill

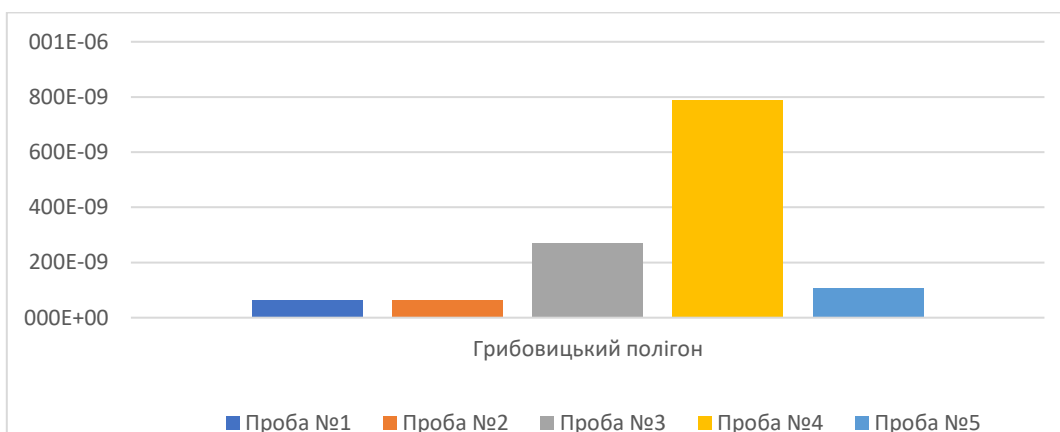


Рис. 2. Канцерогенний ризик для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів на території Грибовицького полігону /  
Fig. 2. Carcinogenic risk to public health due to soil contamination at the Gribovytske landfill

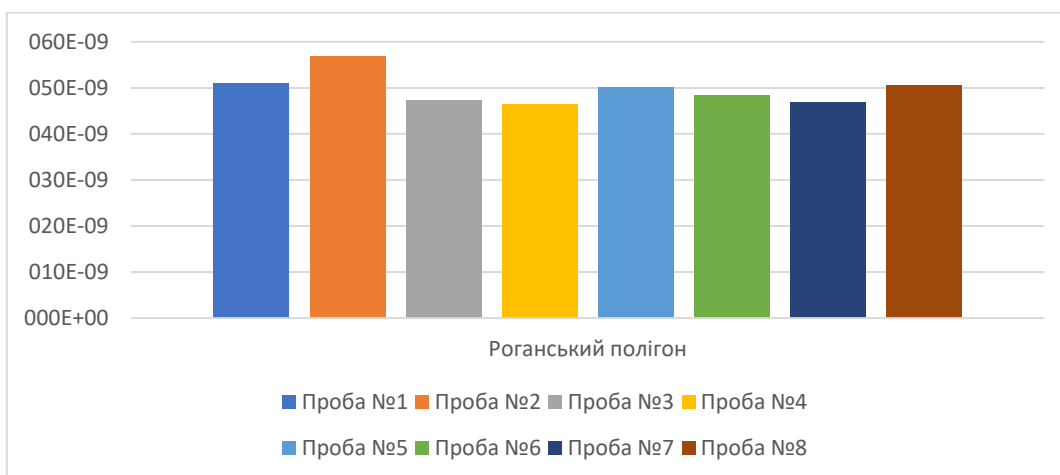


Рис. 3. Канцерогенний ризик для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів на території Роганського полігону /  
Fig. 3. Carcinogenic risk to public health due to soil contamination at the Rohan landfill

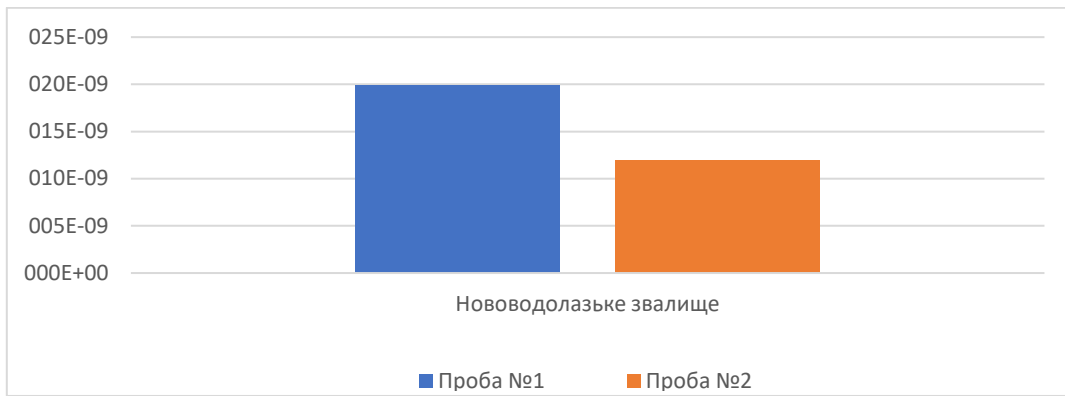


Рис. 4. Канцерогенний ризик для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів на території Нововодолазького сміттєзвалища /

Fig. 4. Carcinogenic risk to public health due to soil contamination at the Novovodolazhsk landfill

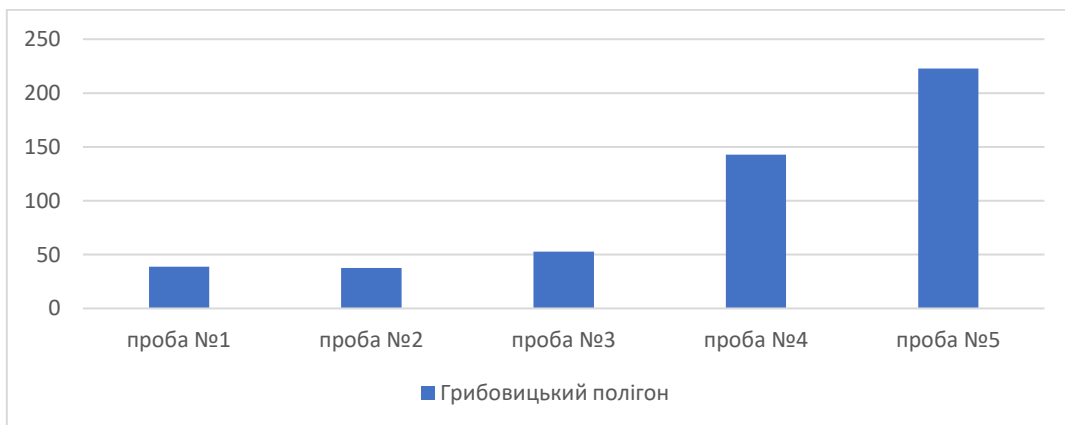


Рис. 5. Індекс небезпеки забруднення ґрунтів на території Грибовицького полігону /

Fig. 5. Soil contamination hazard index at the Gribovytske landfill

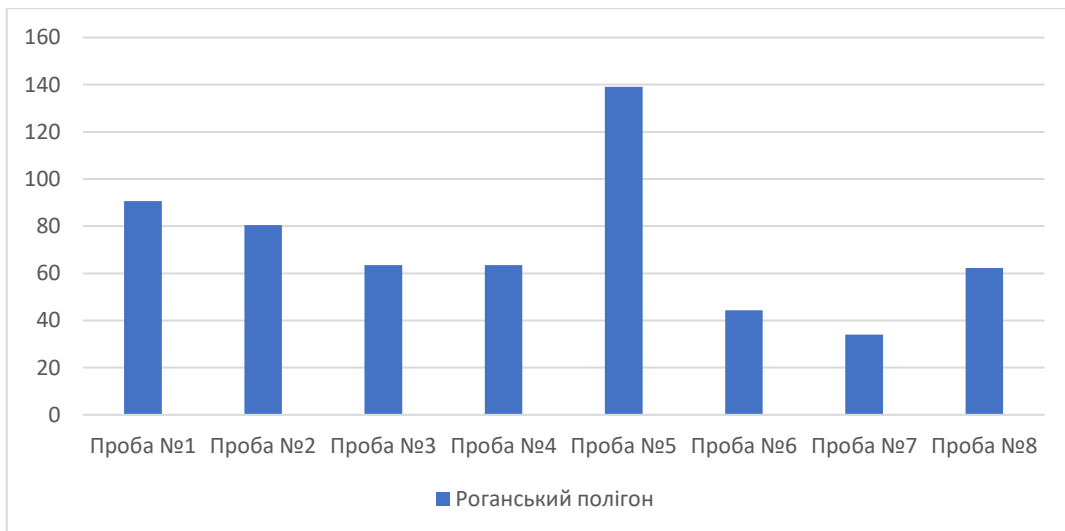


Рис. 6. Індекс небезпеки забруднення ґрунтів на території Роганського полігону /

Fig. 6. Soil contamination hazard index at the Rohan landfill

від її вирішення в розвинених країнах світу протягом більш шости десятиліть доводить її актуальність і гостру необхідність включення в систему державного управління природоохоронною діяльністю.

Необхідно відзначити, що визначити взаємозв'язок між станом довкілля та виникненням

захворюваності неможливо, тому що на здоров'я населення впливають не тільки незадовільний якісний стан навколишнього середовища, але і професійні чинники, засіб життя, соціальні чинники, тощо. Відомо, що протягом життя людина піддається впливу цілого набору речовин, що надходять в організм із повітрям, водою, їжею,

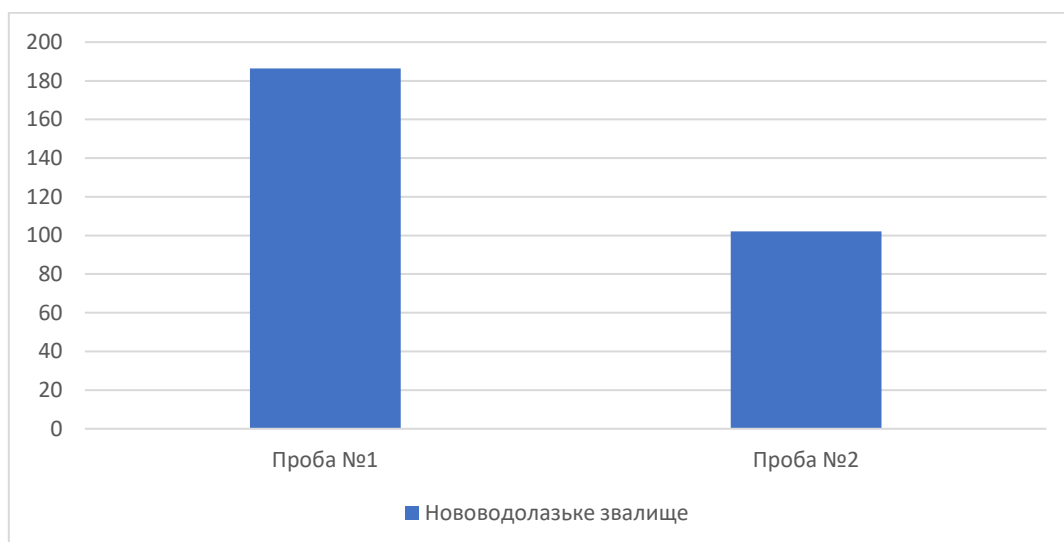


Рис. 7. Індекс небезпеки забруднення ґрунтів на території Нововодолазького сміттєзвалища /  
Fig. 7. Soil contamination hazard index at the Novovodolazhske landfill

сигаретним димом тощо. Оцінити їх комбінований і сполучений вплив на здоров'я людини надзвичайно важко, тому що між речовинами існують взаємодії, що підсилюють чи послабляють їхній спільний вплив [13].

Метод оцінки потенційного ризику здоров'я населення дозволяє адекватно інтегрувати забруднюючі речовини, тому що представляє ймовірнісну характеристику появи рефлексорних реакцій організму й інших шкідливих ефектів.

Під оцінку потенційного ризику розуміється процес аналізу даних моніторингу про стан довкілля для визначення кількісної ймовірності

несприятливого впливу на здоров'я населення шкідливих факторів навколишнього середовища [13].

Потенційний ризик здоров'ю населення при комбінованому і комплексному впливі забруднення навколишнього середовища оцінюється за правилом множення ймовірностей, де як множник виступають не величини ризику здоров'ю, а значення, що характеризують ймовірність його відсутності [13].

Під час трактування отриманих величин потенційного ризику здоров'ю населення користуються наступною ранговою шкалою (табл. 3) [13].

Методичний підхід EPA US до оцінки ризи-

Таблиця 3 / Table 3

Залежність ваги ефектів від величини потенційного ризику здоров'ю населення [13] /  
Dependence of the weight of effects on the magnitude of the potential risk to public health [13]

Risk	Клас	Характеристика ризику
<0,1	1	незначний вплив на здоров'я населення
0,1 – 0,19	2	слабкий вплив, граничні хронічні ефекти
0,2 – 0,59	3	значний вплив, важкі хронічні ефекти
0,6 – 0,89	4	великий вплив, важкі гострі ефекти
0,9 – 1,0	5	дуже великий вплив на здоров'я населення

ку для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів передбачає визначення канцерогенного ризику та індексу небезпеки шляхом інтегрування перорального, інгаляційного і нашкірного надходження в організм людини [17].

Вважаємо, що необхідно визначати ризик для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами окремо для канцерогенного ризику за методом EPA US [17] і для неканцерогенних речовин за моделлю пробіт-регресії. Аналіз сучасних методичних підходів до визначення рівня небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами показує необхідність

удосконалення методу оцінки ризику для здоров'я населення.

Вплив забруднення ґрунту на здоров'я людини може здійснюватися шляхом вживання у їжу продуктів харчування, які вирощені на забрудненій сільськогосподарській території. Тому необхідно визначати потенційний ризик для здоров'я населення окремо для територій сільськогосподарського використання із застосуванням транслокаційного ГДК, який показує небезпеку потрапляння важких металів із ґрунту в рослинність. В роботі [22] запропоновано визначати потенційний ризик для здоров'я населення вна-

слідок забруднення ґрунтів за моделлю пробіт-регресії для речовин, які не мають канцерогенного ефекту. З метою оцінки ймовірності негативних наслідків моделі пробіт-регресії часто використовують для визначення залежності «доза – ефект». Нормально-ймовірнісний розподіл при взаємозв'язку пробітів і ризику наведено в роботі [13].

Практичний досвід розрахунків ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів дозволив удосконалити метод, який представлено в роботі [22] шляхом заміни коефіцієнтів при визначенні пробітів.

Потенційний ризик для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів шляхом використання пробіт-регресії на територіях сільськогосподарського використання пропонуємо визначати за формулою:

$$Probit = -1,24 + 1,15 \lg \frac{C_i}{C_{ГДКі}}, \quad (9)$$

де  $C_i$  – концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг;  $C_{ГДКі}$  – транслокаційна гранично-допустима концентрація (ГДК<sub>тр</sub>)  $i$ -ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Потенційний ризик для здоров'я населення

від впливу забруднення ґрунтів шляхом використання пробіт-регресії на територіях, які не використовують для вирощування сільськогосподарської продукції, пропонуємо визначати за формулою:

$$Probit = -1,24 + 1,15 \lg \frac{C_i}{C_{фоні}}, \quad (10)$$

де  $C_{фон}$  – фонові концентрації  $i$ -ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Потенційний ризик для здоров'я населення визначається для кожної забруднюючої речовини, що дозволяє їх рангувати з метою визначення причин забруднення. Для території, що досліджується, визначається сумарний ризик за правилом множення ймовірностей, де як множник виступають не величини ризику здоров'ю, а значення, що характеризують ймовірність його відсутності.

Рівень небезпеки за оцінкою потенційного ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів пропонуємо визначати за табл. 3.

На рисунках 8 та 9 представлено результати розрахунку потенційного ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів на території Грибовицького і Роганського полігонів.

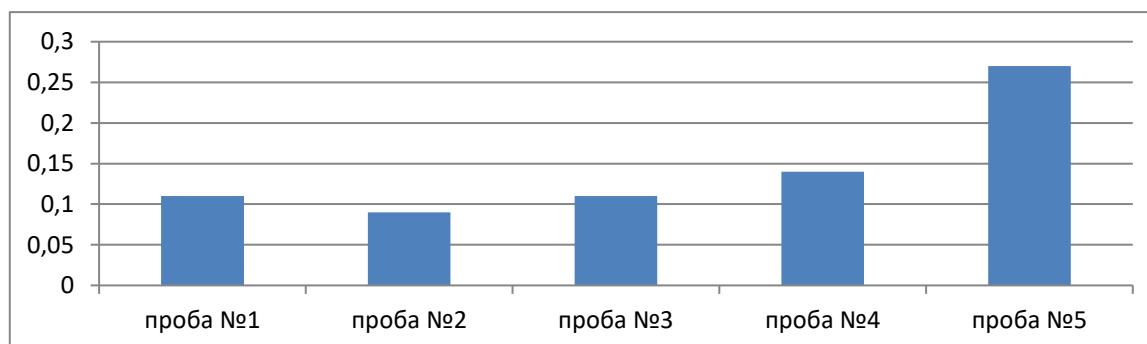


Рис. 8. Потенційний ризик для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів на території Грибовицького полігону /

Fig. 8. Potential risk to public health due to soil contamination at the Hrybovychi landfill

Згідно табл. 3 значення ризику проби ґрунтів № 2 відповідає 1 класу небезпеки та характеризується незначним впливом на здоров'я населення. Значення потенційного ризику проб ґрунтів № 1, № 3 та № 4 знаходяться в межах другого класу, при якому спостерігається слабкий вплив та граничні хронічні ефекти. Значення потенційного ризику проби ґрунтів № 5 відповідає 3 класу небезпеки, що має значний вплив і призводить до важких хронічних ефектів. Найбільше значення порівняно з ГДК має свинець: в пробах ґрунтів № 3–5 концентрація перевищує значення ГДК. Найбільше значення потенційного ризику в пробі ґрунту № 5 в більшій мірі зумовлене перевищенням майже в 5 разів концентрації ГДК свинцю (концентрація 9,72).

Характеристика проб ґрунтів на території Роганського полігону:

– для проб ґрунтів № 3, № 4 і № 6 характерний 1 клас небезпеки, при якому здійснюється незначний вплив на здоров'я населення;

– проби ґрунтів № 1, № 2, № 7 відносяться до 2 класу небезпеки, що характеризується слабким впливом та граничними хронічними ефектами;

– проба ґрунту № 8 відповідає 3 класу небезпеки, що має значний вплив на здоров'я населення, існує ймовірність важких хронічних ефектів.

Значення потенційного ризику проб ґрунтів № 1 і № 2 Нововодолазького звалища відповідають 4 класу, що спричиняє великий вплив на

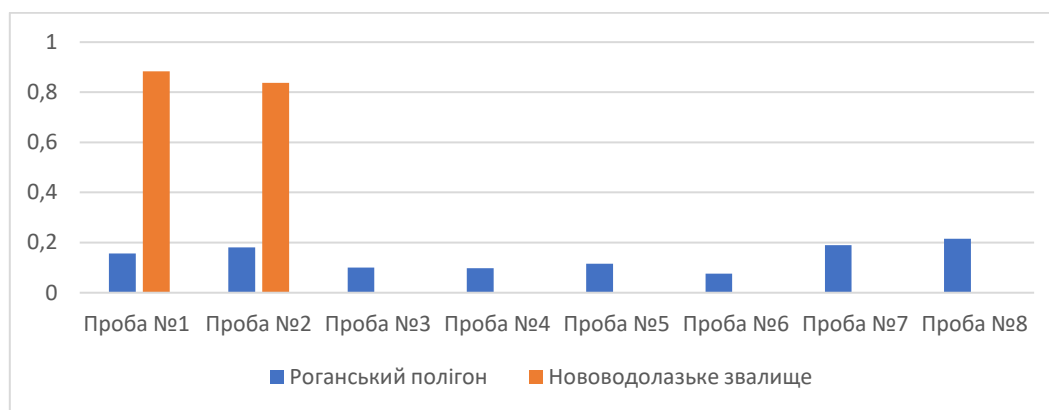


Рис. 9. Потенційний ризик для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів на території Роганського полігону та звалища Нововодолазької селищної ради /  
Fig. 9. Potential risk to public health due to soil contamination at the Rohan landfill and Novovodolazhske village council landfill

здоров'я населення і може викликати важкі гострі ефекти.

Розрахунок проводився для Роганського полігону за концентраціями чотирьох речовин (Cd, Pb, Zn, Cu), а для Нововодолазького звалища для трьох речовин (Pb, Zn, Cu), втім потенційний

ризик для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів на території Нововодолазького звалища значно перевищує значення ризику для Роганського полігону. Така різниця зумовлена більшими концентраціями забруднюючих речовин.

Таблиця 4 / Table 4

Порівняння методів визначення ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів /  
Comparison of methods for determining the risk to public health from soil contamination

№ проби	Індекс небезпеки		Потенційний ризик	
	значення	клас	значення	клас
Грибовицький полігон				
1	38,89	5	0,11	2
2	37,66	5	0,09	1
3	52,61	5	0,11	2
4	142,78	5	0,14	2
5	222,62	5	0,27	2
Роганський полігон				
1	90,65	5	0,16	2
2	80,42	5	0,18	2
3	63,52	5	0,1	2
4	63,41	5	0,09	1
5	139,07	5	0,12	2
6	44,33	5	0,08	1
7	34,02	5	0,19	2
8	62,19	5	0,22	3
Нововодолазьке звалище				
1	186,44	5	0,88	4
2	102,18	5	0,84	4

Аналіз таблиці 4 показав недосконалість американського підходу до визначення ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів, відбувається завищення результатів, бо методичні принципи EPA US оцінювання ризику базуються на безпороговій моделі.

Порівняння методичних підходів до оцінювання ризику для здоров'я населення показало

декілька недоліків методичного підходу EPA US:

1) не збігаються показники забруднення компонентів довкілля української та американської систем моніторингу;

2) розрахунок індексу небезпеки заснований на простому підсумовуванні кратності перевищення референтних доз без урахування ефекту суматії (синергізму) речовин і без урахування



класу небезпеки;

3) концепція безпорогового ризику (тобто будь-яка речовина в будь-якій концентрації впливає на здоров'я людини) призводить до завищення значень ризиків;

4) для кожної забруднюючої речовини вказують конкретні захворювання, які можуть бути збільшені в порівнянні з фоною захворюваністю, але іноді це вельми сумнівні висновки про захворювання, особливо при визначенні ризику для здоров'я населення при рекреаційному водокористуванні;

5) метод оцінки потенційного ризику для здоров'я населення засновано на тому, що якщо забруднюючі речовини перевищують відповідні ГДК, то є ймовірність виникнення несприятливих ефектів або збільшення захворюваності і при цьому не вказують конкретні захворювання;

6) оцінка потенційного ризику для здоров'я населення заснована на вітчизняній системі гранично допустимих концентрацій (ГДК) і враховує клас небезпеки речовини;

7) потенційний ризик для здоров'я населення визначається логарифмічною залежністю, що є прийнятним для визначення ймовірності.

Американський метод EPA US оцінювання ризику для здоров'я населення потребує адаптації для застосування її при сучасній системі державного моніторингу навколишнього природного середовища.

**Висновки.** Аналіз сучасного стану поводження з відходами в різних країнах світу і в Україні показав, що ця проблема є надзвичайно гострою і її потрібно негайно вирішувати. Захоронення твердих побутових відходів на полігонах і звалищах призводить до забруднення навколишнього природного середовища і впливає на збільшення захворюваності населення.

Дослідження впливу полігонів твердих побутових відходів на забруднення довкілля в різних країнах світу показало високий рівень екологічної небезпеки, особливо внаслідок забруднення ґрунтів важкими металами. Токсичність важких металів призводить до зниження продуктивності і врожайності, порушує нормальне функціонування екосистем і негативно впливає на здоров'я населення. Тому дослідження рівня екологічної небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами є дуже актуальними.

В роботі представлено методичний підхід EPA US та метод оцінки потенційного ризику, за якими було проведено розрахунки. Дослідження показало суттєву різницю між даними методами.

Загальний індекс небезпеки (метод EPA US) показав надзвичайно високий рівень небезпеки за всіма досліджуваними об'єктами. Метод оцінювання ризику для здоров'я населення EPA US

значно завищує класи небезпек через просту сумарну перевищення референтних концентрацій, що до теорії ймовірності не має ніякого відношення. Значення у всіх досліджуваних пробах ґрунту перевищує 10, що відносить їх до 5 класу небезпек (надзвичайно високий ризик), а самі значення відрізняються в декілька разів. Наприклад індекс небезпеки забруднення ґрунтів на території Грибовицького полігону за пробою ґрунту № 2 дорівнює 37,66, а за пробою ґрунту № 5 – 222,62. А в результаті всі проби віднесені до 5 класу з такою суттєвою різницею в результатах. Дана ситуація відбувається внаслідок дотримання концепції безпорогового ризику, а також не враховується клас небезпеки забруднюючих речовин.

Потенційний ризик для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів визначався для Грибовицького та Роганського полігонів в межах 1-3 класу небезпеки (незначний вплив, слабкий вплив, значний вплив), для Нововодолазького звалища значення ризику відповідає 4 класу (великий вплив), варто зауважити, що в методиці потенційного ризику є ще 5 клас небезпеки (дуже великий вплив на здоров'я населення).

Аналіз отриманих результатів розрахунку потенційного ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів показав, що найбільший ризик спостерігається на території Нововодолазького сміттєзвалища (4 клас небезпеки), при найменшій кількості забруднюючих речовин. Дана ситуація виникла через не дотримання природоохоронних заходів на сміттєзвалищі, які на полігонах ТПВ виконуються в більшій мірі. На жаль, дана ситуація для звалищ не є поодиноким і потребує невідкладних заходів.

Новий метод оцінки потенційного ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів врахував вище перелічені недоліки. Якщо забруднюючі речовини перевищують відповідні ГДК, то є ймовірність виникнення несприятливих ефектів або збільшення захворюваності.

Оцінка рівня небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами дозволить прийняти науково-обґрунтоване рішення щодо пріоритетності впровадження природоохоронних заходів, тому дослідження статті мають практичне значення.

На сьогодні в Україні збільшуються обсяги накопичення відходів, кількість полігонів і звалищ для їх захоронення, погіршується санітарний стан населених пунктів. За офіційними даними, в Україні накопичено близько 36 млрд. тонн відходів, або більш як 50 тис. тонн на 1 км<sup>2</sup> території, з яких утилізується лише 30 % промислових відходів та 4 % побутових відходів.

Директивою 1999/31/ЄС встановлюється, що у місця захоронення можуть спрямовуватися

лише відходи, які були оброблені з метою зменшення їх обсягів та безпеки для довкілля.

Директива 2008/98/ЄС встановлює перелік відходів, класифікацію операцій поводження з відходами, вимоги до поводження з небезпечними відходами, заборону змішування небезпечних відходів (ст. 17), маркування небезпечних відходів (ст. 19), стаття 11 встановлює обов'язковим забезпечення роздільного збирання скла, паперу та картону, металу, полімерів, до 2025 року – текстилю, а також підготовку до повторного використання та перероблення. Стаття 22 встановлює необхідність роздільного збирання біовідходів та забезпечення їх подальшого оброблення і перероблення [23].

У зв'язку з євроінтеграцією Україна зобов'язалася виконати певні умови, деякі з них стосуються екологічної безпеки, в тому числі сфери поводження з відходами. З січня 2018 року у Закон «Про відходи» було внесено зміни, які суворо зобов'язують сортувати сміття та забороняють захоронення на полігонах неперероблених твердих відходів.

Нашій країні потрібно імплементувати законодавство європейського союзу і знайти способи реалізації міжнародних правових норм.

Важливо аналізувати і впроваджувати закордонний досвід з метою забезпечення сталого розвитку держави і збереження навколишнього природного середовища для майбутніх поколінь.

### Список використаної літератури

1. Mariia Korbut, Myroslav Malovanyu, Ruslan Boyko, Andrew Masikevych. *Determination of the sanitary protection zone of municipal waste landfill based on evaluation of the environmental hazards: Case study of the Zhytomyr territorial community, Ukraine*. Heliyon. 2023. Vol. 9, № 12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22347> (дата звернення 02.11.2023)
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році. URL: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html> (дата звернення 29.11.2023)
3. Suman Mor, & Khaiwal Ravindra (2023). *Municipal solid waste landfills in lower- and middle-income countries: Environmental impacts, challenges and sustainable management practices*. *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 174, 510-530. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.04.014>
4. Yahya Kooch, Azam Nouraei, Katayoun Haghverdi, Steffen Kolb, & Rosa Francaviglia (2023). *Landfill leachate has multiple negative impacts on soil health indicators in Hyrcanian forest, northern Iran*. *Science of The Total Environment*. Volume 896, 166341. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166341>
5. Maheshi Danthurebandara, Steven Van Passel, Dirk Nelen, Yves Tielemans. *Environmental and socio-economic impacts of landfills*. *Linnaeus ECOTECH*. 2012. URL: [https://www.researchgate.net/publication/278738702\\_Environmental\\_and\\_socioeconomic\\_impacts\\_of\\_landfills](https://www.researchgate.net/publication/278738702_Environmental_and_socioeconomic_impacts_of_landfills) (дата звернення: 22.01.2024)
6. Рибалова О.В., Бригада О.В., Лійнський А.В. Бондаренко О.О. Чорнс К.С. Вплив твердих побутових відходів на здоров'я населення / *The 2nd International scientific and practical conference "Science and technology: problems, prospects and innovations"* (November 17-19, 2022) CPN Publishing Group, Osaka, Japan. 2022. p. 249-256 URL: <https://sci-conf.com.ua/ii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiyascience-and-technology-problems-prospects-and-innovations-17-19-11-2022-osakayaponiya-arhiv>
7. Felix Odom, Emmanuel Gikunoo, Emmanuel Kwesi Arthur, Frank Ofori Agyemang, Kwadwo Mensah-Darkwa (2021). *Stabilization of heavy metals in soil and leachate at Dompooase landfill site in Ghana*. *Environmental Challenges*, Volume 5, December 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100308>
8. Alice K.M. Morita, Carolina Ibelli-Bianco, Jamil A.A. Anache, Jaqueline V. Coutinho, Natalia S. Pelinson, Juliana Nobrega, Livia M.P. Rosalem, Camila M.C. Leite, Leonardo M. Niviadonski, Caroline Manastella, Edson Wendland (2021). *Pollution threat to water and soil quality by dumpsites and non-sanitary landfills in Brazil: A review*. *Waste Management*, Volume 131, 15 July 2021, Pages 163-176. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.06.004>
9. Seyyed Mahdi Hosseini Beinabaj, Hossein Heydariyan, Hamed Mohammad Aleii, Ali Hosseinzadeh (2023). *Concentration of heavy metals in leachate, soil, and plants in Tehran's landfill: Investigation of the effect of landfill age on the intensity of pollution*. *Heliyon*, Volume 9, Issue 1, January 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13017>
10. Chuan Du, Zhanping Li. *Contamination and health risks of heavy metals in the soil of a historical landfill in northern China*. *Chemosphere*, Volume 313, February 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137349>
11. Gaofeng Wu, Lili Wang, Ran Yang, Wenxing Hou, Shanwen Zhang, Xiaoyu Guo, Wenji Zhao (2022). *Pollution characteristics and risk assessment of heavy metals in the soil of a construction waste landfill site*. *Ecological Informatics*, Volume 70, September 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101700>
12. Rafiul Alam, Zia Ahmed, M. Farhad Howladar (2020). *Evaluation of heavy metal contamination in water, soil and plant around the open landfill site Mogla Bazar in Sylhet, Bangladesh*. *Groundwater for Sustainable Development*, Volume 10, April 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100311>
13. *Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв і др. Харків: НУГЗУ, 2015. 419 с.*
14. Popov O., Iatsyshyn A., Kovach V., Artemchuk V., Kameneva I., Taraduda D., Sobynta V., Sokolov D., Dement M., Yatsyshyn, T. *Risk assessment for the population of Kyiv, Ukraine as a result of atmospheric air pollution*. *Journal of Health and Pollution*, 10(25), 200303, 2020. <https://meridian.allenpress.com/jhp/article/10/25/200303/445357>

15. Pospelov B., Andronov V., Rybka E., Krainiukov O., Maksymenko N., Meleshchenko R., Bezuhla Y., Hrachova I., Nesterenko R., Shumilova A. *Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2020. Vol. 4/10 (106). P. 37–43. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>.
16. Rybalova O., Artemiev S. *Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2017. Vol. 5/10 (89). P. 67–76. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211>
17. *Integrated Risk Information System (IRIS) / U.S. Environmental Protection Agency (EPA).* URL: <http://www.epa.gov/iris> (дата звернення 29.01.2024)
18. Rashmi, S., Prince, K. S., Parvati, M., Alok, K. K., & Supriya, T. (2024). Heavy metal contamination in the wastewater irrigated soil and bioaccumulation in cultivated vegetables: Assessment of human health risk. *Journal of Food Composition and Analysis* Volume 128, 106054. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106054>
19. Shiyang Yang, Lijuan Sun, Yafei Sun, Ke Song, Qin Qin, Zhengyi Zhu, & Yong Xue (2023). Towards an integrated health risk assessment framework of soil heavy metals pollution: Theoretical basis, conceptual model, and perspectives. *Environmental Pollution. Volume 316, Part 2, 120596.* <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120596>
20. Коваль І.І. Підвищення рівня екологічної безпеки регіону інтегрованою системою управління побутовими відходами. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 “Екологічна безпека”. – Національний університет “Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України, Львів, 2019. с.198.
21. Гончаренко І.О. Підвищення екологічної безпеки об’єктів поводження з твердими побутовими відходами. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Науководослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», 2020. С. 229.
22. Рыбалова О.В., Бригада О.В., Бондаренко О.О., Макаров Є.О. *Новий метод оцінки ризику для здоров’я населення від забруднення ґрунтів важкими металами. Проблеми надзвичайних ситуацій.* 2019. № 1(29) с. 79-99.
23. Рамкова Директива 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 19 листопада 2008 р. про відходи та скасування окремих Директив. *Офіційний вісник ЄС.* 2008. № 312. С. 3-30.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

## Assessment of the risk to public health from soil contamination on the territory of solid waste landfills

**Olha Rybalova**<sup>1</sup>

PhD (Technical), Associate Professor, Department of Labour Protection and Technogenic and Environmental Safety,

<sup>1</sup> National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine;

**Artemiev Serhii**<sup>1</sup>

PhD (Technical), Associate Professor, Head of the Department of Labour Protection and Technogenic and Environmental Safety;

**Brihada Olena**<sup>1</sup>

PhD (Technical), Associate Professor, Department of Labour Protection and Technogenic and Environmental Safety;

**Iiivskyi Oleksii**<sup>1</sup>

PhD (Biology), Associate Professor, Department of Labour Protection and Technogenic and Environmental Safety;

**Anton Matsak**<sup>1</sup>

PhD (Technical), Lecturer of Department of Labour Protection and Technogenic and Environmental Safety

### ABSTRACT

**Introduction.** Domestic waste management is an extremely important issue for all countries of the world, especially for the countries of the former Soviet Union, as the current state of solid waste disposal in Ukraine is extremely unsatisfactory. According to the European Commission, the amount of waste in the European Union has increased in recent years to more than 2.5 billion tons per year. The results of the Waste Atlas report on the world's 50 largest landfills show that 64 million people are affected by the 50 largest landfills every day. Ukraine has a total of 6045 landfills and dumpsites. The general trend in Ukraine, in contrast to European countries, is a low level of recycling and utilization of solid waste and a high rate of landfill disposal. The vast majority of landfills (80 to 90%) operate in overload

mode. Landfills, in particular solid waste landfills, are the main pollutants of the atmosphere, hydrosphere and soil. Therefore, determining the level of environmental hazard of heavy metals in the soil as a result of the impact of landfills and solid waste dumps is very important.

**Objective.** The purpose of the article is to determine the impact of solid waste landfills on public health due to soil contamination with heavy metals.

**Methodology.** In order to determine the level of environmental hazard of household waste storage at landfills and dumps, the paper assesses the risk to public health from soil contamination in the area of the Hrybovychi landfill (Lviv oblast), Rohan landfill (Kharkiv oblast), and Novovodolazhske landfill (Kharkiv oblast). The risk to public health from soil contamination at solid waste landfills was assessed using the traditional US EPA method and a new method for determining the potential risk to public health from soil contamination with heavy metals.

**Results.** The article compares two fundamentally different methodological approaches to determining the level of environmental hazard of soil contamination with heavy metals. The risk to public health from soil contamination on the territory of solid waste landfills according to the US EPA method corresponds to hazard class 5 (extremely high hazard level) according to all calculations. The results of the assessment of the potential risk to public health from soil contamination using the new method at solid waste landfills correspond to hazard classes 2-4. Comparison of methodological principles for assessing the risk to public health from soil pollution has shown the advantages of using the new method of potential risk assessment. The use of the new method of assessing the potential risk to public health from soil pollution will help improve science-based management of household waste and direct financial resources to reduce the environmental hazard of soil and land pollution in Ukraine.

**Scientific novelty.** The article presents an improved method for assessing the risk to public health from soil pollution, which represents the scientific novelty of the work

**Practical significance.** Determining the environmental hazard of soil pollution due to the impact of landfills and solid waste dumps makes it possible to prioritize the implementation of environmental protection measures and will contribute to the implementation of environmentally sound environmental management, so the research is of practical importance.

**Keywords:** landfill, household waste, heavy metals, soil, risk, public health, Ukraine

#### References

1. Mariia Korbut, Myroslav Malovanyy, Ruslan Boyko, Andrew Masikevych (2023). Determination of the sanitary protection zone of municipal waste landfill based on evaluation of the environmental hazards: Case study of the Zhytomyr territorial community, Ukraine. *Heliyon*, 9, № 12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22347> (date of application 02.11.2023)
2. National report on the state of the natural environment in Ukraine in 2020. URL: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html> (date of application 29.11.2023) [in Ukrainian]
3. Suman Mor, & Khaiwal Ravindra (2023). Municipal solid waste landfills in lower- and middle-income countries: Environmental impacts, challenges and sustainable management practices. *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 174, 510-530. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.04.014>
4. Yahya Kooch, Azam Nouraei, Katayoun Haghverdi, Steffen Kolb, & Rosa Francaviglia (2023). Landfill leachate has multiple negative impacts on soil health indicators in Hyrcanian forest, northern Iran. *Science of The Total Environment*, Volume 896, 166341. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166341>
5. Maheshi Danthurebandara, Steven Van Passel, Dirk Nelen, Yves Tielemans (2012). Environmental and socio-economic impacts of landfills. *Linnaeus ECOTECH*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/278738702-Environmental\\_and\\_socioeconomic\\_impacts\\_of\\_landfills](https://www.researchgate.net/publication/278738702-Environmental_and_socioeconomic_impacts_of_landfills) (date of application: 22.01.2024)
6. Rybalova O.V., Bryhada O.V., Ilinskyi A.V. Bondarenko O.O. Chornis K.I.e. (2022). The influence of solid household waste on the health of the population. The 2nd International scientific and practical conference "Science and technology: problems, prospects and innovations" (November 17-19) CPN Publishing Group, Osaka, Japan. 249-256 [in Ukrainian]
7. Felix Odom, Emmanuel Gikunoo, Emmanuel Kwesi Arthur, Frank Ofori Agyemang, Kwadwo Mensah-Darkwa (2021). Stabilization of heavy metals in soil and leachate at Dompooase landfill site in Ghana. *Environmental Challenges*, 5, December 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100308>
8. Alice K.M. Morita, Carolina Ibelle-Bianco, Jamil A.A. Anache, Jaqueline V. Coutinho, Natalia S. Pelinson, Juliana Nobrega, Livia M.P. Rosalem, Camila M.C. Leite, Leonardo M. Niviadonski, Caroline Manastella, Edson Wendland (2021). Pollution threat to water and soil quality by dumpsites and non-sanitary landfills in Brazil: A review. *Waste Management*, 131, 15 July 2021, 163-176. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.06.004>
9. Seyyed Mahdi Hosseini Beinabaj, Hossein Heydariyan, Hamed Mohammad Aleii, Ali Hosseinzadeh (2023). Concentration of heavy metals in leachate, soil, and plants in Tehran's landfill: Investigation of the effect of landfill age on the intensity of pollution. *Heliyon*, 9, 1, January 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13017>
10. Chuan Du, Zhanping Li (2023). Contamination and health risks of heavy metals in the soil of a historical landfill in northern China. *Chemosphere*, 313, February 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137349>
11. Gaofeng Wu, Lili Wang, Ran Yang, Wenxing Hou, Shanwen Zhang, Xiaoyu Guo, Wenji Zhao (2022). Pollution characteristics and risk assessment of heavy metals in the soil of a construction waste landfill site. *Ecological Informatics*, 70, September 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101700>


12. Rafiul Alam, Zia Ahmed, M. Farhad Howladar (2020). Evaluation of heavy metal contamination in water, soil and plant around the open landfill site Mogla Bazar in Sylhet, Bangladesh. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, April 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100311>
13. *Integral and complex assessments of the state of the surrounding natural environment: monograph* (2015). O.H. Vasenko, O.V. Rybalova, S.R. Artemiev et al. Kharkiv: NUHZU, 419. [in Ukrainian]
14. Popov O., Iatsyshyn A., Kovach V., Artemchuk V., Kameneva I., Taraduda D., Sobyna V., Sokolov D., Dement M., Yatsyshyn, T. Risk assessment for the population of Kyiv, Ukraine as a result of atmospheric air pollution. *Journal of Health and Pollution*, 10(25), 200303, 2020. <https://meridian.allenpress.com/jhp/article/10/25/200303/445357>
15. Pospelov B., Andronov V., Rybka E., Krainiukov O., Maksymenko N., Meleshchenko R., Bezuhla Y., Hrachova I., Nesterenko R., Shumilova A. (2020). Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4/10 (106). 37–43. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>
16. Rybalova O., Artemiev S. (2017). Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/10 (89). 67–76. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211>
17. *Integrated Risk Information System (IRIS)*. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). URL: <http://www.epa.gov/iris> (date of application 29.01.2023)
18. Rashmi, S., Prince, K. S., Parvati, M., Alok, K. K., &Supriya, T. (2024). Heavy metal contamination in the wastewater irrigated soil and bioaccumulation in cultivated vegetables: Assessment of human health risk. *Journal of Food Composition and Analysis*. 128, 106054. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106054>
19. Shiyang Yang, Lijuan Sun, Yafei Sun, Ke Song, Qin Qin, Zhengyi Zhu, &Yong Xue (2023). Towards an integrated health risk assessment framework of soil heavy metals pollution: Theoretical basis, conceptual model, and perspectives. *Environmental Pollution*. 316, 2, 120596. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120596>
20. Koval I.I. (2019). Increasing the level of environmental safety of the region through an integrated household waste management system. Dissertation for obtaining the scientific degree of Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) on the specialty 21.06.01 "Environmental safety". – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 198. [in Ukrainian]
21. Honcharenko I.O. (2020). Increasing the environmental safety of solid waste management facilities. Dissertation for obtaining the scientific degree of Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in the specialty 21.06.01 - environmental safety. - Research institution "Ukrainian Research Institute of Environmental Problems", 229. [in Ukrainian]
22. Rybalova O.V., Bryhada O.V., Bondarenko O.O., Makarov Ye.O. (2019). A new method of assessing the risk to public health from soil contamination with heavy metals. *Problems of emergency situations*. 1(29). 79-99 [in Ukrainian]
23. Framework Directive 2008/98/EC of the European Parliament and the Council of November 19, 2008 on waste and the repeal of certain Directives. *Official Gazette of the EU*. 312, 3-30.

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work  
**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 18 April 2024  
Accepted 23 May 2024

## Nutrient and organic substances emissions from diffuse sources to the rivers of Ukrainian Carpathians

*Olha Ukhan*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Head of the Regional Hydrochemical Research Laboratory,  
<sup>1</sup> Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine  
and National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,  
e-mail: [ukhan\\_o@ukr.net](mailto:ukhan_o@ukr.net),  <https://orcid.org/0000-0002-4856-7175>;


*Denys Klebanov*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Senior Researcher,  
e-mail: [den@uhmi.org.ua](mailto:den@uhmi.org.ua),  <https://orcid.org/0009-0000-9227-8189>;

*Yurii Nabyvanets*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Deputy Director for Science,  
e-mail: [krava@uhmi.org.ua](mailto:krava@uhmi.org.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-7443-2007>;

*Nataliia Osadcha*<sup>1</sup>

DSc (Geography), Head of the Hydrochemistry Department,  
e-mail: [nosad@uhmi.org.ua](mailto:nosad@uhmi.org.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-6215-3246>;

*Tetiana Verkhulevska*<sup>1</sup>

Leading Engineer,  
e-mail: [terlyk\\_t@ukr.net](mailto:terlyk_t@ukr.net)

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** The transition from territorial-administrative to basin-based water resources management in Ukraine requires an assessment of the load of water bodies with pollutants from diffuse and point sources. Among the various components of the chemical composition of water entering water bodies, organic matter and nutrients are the most important. The Danube is the second largest river in Europe, with a basin covering the territories of 19 countries and is an important transportation waterway. Within Ukraine, the Danube is divided into the Lower Danube sub-catchment and the Tisza, Prut, and Siret River basins within the Carpathian region. The scientific results presented in this paper were obtained during research within the framework of state budgetary research works of the UHMI, the implementation of which will contribute to the further development of knowledge in the field of hydrometeorology. The results presented in the publication are important for supplementing information when writing the Danube River Basin Management Plan, which is being developed in accordance with Ukraine's obligations under the Association Agreement with the European Union.

**Aim of the study.** To calculate the supply of nutrients and organic matter from diffuse sources to the rivers of the Danube basin within the Ukrainian Carpathians.

**Methods.** Monitoring data of organic substances and nutrients provided by the Danube Hydrometeorological Observatory (the state surface water monitoring network of the State Emergency Service of Ukraine) for 2018 were used for calculations. To assess the load of water bodies by diffuse sources, a conceptual scheme was developed that allowed to take into account the main pathways of substances supply, i.e. precipitation; water runoff from arable land, forests, meadows and pastures, built-up areas, rock outcrops, as well as from the population of rural regions without sewage systems.

**Scientific novelty.** For the first time:

- the load of nutrients and organic matter in the Danube rivers within the Ukrainian Carpathians by the sources of their income was evaluated;
- it was found that agricultural land is the main source of emissions of inorganic nitrogen and phosphorus compounds.

**Practical value.** The analysis of the diffuse load by nutrients and organic matter in the Danube rivers can be used as an important part of the River Basin Management Plan. The results of the calculations can also be used to develop measures to achieve certain environmental objectives.

**Results.** The main source of organic matter in the water of rivers of the Carpathian region are agricultural enterprises locating within rural settlements that are not equipped with sewage systems. Surface water of Prut and Tisza River basins is the most polluted by organic matter. By source, the nutrient emissions are distributed as follows. For the Tisza and Prut rivers, more than 50% of the total nitrogen compounds emissions come from agricultural land, while for the Siret River the source of nitrogen compounds are forests (46% of the total nitrogen emissions). Accordingly, the total phosphorus runoff for the Tisza and Prut rivers was distributed as follows: the dominant share (up to 45%) comes from agricultural land, the load caused by population not connected to the sewerage systems is 36%. For the Siret River, agricultural land and forested areas are of equal shares (33%) among the sources of phosphorus compounds.

**Keywords:** *emission, nutrients, organic substances, diffuse sources, pollution, anthropogenic load.*

**In cites:** Ukhan Olha, Klebanov Denys, Nabyvanets Yurii, Osadcha Nataliia, Verkhulevska Tetiana (2024). Nutrient and organic substances emissions from diffuse sources to the rivers of Ukrainian Carpathians Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 414-423. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-31>

**Introduction.** Economic activity in the catchment area of rivers quite often leads to a negative impact on the overall state of aquatic ecosystems. In the hydrometeorological practice of Ukraine, the assessment of the impact of human activities was most frequently performed based on the sanitary and hygienic principles (MPC, DSTU) and took into account mainly the impact of point pollutants for which monitoring observations were conducted [10, 11]. Point sources (e.g., wastewater outlets) are relatively constant in terms of flow rates, easily identifiable by location, with a constant list and concentrations of pollutants depending on the type of activity and production.

Diffuse pollution combines both anthropogenic and natural components. That is, its level depends not only on the anthropogenic load, but is also determined by climatic, hydrological conditions, properties of the underlying surface and soils [3, 9]. In terms of the nature of substance inflow, the anthropogenic component of diffuse pollution is represented by rural runoff, wash off from agricultural land and built-up areas. Inputs from forested areas, meadows and pastures (covered mainly with grass vegetation), as well as atmospheric deposition on the water surface are associated with the influence of natural factors [10, 13].

Among the various components of the chemical composition of water entering water bodies from both point and distributed sources, organic matter and nutrients are of major concern. Phosphorus and nitrogen compounds play a dominant role among other biogenic elements.

Under conditions of excessive concentrations of biogenic and organic substances, aquatic ecosystems are characterized primarily with intensive development of algae and cyanobacteria, which convert nutrients into biomass. Their rapid reproduction causes "blooming" of water, which leads to oxygen deficiency (anaerobic conditions). This creates favorable conditions for the development of pathogenic microflora and pathogens. Organic pollution has a negative impact on the ecosystem as a whole, the use of water for irrigation, fisheries, etc. [14, 23, 27]

Preventing the inflow of organic matter and nutrients into water ecosystem is one of the important factors to minimize eutrophication of aquatic ecosystems and maintaining of surface water quality.

The Danube is the second largest river in Europe, with a basin covering the territory of 19 countries. It is an important European transportation artery with the status of an international transport corridor [4, 5, 16]. The intensive use of the Danube's waters in various sectors of the economy has affected the state of its ecosystem. The action plans of the Danube River Basin protection have significantly reduced the anthropogenic load and pollutant in-

flows [19]. At the same time, the river ecosystem has not reached a "good" ecological status.

The area of the Danube within the territory of Ukraine is 4.5% and is divided into the 170 km-long Lower Danube sub-catchment (including the river delta and the upstream riparian area) and the basins of the Tisza, Prut, and Siret rivers [1, 4] within the Carpathian region. The sub-basins of the Tisza, Prut, and Siret rivers are represented by the mountainous or folded region and foothills of the Ukrainian Carpathians. Numerous watercourses originating in the Carpathians contribute to the spread of erosive and accumulative landforms. The Tisza sub-basin collects water from the territory of five states; within Ukraine, the catchment area is 11.3 thousand km<sup>2</sup>, with a total area of 157.2 thousand km<sup>2</sup> [4, 5, 8]. The main rivers of the region - the Tisza, Prut, and Siret - are located within 4 regions of the country (Zakarpattia, Chernivtsi, Ivano-Frankivsk and Lviv) and account for 3.8% of the total area of the Danube basin or 9.4% of the territory of Ukraine [1, 20, 21].

In terms of water supply, the Carpathian region is a leader in the country. The region's water resources are used in the following areas: 1) drinking and domestic water supply and sewerage; 2) agriculture; 3) industry; 4) fisheries; 5) recreation; 6) environmental water use [1, 4, 22].

Water resources are represented by rivers, lakes, ponds, and reservoirs. The density of the river network ranges from 0.2 to 1.7 km/km<sup>2</sup>. The water supply of settlements, industrial enterprises and agricultural farms is provided mainly by groundwater. At the same time, the use of natural water is insignificant due to the complex hydrological regime of rivers, which leads to a shortage in water supply for various industries and population. Almost 70% of the total number of rivers are located in the mountainous areas. [1, 4, 20].

The Carpathian socio-economic region is a part of the Southwestern Economic Region of Ukraine and is characterized with an average level of economic development. The region's characteristic of natural features includes a complex topography and the existence of different zones based on climatic and landscape features, as well as differences in hydrological and hydrochemical regimes in certain river sections [19, 20]. The complex geostructure and the resulting geolithological basement (mountainous, folded region and foothills of the Ukrainian Carpathians) determine the diversity and richness of the region's subsoil, from mineral waters to oil and gas production [4, 5].

The total area of land in the Carpathian region is 11063 thousand hectares (18% of the total in the country) [2]. The main use of land is mainly related to agriculture and forestry, as well as nature reserves and urbanized areas. The Carpathian region ac-

counts for 21% of the total land area of the Ukrainian forests. The Carpathian forests play an important role in climate change mitigation, water protection, water regulation, and soil protection. The Carpathian region ranks second (after Donetsk) in terms of population density: in the plains it is 103.3 people per km<sup>2</sup>, and in the mountainous areas - 38.3 people per km<sup>2</sup>. The intensive impact of human production activities has significantly affected the natural state of the landscapes [2, 15, 20].

As a result of intensive agricultural development, large areas (especially in the Tisza River floodplain) have been converted into agricultural land and pastures. The intensive use of fertilizers and agrochemicals has led to soil and surface water pollution, and to increased eutrophication of water bodies due to the influx of organic matter and nutrients. The disturbance of soil covers due to plowing and regular deforestation also leads to a significant leaching of these substances. After deforestation, soils remain poorly fertile and are exposed to the adverse effects of direct sunlight and heavy rains. Floods, flash floods, and salt fluxes have become more frequent, leading to the erosion of small river channels and increased nutrient and organic matter removal. Mudflows are observed in the Prut and Siret River basins, especially in the mountainous part of the Prut basin [8, 24, 27].

**The purpose of study.** The unsatisfactory ecological condition of the Danube requires further research of the Carpathian region rivers of the Danube River Basin District to assess the load of water with nutrients and organic matter from various sources and their impact on the overall condition of the rivers. Given such a feature of diffuse sources as dispersion within the river basin (as opposed to point sources) and the dependence of the pollution level on not only anthropogenic impact, the issue of diffuse pollution of surface waters of the basin by inorganic nitrogen, phosphorus, and organic matter is important and relevant and determines the purpose of our study.

**Analysis of the latest research and publications.** The Danube River Basin is one of the most studied in Ukraine. The results of studies of the hydrological regime and chemical composition are presented in numerous textbooks and monographs, as well as in specific publications. Thus, the hydrological characteristics of the basin are widely presented in scientific papers by V. Vyshnevsky, Zh. Shakirzanova, and V. Hrebiny. The study of the anthropogenic load on the European part of the Danube is presented in Ottavia Zoboli's publications. The characteristics of hydrochemical regime formation and runoff of chemical elements in the Danube basin within the Ukrainian Carpathians and the lower part of the Danube are presented in publica-

tions by N. Osadcha, D. Klebanov [3, 4, 8, 22]. The study of the impact of diffuse sources and the characteristics of pollutant load of surface water bodies in general are presented in [6-7, 11, 12, 17].

One of the significant results of studying the flow of nutrients to surface water bodies was the development of methodology for assessing their load is presented in [6].

As of today, studies of the quantitative and qualitative diffuse load characteristics of river basins in Ukraine are extremely insufficient. In particular, for Ukraine within the Danube sub-basin, which covers the Carpathian region, diffuse load calculations have not been carried out before. That is why the main objectives of this work are:

- to research the main ways of mentioned substances entering the rivers of the Carpathian region (within Ukraine), according to the developed conceptual scheme;

- to identify the dominant sources of nutrients and organic matter emissions to the surface water of rivers.

**Materials and methods.** The organic matter and nutrients monitoring data provided by the Danube Hydrometeorological Observatory of the State Emergency Service of Ukraine for 2018 were used for calculations. Chosen year was close to the average water content in the long-term context and represented the largest amount of data on hydrochemical parameters for emission calculations. It should also be noted that since 2018, 29 more cities have been equipped with primary and secondary (microbiological) treatment facilities in the Tisza, Prut, and Siret sub-basins, which, in our opinion, could change the share of nutrients and organic matter in the emission sources.

To analyze the load of water bodies by diffuse sources, a model was used that took into account the main pathways of substance income, i.e., from atmospheric precipitation, with water runoff from arable land, forests, meadows and pastures, built-up areas, as well as from the population of rural regions not connected to sewage systems. The total supply of nutrients within a particular catchment was determined according to the methodology presented in [9, 12]. Taking into account that the purpose of the study is to evaluate the diffuse load, the emission fluxes of nutrients from wastewater treatment plants of urban agglomerations, industrial and agricultural enterprises were not considered in calculations.

To obtain the daily concentrations of nutrients and organic substances, we applied a graphical interpolation of the available monitoring data using an approximating polynomial.

According to [9, 18, 25], an important factor in the formation of the anthropogenic component of the diffuse load on surface water bodies is the type



of land cover. To determine the main landscape units within the Danube River basin, a digital map was developed based on Landsat8 multispectral images

obtained from (USGS EarthExplorer/<https://earthexplorer.usgs.gov/>) for 2018. The results are presented in Table 1.

Table 1

Danube River basin main land cover types, km<sup>2</sup>

Land cover types	Tisza	Siret	Prut	Lower Danube
Arable land	3821,7	699,2	4178,7	4427,8
Grass vegetation (meadows and pastures)	3263,5	269,5	1504,4	717,9
Forests	5634,3	1093,8	3566,8	17,7
Waterlogged areas	0,34			440,9
Built-up areas	8,07		7,8	29,1
Opened areas	0,82		14,7	212,5
Water surface	8,42	0,20	12,5	569,9

The organic matter load from the rural population was assessed by the calculation method using the adjusted coefficients of organic matter intake due to the vital activity of 1 person. In line with the recommendation of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the level of organic matter generation expressed via indirect indicator BOD<sub>5</sub> in urban wastewater was proposed to be 50 g/day per person [2, 19, 21]. The level of organic matter content expressed by COD indicator was calculated using the conversion factor of BOD<sub>5</sub> to COD (1.7). Accordingly, the value of 85 g/day per person was used to calculate the organic matter load.

Also, to estimate the input of nutrients and to compare possible changes we used the semi-empirical conceptual model MONERIS [26, 27] using observation data from the Transboundary National Monitoring Network (TNMN), established under the program of the International Commission for the Protection of the Danube River for certain years (2012, 2018).

**Results and discussion.** Based on the analysis of the main types of land use within the studied river basins, we can conclude a certain disproportion both between them and for the river basins. For the Tisza and Siret rivers, almost half of the basin area (>45%) is occupied by forests, while for the Prut River, the same percentage of the area is cultivated for agricultural production.

*Organic substances.* A comparative analysis of the average annual concentrations has indicated that during the period 2012-2018, the content of organic substances estimated via COD values decreased from 17.1 to 14.8 mg O<sub>2</sub>/l for the Tisza River; from 14.2 to 12.6 mg O<sub>2</sub>/l for the Prut River. Similar trends were observed for the BOD<sub>5</sub> indicator - its values did not exceed the critical limits (5-7 mg O/l).

The significance of diffuse sources for organic pollution of the Danube basin rivers was assessed in terms of their sources of supply. Given that precipitation has virtually no effect on the migration of or-

ganic matter in surface waters, this source can be neglected. It is known from previous studies [11, 12] that the main source of organic compounds is the households of the predominantly rural population that are not connected to sewage systems. Within the Tisza, Prut, and Siret River basins, there are a total of about 1,200 villages and towns. Drainage in such households is carried out on the relief by accumulation in sedimentation pits. According to the calculations, 11853 tons of organic substances per year (by BOD<sub>5</sub> indicator) and 20149 tons of organic substances per year by COD indicator) are discharged to the surface water of the studied rivers from distributed sources. The spatial distribution of organic substances load in the rivers of the study basin from rural settlements is shown in Fig. 1.

The Prut and Tisza River basins play a key role in organic pollution. Up to 50% of the total organic substances load among the studied rivers of the Carpathian region is formed within their boundaries. Most likely, this distribution of the load can be explained by the fact that the ratio of the number of settlements without sewage systems to the area of a that particular sub-basins is the highest.

*Nutrients.* As of 2018, the average annual content of nitrogen compounds in the water of the Tisza River, Prut River, and Siret River equaled to 0.58, 0.62, and 0.78 mg N/l respectively. The emission flow of nitrogen compounds from the territory of these river basins was equal to 12878 t/year, 5807 t/year and 3193 t/year, respectively. The distribution of the main sources of nitrogen is shown in Fig. 2.

The sources of nitrogen emissions are distributed as follows: more than 50% came from agricultural land (for the Prut and Tisza rivers), and 46% from forested areas (for the Siret River). Forests consume a large amount of nutrients for their growth, and it is the forested areas that make the main contribution to nitrogen migration within the watershed. According to the calculations, the supply of nitrogen compounds with atmospheric precipitation and from the



Fig. 1. Spatial distribution of the Danube River basin water pollution by organic substances from the rural population

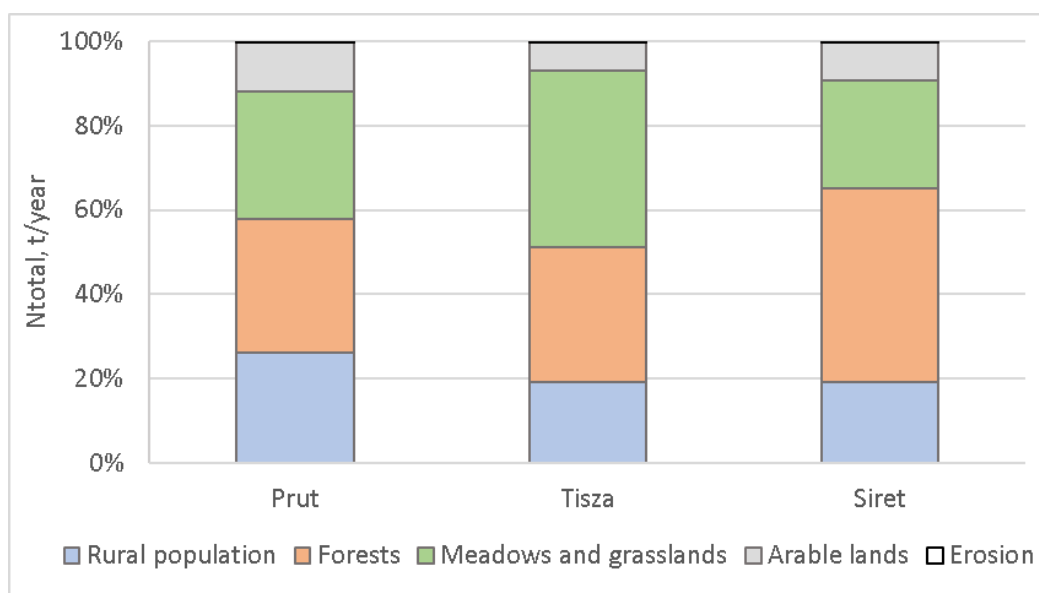


Fig. 2. The main sources of nitrogen compounds emission to the rivers of the Danube basin

built-up area for these basins is insignificant (<1%), therefore these data were neglected on the chart (Fig. 2).

The significant influence of agricultural sources on the runoff of nitrogen compounds is manifested in the ratio of the main forms of nitrogen in aqueous solution. For the Tisza, Prut, and Siret rivers, the nitrate form of nitrogen accounted for 78%, 42%, and 32% of the total, respectively; ammonium - 21%, 55%, and 66%; nitrite - 0.5%, 3.2%, and 3%, respectively. The dominance of the nitrate form of nitrogen, in our opinion, indicates the influence of mainly diffuse sources, primarily of agricultural origin. The predominance of the ammonium form of nitrogen in the water of the Prut and Siret rivers is most likely due to the influence of point sources - industrial and household wastewater. It should be

noted that, according to previous studies [5, 9, 11], the dominant share of the total amount of wastewater inflows belongs to municipal wastewater.

The average annual content of mineral phosphorus for the Tisza, Prut, and Siret rivers was in the range of 0.02 - 0.04 mg P/l. According to calculations, the total load of phosphorus compounds for the rivers listed above is 71.6 t/year, 61.2 t/year and 12.6 t/year, respectively. By source, the total phosphorus runoff for the Tisza and Prut rivers was distributed as follows: the dominant share (up to 45%) comes from agricultural land, the load from the population without sewerage systems is 36%. For the Siret River, agricultural land and forested areas account for equal shares (33%) among the pathways of phosphorus compounds (Fig. 3).

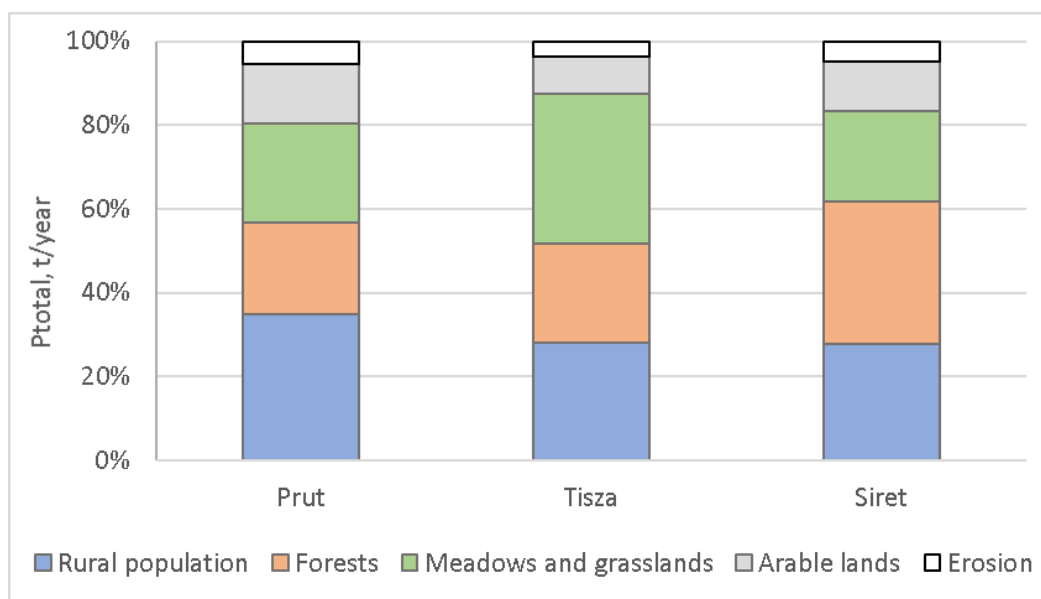


Fig. 3. The main sources of phosphorus compounds emission to the rivers of the Danube basin

It should be noted that for phosphorus compounds (as opposed to nitrogen compounds), a slightly higher percentage (up to 11%) of its emissions is observed due to erosion processes. This process is affected by the peculiarities of phosphorus behavior in soils: once it gets into the soil with mineral fertilizers, it is quickly adsorbed by the minerals of the soil-forming rocks and retained by them for a long time. The high level of land plowing and the significant development of erosion processes contribute to the migration of phosphorus compounds as a part of suspended particles [14, 15, 23, 27].

Along with the direct calculation of nutrient runoff, we modeled the flow of nutrients from the territory of the Ukrainian part of the Tisza, Prut, and Siret rivers using the semi-empirical conceptual model MONERIS. The model is based on the balance principle, which takes into account the main

pathways of nutrient inputs and outputs within the Danube watershed [25, 26]. The MONERIS model allows estimating the supply of common forms of nutrients. The total nitrogen ( $N_{total}$ ) and phosphorus ( $P_{total}$ ) were defined as the total amount of their inorganic and organic forms. According to TNMN data, the relative content of inorganic nitrogen forms in the studied water bodies is 55%, organic - 45%; for phosphorus - 36% and 64%, respectively.

According to the modeling results, in 2012 the water of the Tisza and Prut rivers received 14.1 thousand tons of total nitrogen and 1.1 thousand tons of total phosphorus. In 2018, the total input of  $N_{total}$  to surface waters from the Tisza, Prut, and Siret rivers was 20.9 thousand tons/year (with a runoff rate of  $0.08 \text{ t/km}^2 \cdot \text{year}$ ), and phosphorus - 0.33 thousand tons/year ( $0.9 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{year}$ ) (Table 2).

It should be noted that for the surface waters of

Table 2  
Nitrogen and phosphorus compounds inflow to the Tisza and Prut rivers (thousand tons per year)

River	$N_{total}$		$P_{total}$	
	2012	2018	2012	2018
Tisza	8,1	9,9	0,47	0,13
Prut	5,9	9,2	0,57	0,17
Siret	-	1,6	-	0,03
<b>Sum</b>		<b>20,9</b>		<b>0,33</b>

the studied rivers, there was an increase in the content of  $N_{total}$  compounds (on average by 27%) compared to the data of 2012. On the other hand, the content of  $P_{total}$  compounds decreased (by 30% on average). Earlier calculations in [4, 11] show that the dominant part of nitrogen is of agriculture origin (41%), while for phosphorus the origin was the influence of municipal wastewater (54%). Conse-

quently, decrease of  $P_{total}$  can be explained by the implementation in Ukraine measures aimed at reducing the flow of nutrients and organic matter directly from municipal wastewater as it was done by EU countries. Among the studied watersheds, a significant increase in total nitrogen compounds was observed for the Prut River, which could be due to the impact of municipal wastewater. The Chernivtsi

wastewater treatment plant operates inefficiently due to outdated equipment, which leads to discharges of untreated or insufficiently treated wastewater.

**Conclusions.** The main source of organic substances in the surface water of the Carpathian region rivers is agricultural households locating within rural settlements that are not equipped with sewage systems. The impact of other factors is insignificant. The Prut and Tisa River basins play a key role in organic pollution (up to 50% of the total organic substances load).

Nutrient emissions are distributed by source as follows. For the Tisza and Prut rivers, more than

50% of the total nitrogen compounds emissions come from agricultural land, and for the Siret River the source of nitrogen compounds are forests (46% of the total nitrogen emissions).

Accordingly, the total phosphorus runoff for the Tisza and Prut rivers was distributed as follows: the dominant share (up to 45%) comes from agricultural land, the load from the population without sewerage systems is 36%. For the Siret River, agricultural land and forested areas account for equal shares (33%) among the sources of phosphorus compounds. The influence of other factors is much smaller.

### Bibliography

1. Дунайская комиссия. Общие сведения о реке Дунай. URL: <https://www.danubecommission.org/dc/ru> (дата звернення 11.03.2024)
2. Європейська Економічна комісія. Конвенція про охорону та використання транскордонних водотоків і міжнародних озер. Перша оцінка стану транскордонних річок, озер і підземних вод ЄЕК ООН. URL: <https://unece.org/environment-policy/water> (дата звернення 28.20.2024).
3. Клебанов Д.О. Аналіз існуючої системи моніторингу і порівняння її з системою моніторингу "EUROWATERNET", яку пропонує Європейський Союз на прикладі української частини басейну річки Дунай [Текст] / Д. О. Клебанов // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2002. - Т.3. - С. 37-43.
4. Клебанов Д.О. Стік розчинених речовин у басейні р. Дунай у межах України в сучасний період: дис. канд. геогр. наук спец. 11.00.07 "Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія" [Текст] / Д.О. Клебанов. – Київ, 2019. - 220 с.
5. Кравців В.С. Екологічна безпека та природно-ресурсний потенціал Карпатський регіон [Текст] / В.С. Кравців. Національна академія наук України. Інститут регіональних досліджень. Серія «Проблеми регіонального розвитку». Монографія. - Том 1, 2013. – 335 с.
6. Лузовіцька Ю.А., Кошкіна О.В., Осадча Н.М. Вплив водного стоку на формування виносу біогенних елементів у басейні річки Десни [Текст] / Ю.А. Лузовіцька, О.В. Кошкіна, Н.М. Осадча // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2014 – Т.2. – Вип. №33. – с.37-45.
7. Лузовіцька Ю. А., Осадча Н.М., Осадчий В.І. Винос біогенних елементів з басейну річки Десни [Текст] / Ю. А. Лузовіцька, Н.М. Осадча, В.І. Осадчий // Наукові праці УкрНДГМІ, 2011. – Вип. 261. – С. 117-138.
8. Осадчая Н.Н., Клебанов Д.А. Оценка выноса биогенных элементов с водосборной площади Дуная в современный период (1989-2012 гг.), основные факторы его формирования и пути регулирования [Текст] / Н.Н. Осадчая, Д.А. Клебанов // Наукові праці УкрНДГМІ. -К., 2016. - Вип. 268. - С.58-66.
9. Осадча Н.М., Лузовіцька Ю.А., Ухань О.О. Методика оцінки навантаження поверхневих водних об'єктів біогенними елементами [Текст] / Н.М. Осадча, Ю.А. Лузовіцька, О.О., Ухань, С.В. Білецька, А.С. Бончковський, В.І. Осадчий // Український географічний журнал. - К., 2022 (4). - С.37-48. <https://doi.org/10.15407/ugz2022.04.037>.
10. Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б., Яцюк М.В. Аналіз оцінки якості води в Україні та основні завдання її адаптації до Європейського законодавства. [Текст] / Н.М. Осадча, Ю.Б. Набиванець, М.В. Яцюк // Наукові праці УкрНДГМІ. – К., 2013. - Вип. 265. - С.46-53.
11. Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б., Гребінь В.В. та ін. Розроблення плану управління басейну Дніпра в межах України: фаза 1, крок 2 - аналіз антропогенного навантаження та його впливу, оцінка ризику, екологічні цілі для масивів поверхневих вод [Текст] / Н.М. Осадча, Ю.Б. Набиванець, В.В. Гребінь та ін // European Union Water Initiative Plus for Eastern Partnership Countries (EUWI-EAST-UA-14), 2020. Технічний звіт. 132 с. [https://www.euwipluseast.eu/images/2019/07/PDF/2\\_UA\\_EUWI\\_Dnipro\\_20190226\\_web\\_c.pdf](https://www.euwipluseast.eu/images/2019/07/PDF/2_UA_EUWI_Dnipro_20190226_web_c.pdf).
12. Осадча Н.М., Ухань О.О., Чехній В.М, Голубцов О.Г. Оцінка емісії біогенних елементів та органічних речовин у поверхневі води басейну р. Сіверський Донець від дифузних джерел [Текст] / Н.М. Осадча, О.О. Ухань, В.М. Чехній, О.Г.Голубцов // Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. - К.: Ніка-центр, 2019. - С.192-200.
13. Осадчий В.І. Основні тенденції формування хімічного складу поверхневих вод України у 1995–1999 рр. [Текст] / В.І. Осадчий // Наук. праці УкрНДГМІ, 2000. – Вип. 248. - с. 138-153.
14. Осадчий В.І. Набиванець Б.Й., Линник П.М., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод [Текст] / В.І. Осадчий Б.Й. Набиванець, П.М. Линник, Н.М. Осадча, Ю.Б. Набиванець // К: Ніка-Центр, 2014. - с. 240.
15. Швец Г. І., Антонова С. О., Ігошина В. І. Охорона ґрунтів від ерозійного руйнування в басейнах річок і водойм України [Текст] / Г. І. Швец, С. О. Антонова, В. І. Ігошина та ін. // Вісник ОНУ, 2003. - Т.8.-Вип. 5. - С. 116-128.

16. Экологическая программа действий для бассейна Дуная. Стратегический план действий. ч. 3. Проблемы и приоритеты. *International Commission for the Protection of the Danube River*. URL: <http://www.danubecommission.org/> (дата звернення 15.02.2024).
17. Behrendt H. Inventories of point and diffuse sources and estimated nutrient loads. A comparison for different river basins in Central Europe / H. Behrendt // *Wat. Sci. Technol.*, 1996. - №33. - P. 99–107.
18. Behrendt H., Korbmilch M. Estimation of the nutrient input into River system – experiences from German rivers [Text] / H. Behrendt, M. Korbmilch // *Regional Environmental Changes*, 2002. - №3. - P. 107–117.
19. Convention on Cooperation for the Protection and Sustainable use of the Danube River (Danube River Protection Convention). *International Commission on Danube River Protection ICDPR*. 998. signed on June 29, 1994. URL: <https://www.icpdr.org/danube-river-protection-conventio> (дата звернення 12.03.2024).
20. Dimova G., Steidl C., Kaps R. Critical review of current national policies regarding hazardous substances water pollution in the Danube River basin. Report of the INTERREG project / G. Dimova, C. Steidl, R. Kaps etc. // URL: [https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved\\_project\\_output/0001/56/e5303ecfba680e4d0c2d296a75d163dae6d29f27.pdf](https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/56/e5303ecfba680e4d0c2d296a75d163dae6d29f27.pdf) (дата звернення 12.03.2024).
21. Joint Danube Survey 2. Final Scientific Report. Results of the ICPDR Municipal Emission Inventory 2006 and 2007/2008. [https://www.danubesurvey.org/jds2/files/ICPDR\\_Technical\\_Report\\_for\\_web\\_low\\_corrected.pdf](https://www.danubesurvey.org/jds2/files/ICPDR_Technical_Report_for_web_low_corrected.pdf)
22. Klebanov D., Osadcha N. The ion runoff of the lower Danube River and estimation of the state by mineralization [Text] / D. Klebanov, N. Osadcha // XXVIIInd Conference of Danubian countries on the Hydrological forecasting and Hydrological Bases of water management, 26-28 September 2017 p., Golden Sands, Bulgaria, - P.94.
23. Osadchyi V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Processes Determining Surface Water Chemistry [Text] / V. Osadchyi, B. Nabyvanets, P. Linnik, N. Osadcha, Yu. Nabyvanets // Springer, 2016. - 240 p.
24. Osadchyi V., Osadcha N., Ukhan O., Nabyvanets Yu., Klebanov D. Chemical composition and water quality in the rivers of the Danube and Dnieper basins under anthropogenic pressure and climate changes [Text] / V. Osadchyi, N. Osadcha, O. Ukhan, Yu. Nabyvanets, D. Klebanov // XXVIII conference of the Danubian countries, Kyiv, Ukraine, November 6-8, 2019. – P. 68
25. Osypov V, Osadcha N, Osadchyi V. SWAT model application for simulating nutrients emission from an agricultural catchment in Ukraine [Text] / V. Osypov, N. Osadcha, V. Osadchyi // *Forum Geographic*, 2016. – P. 30-38.
26. Venohr M., Hirt U. Modelling of Nutrient Emissions in River Systems – MONERIS – Methods and Background [Text] / M. Venohr, U. Hirt // *International Review of Hydrobiology*, 2011. –96 (5). – P. 435-483.
27. Zoboli O., Viglione A., Rechberger H., Zessner M. Impact of reduced anthropogenic emissions and century flood on the phosphorus stock, concentrations and loads in the Upper Danube [Text] / O. Zoboli, A. Viglione, H. Rechberger, M. Zessner // *Sci Total Environ*, 2015. – P. 518–519, P. 117–129.

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

### References

1. The Danube Commission. General information about the Danube River. URL: <https://www.danubecommission.org/dc/ru> (data access 11.03.2024).
2. European Economic Commission. Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. First assessment of the state of transboundary rivers, lakes and groundwater of the UNECE. URL: <https://unece.org/environment-policy/water> (data access 28.20.2024.) [in Ukrainian]
3. Klebanov D.O. (2002). Analysis of the existing monitoring system and its comparison with the "EUROWATERNET" monitoring system proposed by the European Union on the example of the Ukrainian part of the Danube River basin. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. 3, 37-43. [in Ukrainian]
4. Klebanov D.O. (2019). The flow of dissolved substances in the basin of the Danube River within the borders of Ukraine in the modern period. PhD diss. in geographic sciences - 11.00.07 "Hydrology, water resources, hydrochemistry". Kyiv, 220. [in Ukrainian]
5. Kravtsiv V.S. (2013). Ecological safety and natural resource potential of the Carpathian region. National Academy of Sciences of Ukraine. Institute of Regional Studies. Series "Problems of regional development". Monograph, 1, 335. [in Ukrainian]
6. Luzovitska Yu.A., Koshkina O.V., Osadcha N.M. (2014). The influence of water flow on the formation of nutrients removal in the basin of the Desna River. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. 2, 33, 37-45. [in Ukrainian]
7. Luzovitska Yu. A., Osadcha N. M., Osadchyi V. I. (2011). Nutrients removal from the Desna River basin. *Scientific works of UHMI*. 261, 117–138. [in Ukrainian]
8. Osadcha N.N., Klebanov D.A. (2016). Assessment of nutrients removal from the Danube catchment area in the modern period (1989-2012): main factors of its formation and ways of regulation. *Scientific works of UHMI*. 268, 58-66. [in Ukrainian]
9. Osadcha N.M., Luzovitska Yu.A., Ukhan O.O., Biletska S.V., Bonchkovskiy A.S., Osadchyi V.I. (2022). Methodology for assessing the loading of surface water bodies with biogenic elements. *Ukrainian Geographical Journal*. K., (4), 37-48. <https://doi.org/10.15407/ugz2022.04.037>

10. Osadcha N.M., Nabyvanets Y.B., Yatsyuk M.V. (2013). Analysis of water quality assessment in Ukraine and the main tasks of its adaptation to European legislation. *Scientific works of UHMI*. K., 265, 46-53. [in Ukrainian]
11. Osadcha N.M., Nabyvanets Y.B., Grebin V.V. etc. (2020). Development of a management plan for the Dnipro basin within Ukraine: phase 1, step 2 - analysis of anthropogenic load and its impact, risk assessment, environmental goals for surface water bodies. *European Union Water Initiative Plus for Eastern Partnership Countries (EUWI-EAST-UA-14)*. Technical report, 132. [in Ukrainian]
12. Osadcha N.M., Ukhan O.O., Chehnii V.M., Golubtsov O.G. (2019). Assessment of the emission of biogenic elements and organic substances into the surface waters of the Siverskyi Donets basin from diffuse sources. *Problems of hydrology, hydrochemistry, hydroecology*. Monograph. K., 192-200. [in Ukrainian]
13. Osadchyi V.I. (2000). The main trends in the formation of the chemical composition of surface waters of Ukraine in 1995–1999. *Scientific works of UHMI*, 248, 138-153. [in Ukrainian]
14. Osadchyi V.I. Nabyvanets B.Y., Lynnyk P.M., Osadcha N.M., Nabyvanets Y.B. (2014). Processes of forming the chemical composition of surface water. K., 240. [in Ukrainian]
15. Shwebs G. I., Antonova S. O., Igoshina V. I. and others (2003). Protection of soils from erosive destruction in the basins of rivers and reservoirs of Ukraine. *Bulletin of ONU*. 8, 5, 116-128. [in Ukrainian]
16. Environmental action program for the Danube basin. Strategic action plan. part 3. Problems and priorities. *International Commission for the Protection of the Danube River*. URL: <http://www.danubecommission.org/> (data access 15.02. 2024)
17. Behrendt H. (1996) Inventories of point and diffuse sources and estimated nutrient loads. A comparison for different river basins in Central Europe. *Wat. Sci. Technol.* 33, 99-107.
18. Behrendt H., Korbmilch M. (2002). Estimation of the nutrient input into River system – experiences from German rivers. *Regional Environmental Changes*. 3, 107-117.
19. Convention on Cooperation for the Protection and Sustainable use of the Danube River (Danube River Protection Convention). *International Commission on Danube River Protection ICDPR*. 998. signed on June 29, 1994. 22. URL: <https://www.icpdr.org/danube-river-protection-conventio> (data access 12.03.2024)
20. Dimova G., Steidl C., Kaps R. (2022). Critical review of current national policies regarding hazardous substances water pollution in the Danube River basin. Report of the INTERREG project. URL: [https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved\\_project\\_output/0001/56/e5303ecfba680e4d0c2d296a75d163dae6d29f27.pdf](https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/56/e5303ecfba680e4d0c2d296a75d163dae6d29f27.pdf) (data access 12.03.2024)
21. Joint Danube Survey 2. Final Scientific Report. Results of the ICPDR Municipal Emission Inventory 2006 and 2007/2008. [https://www.danubesurvey.org/jds2/files/ICPDR\\_Technical\\_Report\\_for\\_web\\_low\\_corrected.pdf](https://www.danubesurvey.org/jds2/files/ICPDR_Technical_Report_for_web_low_corrected.pdf)
22. Klebanov D., Osadcha N. (2017). The ion runoff of the lower Danube River and estimation of the state by mineralization. XXVIIInd Conference of Danubian countries on the Hydrological forecasting and Hydrological Bases of water management, 26-28 September 2017, Golden Sands, Bulgaria, 94.
23. Osadchy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Ju. (2016). *Processes Determining Surface Water Chemistry*. Springer, 240.
24. Osadchyi V., Osadcha N., Ukhan O, Nabyvanets Yu., Klebanov D. (2019). Chemical composition and water quality in the rivers of the Danube and Dnieper basins under anthropogenic pressure and climate changes. XXVIII conference of the Danubian countries, Kyiv, Ukraine, November 6-8, 2019, 68.
25. Osypov V, Osadcha N, Osadchyi V. (2016) SWAT model application for simulating nutrients emission from an agricultural catchment in Ukraine. *Forum Geographic*, 30-38.
26. Venohr M., Hirt U. (2011) Modelling of Nutrient Emissions in River Systems – MONERIS – Methods and Background. *International Review of Hydrobiology*. 96 (5), 435-483.
27. Zoboli O., Viglione A., Rechberger H., Zessner M. (2015). Impact of reduced anthropogenic emissions and century flood on the phosphorus stock, concentrations and loads in the Upper Danube. *Sci Total Environ*. 518-519, 117-129.

## Надходження біогенних елементів та органічних речовин від дифузних джерел до річок Українських Карпат

Ольга Ухань <sup>1</sup>

к. геогр. н., зав. лабораторії регіональних гідрохімічних досліджень,

<sup>1</sup> Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, Київ, Україна;

Денис Клебанов <sup>1</sup>

к. геогр. н., ст. наук. співробітник;

Юрій Набиванець <sup>1</sup>

к. геогр. н., заступник директора з наукової частини;

Наталія Осадча <sup>1</sup>

д. геогр. н., зав. відділу гідрохімії;

Тетяна Верхулевська <sup>1</sup>

провідний інженер

Перехід від територіально-адміністративного до басейнового управління водними ресурсами в Україні вимагає оцінки навантаження водних об'єктів забруднюючими речовинами комплексно від дифузних та точкових джерел. Характерною особливістю дифузного забруднення є те, що його рівень у багатьох випадках визначається кліматичними, гідрологічними умовами, властивостями підстильної поверхні і ґрунтів. Серед різноманітних компонентів хімічного складу вод, які надходять до водних об'єктів найбільшу увагу привертають органічні речовини та біогенні елементи. В роботі представлено результати системних досліджень щодо кількісної оцінки сучасного стану та виносу біогенних елементів та органічних речовин поверхневими водами р. Дунай у межах Української частини Карпат - річок Тиса, Прут та Сірет. Карпатський соціально-економічний регіон має власні природні особливості та вирізняється широким спектром використання водних ресурсів у багатьох сферах господарської діяльності. Незадовільний екологічний стан Дунаю вимагає додаткових досліджень змін хімічного складу води під впливом природних та антропогенних чинників у межах його української частини, що й зумовило актуальність даної роботи. Для оцінки навантаження водних об'єктів від дифузних джерел розроблено концептуальну схему, яка дозволяла врахувати основні шляхи надходження речовин - від атмосферних опадів, з водним стоком з орних земель, лісів, луків і пасовищ, забудованих територій, виходів порід, а також від населення сільських регіонів не облаштованих каналізацією. Основним джерелом надходження органічних речовин до поверхневих вод річок Карпатського регіону є господарства в межах сільських поселень, не обладнаних каналізацією. Ключову роль у забрудненні органічними речовинами відіграють басейни річок Прут та Тиса. За джерелами надходження емісія біогенних елементів розподіляється наступним чином. Для річок Тиса та Прут більше 50% загальної емісії сполук нітрогену припадає на території сільськогосподарських угідь, для р. Сірет - 46% - для лісових масивів. За джерелами надходження загальний стік фосфору для річок Тиса та Прут розподілявся наступним чином: домінуюча частка - до 45% - надходить за рахунок внеску сільськогосподарських земель, навантаження від населення, необладнаного каналізаційними системами становить 36%. Для р. Сірет у рівних долях - 33% - серед шляхів надходження сполук фосфору вирізняються сільськогосподарські угіддя та території, вкриті лісами. Вплив решти чинників є значно меншим.

**Ключові слова:** емісія, біогенні елементи, органічні речовини, дифузні джерела, забруднення, антропогенне навантаження

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 15 березня 2024 р.

Прийнята 21 травня 2024 р.

## Problems of optimizing the production and export of environmentally friendly consumer products in Azerbaijan

*Ilgar Khalilov*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor,

<sup>1</sup> Azerbaijan State University of Economics, Baku, Azerbaijan,

e-mail: [xalilov.ilqar@inbox.ru](mailto:xalilov.ilqar@inbox.ru),  <https://orcid.org/0000-0001-7617-9439>;

*Farhad Eminov*<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor,

e-mail: [eminov-f@rambler.ru](mailto:eminov-f@rambler.ru),  <https://orcid.org/0000-0001-8747-7802>

### ABSTRACT

**State of the problem.** In the article, it is justified that the provision of a green economy based on environmentalization, modernization, innovation and new technologies in the production and processing of agricultural products leads to a radical improvement of production, protection of natural capital and ecosystem services, and reduction of pollution and greenhouse gas emissions. It was noted that the regulation of agricultural production systems in the country requires the expansion of agricultural practices that increase productivity and production, contribute to the protection of ecosystems, adaptation to climate change, extreme weather events, droughts, and floods.

**Research object.** It is the production, processing, consumption and export of agricultural products of Azerbaijan.

**The purpose** of the study is to promote the production of ecologically clean and export-important consumer products in Azerbaijan and the stimulation of its export. Introducing the country to the world with branded products, attracting foreign investments to this field, increasing the population's interest in the agricultural field, and attracting innovative technology to the field are also considered important. It is the determination of the damage caused by the impact on the agricultural sector and nature due to the degradation of the growing environmental components. Minimizing losses at this stage and optimizing the development of the agro-industrial complex is one of the main factors.

**Methodology.** Generalization, historical, statistical, systematic analysis and comparison methods were used in the preparation of the article.

**Scientific novelty of the research.** Implementation of the production and processing of ecologically clean agro-industrial products that do not harm human health and the environment, regular monitoring of the ecological condition of the soil, and the provision of increasing the production and assortment of ecologically clean export-oriented food and light industrial products.

**Research results.** In the article, it is explained that the development of the green economy in Azerbaijan is an integral part of the state policy, and it occupies an important place in the state administration, on the example of export-oriented food and light industrial products. It is noted that the sustainability of the development of the green economy acts as a criterion for the production of competitive products of the state, which contributes positively to the provision of people's vital needs.

**Keywords:** *green economy, environmentally friendly, production and consumer products, agriculture, wine and juice production, silk and carpet, mineral waters.*

**In cites:** Khalilov Ilgar, Eminov Farhad (2024). Problems of optimizing the production and export of environmentally friendly consumer products in Azerbaijan. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 42-430. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-32>

**Introduction.** Agriculture occupies one of the main places in the production of consumer products in Azerbaijan. Agriculture is the main driver of food and light industry production [3]. Agricultural practices directly affect natural resources and ecosystem services [6]. Agriculture accounts for 70% of the country's fresh water consumption and consumes the majority of drinking water [4]. Intensive agricultural use of land in the country results in land degradation, which occurs both due to a decrease in the ability of the land to provide ecosystem products and services, as well as unsustainable agricultural practices, overgrazing, deforestation, and improper land use. Currently, 43% of the country's soil resources have been eroded, 500 thousand ha have been moderately or highly degraded as a result of salinization, compaction, and chemical pollution [15].

Agricultural intensification is strongly associat-

ed with biodiversity loss, land use change and forest cover reduction [1]. Forests host the majority of terrestrial biodiversity [2]. Depletion of land, water and biodiversity in Azerbaijan is slowing the growth of agricultural productivity needed to meet the rising food demand associated with climate change [17]. Additional pressure on natural resources and ecosystems in the country can hamper food production and food security. Increasing volatility in food prices will lead to increased hunger and poverty [18]. To prevent this from happening, there is a strong need to strengthen efforts that effectively address productivity and environmental trade-offs [19].

Although the transition to a green economy is difficult to ensure sustainable development in Azerbaijan's agriculture, a number of indicators should be taken into account in this field. Thus, the green



economy is considered a system of economic activity related to the production, distribution and consumption of goods and services that lead to the improvement of human well-being in the long term without exposing future generations to significant environmental risks and environmental deficiencies. Creation of additional jobs, increase in production volume, creation of new market relations, expansion of trade have a positive effect on the Gross Domestic Product (GDP) [5]. A wide range of measures aimed at eliminating or at least reducing the risks caused by climate change make a significant contribution to ensuring food security [7]. Agriculture is a highly localized activity that varies across multiple agro-climatic conditions [20]. Therefore, the solution to the problem of sustainable development and the transition to a green economy should be adapted to local conditions.

**1. Dynamics of production and export of organic food industry products.** The sustainable development of agriculture in Azerbaijan can be determined by environmental health, profitability, and an environment of social and economic equality. These include ensuring that agriculture is not harmful to the environment. At the same time, soil productivity, profitability, sustainability, soil health, water use, fertilizer and pesticide risk, biodiversity, decent employment, food security and land ownership play a key role. It also allows producers to track the progress of sustainability in agriculture across all three dimensions of sustainable development, i.e. environmental health, profitability, social and economic equity.

However, significant challenges need to be overcome to ensure sustainable agriculture in the country. It is necessary to ensure the increase of agricultural production and the management of environmental protection at the same time as the strengthening of environmental sustainability in agriculture [8]. These include promoting the adoption of sustainable technologies and improved farming practices, setting the right incentives within the country and leveraging international trade for sustainable development.

The production of wine and juice drinks in Azerbaijan is a promising field that has received an additional impetus for development with the introduction of the state policy on import substitution. Therefore, in recent years, wine and juice production is carried out in both large and small enterprises. However, in order to produce a product that will be in demand in the market, it is necessary to ensure its quality. For this, it is necessary to strictly observe high technology in the production process.

Pomegranate is one of the important export agricultural products of Azerbaijan. Pomegranate grows in the dry subtropical climate of Azerbaijan.

The taste of pomegranate is sweet and sour. Pomegranate is so specific that it cannot be confused with anything else.

Azerbaijan is continuously developing its economy in this field, the development of entrepreneurship is supported at the state level, processing industrial enterprises based on modern technologies are created, and the consumer products produced in these enterprises are exported to the world market. Pomegranate juice and pomegranate wine produced in Azerbaijan are exported to countries such as CIS, European Union countries, North America, China, Japan, Malaysia, UAE, Israel. Pomegranate products of major companies of the country have been certified organic by the KIWA GmbH Institute of the Federal Republic of Germany. At the same time, it received USDA Organic, Kosher certification, ISO 22000: 2005 Food Safety Management System, ISO 9001: 2008 Quality Management System and Halal Certification. Due to organic ISO certificates, the demand for the company's products in the world market is very high. There are 100 hectares of organic pomegranate orchards in the country. Pomegranate juice and wine grown here have a unique taste.

Due to the application of the most modern technology in the industrial enterprise, the quality of pomegranate juice and pomegranate wine meets world standards and is recognized as the national brand of Azerbaijan by exporting its high-quality products.

Experts from the California School of Medicine concluded that natural pomegranate juice is the best antioxidant drink [10]. It not only fights free radicals more effectively than red wine and green tea, but also cleanses the body of "bad" cholesterol [9]. They proved that 100% pomegranate juice is more effective than red wine, green tea, orange, grape and blueberry juice in preventing oxidative processes in the human body [12]. It has 20% higher oxidation potential than other drinks [11]. Pomegranate juice, enriched with vitamin C and tannin, primarily prevents the development of heart diseases and some types of cancer [13, 14].

The technology of making pomegranate wine at the enterprise is little different from the production of grape wine: the fruits are peeled, the seeds are separated and their juice is pressed, and then it is filled into tanks for fermentation. Fermentation is stopped after about a month when the alcohol content reaches 6-7%. Some wines are stored in oak barrels that grow in the flora of Azerbaijan. Pomegranate wine differs from grape wine in terms of color and taste. Pomegranate wines in Azerbaijan are mainly known as sweet and semi-sweet. Azerbaijani pomegranate is known for its quality not only in the region, but also in the world. Goychay re-

gion specializes in pomegranate growing. Pomegranate is consumed fresh, and pomegranate wine and pomegranate acid are also produced from it. Pomegranate contains tannins, so it is used to tan skin and make dyes. The pomegranate plant is also widely used in medicine for the preparation of various medicines. Pomegranate is a very profitable field. Thus, the first Azerbaijani consumer product sold in America was the "Grant" branded wine [21].

One of the important places in the production of consumer products in Azerbaijan is the enterprise located in Agsu district, known for juice and wine processing. White wine named "Kahreba" and pink wine named "Rubai Rose" produced by the plant are among the products exported to the world market. All products produced in Gabala, one of the ancient cities of Azerbaijan, have been awarded ISO 9001:2000, HACCP, ISO 14001:2004 international quality certificates. Equipped with advanced European technologies such as Padovan (Italy) and Tetra Pak (Sweden), the plant has an annual fruit processing capacity of 300,000 tons, and an annual fruit juice and nectar production capacity of 210,000 tons. About 100 products are produced in 7 production lines of the plant. Among them, "Jala", "ZOLOTROY SAD", "Natura" and "Baghdan" are the main brands. The entire production process meets environmental, sanitary-hygienic, safety norms and international standards. The plant has passed ISO 9001-2008 and ISO 22000 FSMS certification for quality, safety and management standards. At the same time, the plant produces organic pomegranate concentrate and pomegranate juice. ECOCERT certification was carried out for the sale of those products in the European and American markets [26].

A special brand was created to continue the traditions of caviar production in Azerbaijan, as well as to restore the Caspian ecosystem. Baku Caviar caviar, prepared by traditional method without using any artificial additives, is a real natural Azerbaijani black caviar. Black caviar is produced according to CITES certificate and ISO 1361-83, ISO 3004-1-86 international standards. Seven types of sturgeon fish are bred in the Samukh village of Barda region and in the Upper Karabakh channel. In terms of income, black caviar is second only to oil in Azerbaijan. Considering this, it is of particular importance to give special importance to entrepreneurship in the field of fishing, to give subsidies to this field, to make investments, and to apply innovations. The fact that a kilogram of black caviar in the world market is higher than a thousand US dollars requires special attention to be paid to the development of this field.

For the first time, tea planting in Azerbaijan began at the end of the 19th century, in 1896, when amateur M. O. Novoselov created experimental tea

plantations in Lankaran region. The development of tea cultivation in the Soviet period led to the fact that in 1928-1929, tea seedlings were replanted in Lankaran and Zagatala zones, and from 1932-1934, tea began to be cultivated in industrial-based plantations. In 1937, the first boxes of Azerbaijan tea were produced.

The Joint Stock Company occupies an important place in the modern production and consumption market for tea plants in the Republic of Azerbaijan. Azerbaijan tea is one of the eco-friendly consumer products produced by the joint-stock company. The first enterprise that Azersun invested in Baku was the "Sun Tea" tea factory in 1994. The factory produces black and green tea, fruit teas. The company exports tea products under the "Final", "Maryam", "Blendo", "Azerchay", "Giz Galasy" and "Teksun" brands that meet high hygienic requirements to the CIS countries. For the first time in Azerbaijan, Sun-Tea Azerbaijan received the ISO-9002 quality certificate in 1999, and the HACCP certificate confirming the absence of physical, biological and chemical hazards in 2003 [22].

"Lankaran Tea Factory No. 1" and "Astara Tea-2" OJSC primary tea processing enterprises included in the Joint Stock Company also received the certificate of the well-known European IMO-Market Research Institute. This certificate gives Azerbaijani tea the status of a bio-product and confirms that the tea complies with the requirements of biotechnology determined by the European Union during its cultivation, processing and packaging [24].

The company's packaging facilities operate in Lankaran and Astarada regions of Azerbaijan. The eco-tea packaged in those enterprises is brought to the world market under the brand "Azerchay" with the trademark "Made in Azerbaijan".

"Yashil Chay (Green tea)" LLC has about 150 hectares of green tea plantation in Lankaran. Since 2011, green tea plantations of the high-yielding "Colchida" variety have been established here. Fields are irrigated using a Dutch sprinkler system. More organic fertilizers are used in the cultivation of tea plantations, which makes the grown tea completely ecologically clean.

The raw materials used by the enterprise in the production of dry tea are supplied from plantations in Astara and Lankaran regions, which are subtropical regions of Azerbaijan. No chemical additives are used during the processing of tea grown in ecologically clean conditions. Ecological observations are carried out by the German company "LACON" in the river areas. A tea factory was also built in the Astara region based on the project of the Republic of Korea company. The factory has the capacity to process 10 tons of green tea per day. Astara tea factory was awarded ISO 9001 and ISO 14001 certifi-

cates in 2016 [23].

Azerbaijan is a country rich in mineral waters of various composition. There are high-quality both table and healing mineral waters in the country. The region of Nakhchivan is better known for its abundance of mineral waters. Sirab, Badamli, Darıdag, Vaikhr, etc. mineral waters here have been famous for many years.

"Sirab" mineral water was awarded the gold medal "For high quality in work experience" at the international forum held in Geneva, Switzerland in May 2005, and the gold medal at the XII international exhibition held in the Republic of Ukraine in October 2009. In February 2010, he was awarded a silver medal at the XVII international exhibition held in Moscow, the capital of the Russian Federation, and in 2011, he was awarded gold medals again at the international exhibitions held in Almaty, Republic of Kazakhstan. Since the entire production process at "Sirab" Open Joint Stock Company is organized in full accordance with the requirements of the ISO quality management system and food safety, the enterprise was awarded ISO-22000 and ISO-9001-2008 compliance certificates. In total, the enterprise produced 3.3 million bottles of mineral water. The main part of the extracted water, or 87%, is used to meet the needs of the population within the country, and the remaining 13% is exported to the republics of Russia, Ukraine, Belarus, Turkmenistan and Lithuania. The export of "Sirab" mineral water and its unique position in the market are due to its high quality and therapeutic value [25].

"Gadabey Mineral Waters" LLC of Azerbaijan engages in production based on ISO 14001-2004,

ISO 22000-2005, ISO 9001-2008 compliance standards. The enterprise produces "Slavyanka-1" and "Gadabey" brand mineral waters. Those mineral waters are exported to Russia, Belarus, Kazakhstan, Kingdom of Bahrain and Iraq. Taking into account the demand for water, in 2010, an enterprise equipped with new technologies according to world standards was commissioned in Zahmat village of Gadabey district. The lemonade factory has been operating since 2014.

As can be seen from the table, in 2015-2022, fruits and vegetables increased from 132 thousand tons to 184 thousand tons, but the production of fruit and vegetable juices decreased from 148 thousand tons to 54 thousand tons [Fig. 1].

During that period, natural grape wine increased 5.5 times from 194 thousand dkl to 1080 thousand dkl. The production of non-alcoholic beverages and tea increased almost twice [Fig. 3].

The analysis of the export of those products shows that fruit and vegetable preserves have increased approximately 3 times, and fruit and vegetable juices have increased 2 times over the years 2015-2022. There was no significant change in the export of natural grape wine, while the export of tea increased twice [Fig. 4].

Azerbaijan is an extremely favorable country for ecological farming, as it has a favorable climate, soil and water resources in a wide geographical area. In our country, which is rich in product diversity, all geographical regions are famous for certain products. In addition, the domestic market has the capacity to provide the necessary materials for organic agriculture, and there is also a significant consumer

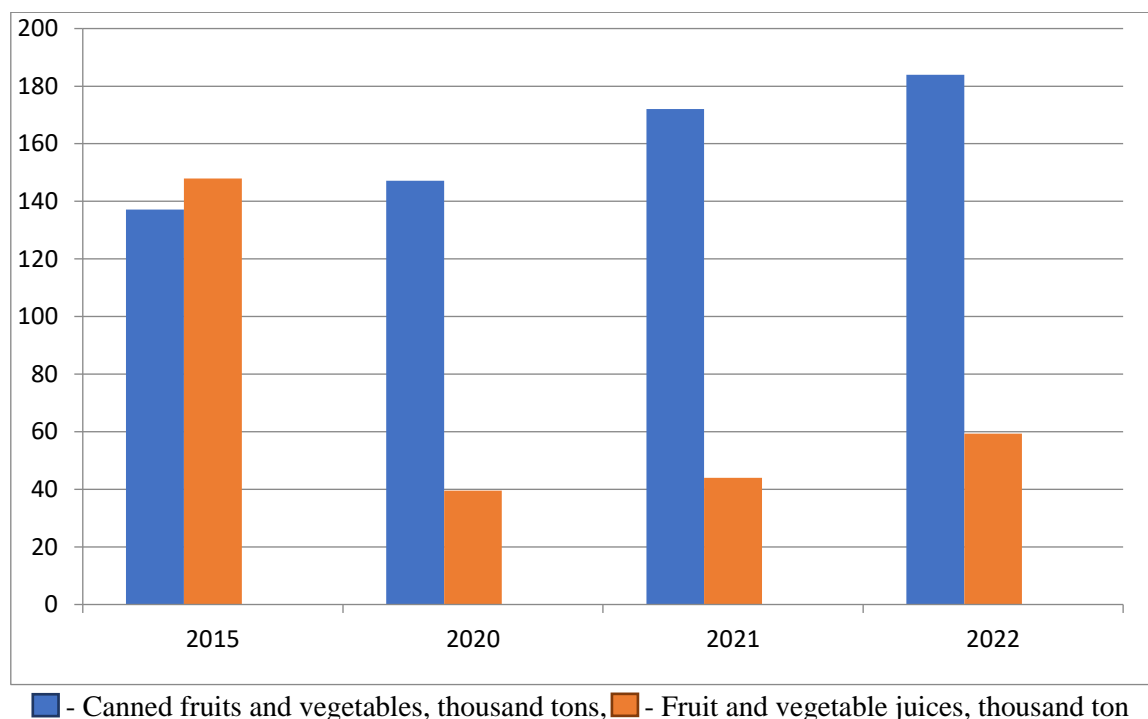


Fig. 1. Production of food industry products for 2015-2020 [18, 19, 20]

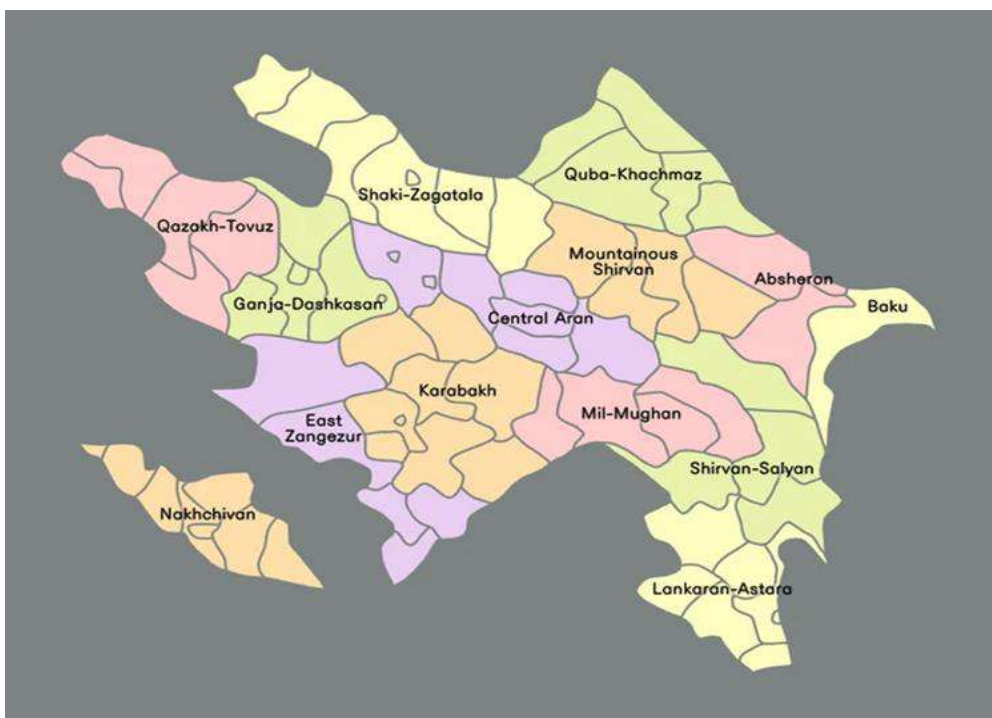


Fig. 2. Economic Region of Azerbaijan

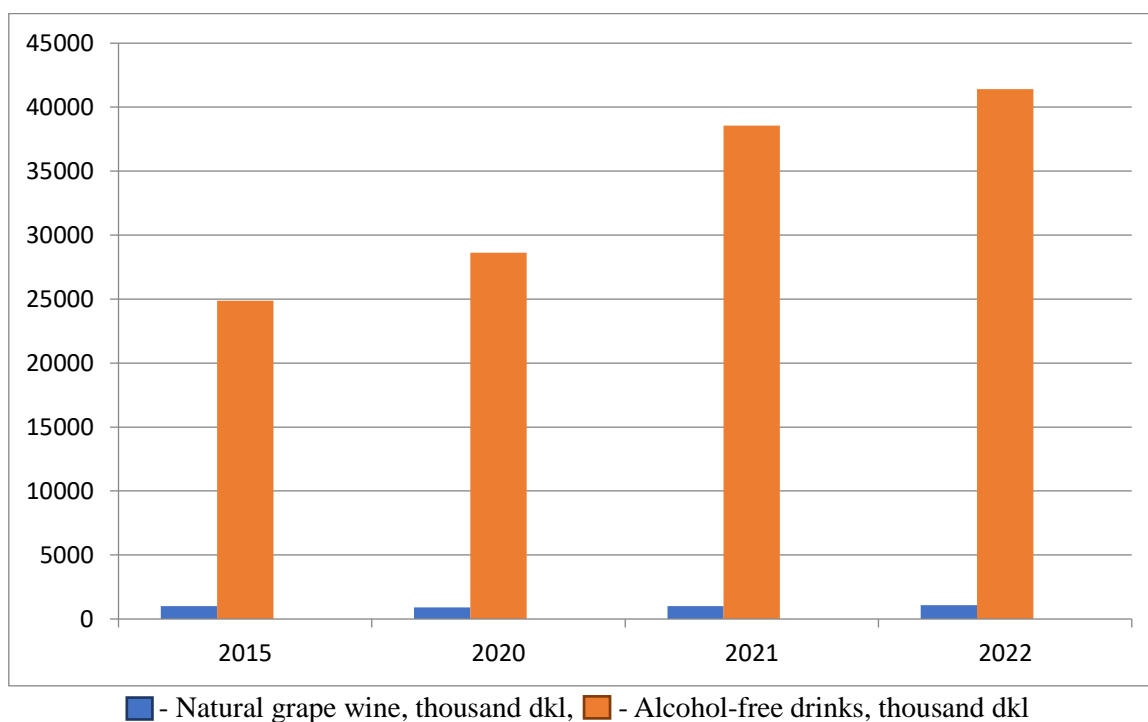


Fig. 3. Production of food industry products for 2015-2020 [18, 19, 20]

potential that will demand organic products produced in the domestic market. For example, the results of research conducted by Turkish researchers are typical for Azerbaijan.

**2. Optimizing production and export of environmentally friendly and competitive light industrial products.** "Azeripak" LLC, located in the city of Sheki, has a special place among light industries in Azerbaijan. The enterprise has 5 main production areas such as raw silk cocooning, weaving,

dyeing, spinning and twisting. High-quality raw silk, silk scarves, silk scarfs and cotton yarn are produced on equipment manufactured in Germany, Poland, and the Netherlands installed at the enterprise. The produced products are exported to Russia, Turkey, Iran and Turkmenistan. During the archaeological excavations conducted in the territories of Azerbaijan, among the remains of clothing made of silk in the excavations of the 3rd millennium BC, there is reason to say that it existed in ancient times

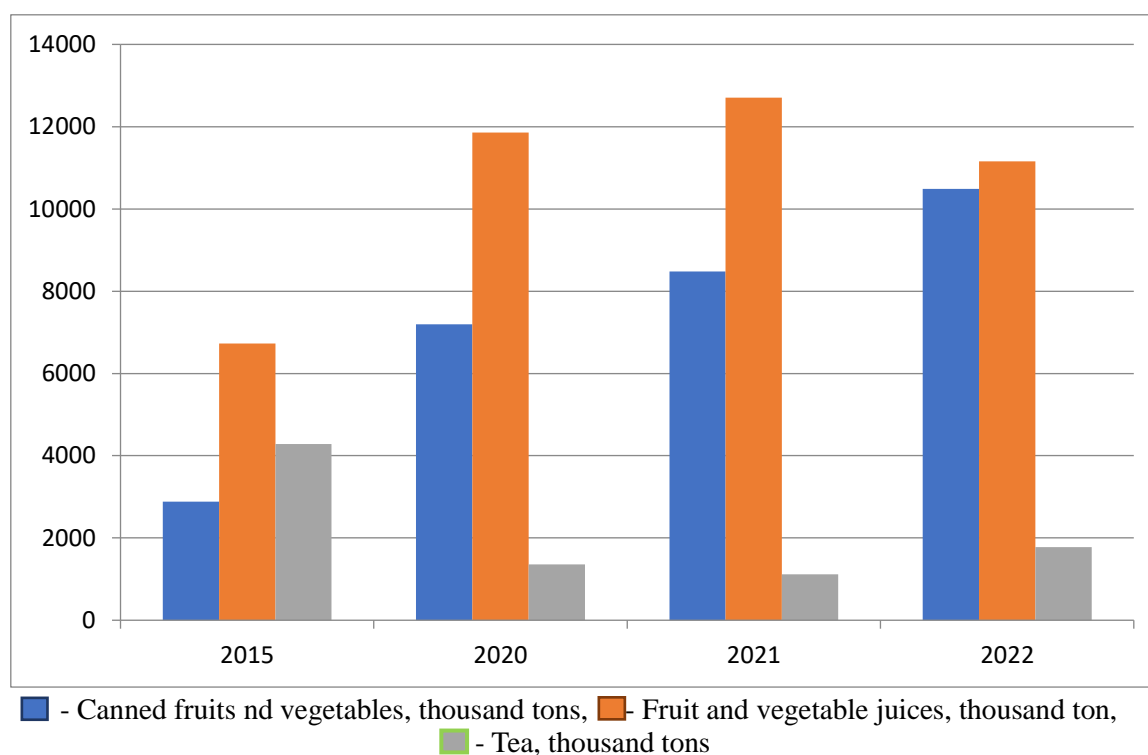


Fig. 4. Export of some food industry products for 2015-2022 [18, 19, 20]

as a form of clothing belonging to the Azerbaijani people. In Sheki, hand loom weaving has a history of nearly 500 years. In addition to Sheki, kelaghayi, the national headscarf of Azerbaijani women, is also woven in Basgal, Ganja, Shamakhi, Lahij, Ordubad and Khanabad. However, those kalagayis differ from each other in terms of color, decorative elements, and texture characteristics. These are "Bastanigar", "Gelinlik", "Golden", "Mikhayi", "Pea", "Green-black", "Olive", "Violet", "Lily of the mouth", "Lily of the mouth". At the meeting of "UNESCO's Intergovernmental Committee on Intangible Cultural Heritage" held on November 26, 2014, the Azerbaijani kalaghayi was included in the Representative List of UNESCO's Intangible Cultural Heritage under the name "Kelaghayi symbolism and traditional art". Starting from 2005, kalaghayi has been exhibited at various exhibitions in Azerbaijan, Turkey, Georgia, Hungary, Austria, Italy, USA, Belgium, Malaysia and other countries.

"Azerbaijan carpet", the national brand of Azerbaijan, has taken a special place and strengthened in the world market. Today, Azerbaijani carpets that resonate with the world are the result of the long-term historical, cultural, political and economic development of this area. Historically, Azerbaijan's location on the Great Silk Road has been one of the main factors influencing the development of carpet and sericulture here. Today, it is one of the facts that confirm that Azerbaijani carpets, which are found in many famous museums and private galleries of the world, are bought as branded products and are very

valuable. In the "State Program for the Protection and Development of Carpet Art in the Republic of Azerbaijan for 2018-2022", exporting the carpet to the world market as a national brand was one of the main tasks. In the state program, the creation of national brands in the field of carpet weaving and promotion in foreign markets has a special place. The establishment of the brand "Azerbaijan carpet" ("Azerbaijan carpet") and its promotion in foreign markets are very important in terms of preventing the sale of Azerbaijani carpets under the name of other countries' brands. The Ministry of Economy and "Azerkhalcha" Open Joint Stock Company were entrusted with the execution of those works. Currently, our carpets with national patterns exported to the world market are sold under the name "Azerbaijan brand". In order to brand the product, advertising, promotion and marketing should be done properly. For this, "Azerkhalcha" participates in international carpet sales-exhibitions held in different countries of the world and presents carpets as "Azerbaijan brand". In 2016-2018, "Azerkhalcha" products were exhibited at international events held in the USA, Germany, and Russia. "Azerkhalcha" participates in the DOMATEX carpet sales-exhibition every year and cooperates with the prestigious "Hali" and "Carpet XL" magazines. Azerbaijani carpets, our national brand, embody the unique characteristics, historical and cultural roots of our nation. At the same time, branding is also economically viable. This factor creates conditions for attracting foreign tourists and foreign investment,

stimulating the domestic market, increasing the volume of exports, and strengthening the currency.

Finally, by summarizing the ideas regarding the

development of ecologically clean product production in our country, we can give such a SWOT analysis of this topic.

Table 1

SWOT analysis on the development of environmentally safe product production

S Strengths	W Weaknesses	O Opportunities	T Threats
<ul style="list-style-type: none"> <li>- existence of legislative framework</li> <li>- implementation of successful strategies, measures and projects in this field</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- poor development of the certification system and failure to conduct it in the correct form</li> <li>- lack of ecologically clean seeds</li> <li>- low use of organic fertilizer</li> <li>- import of GMO products into the country</li> <li>- lack of scientific and practical knowledge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- natural conditions</li> <li>- specialization in production of products in separate areas</li> <li>- high number of sunny days</li> <li>- historically formed production culture</li> <li>- informing the population</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pollution of nature</li> <li>- insufficient state support</li> <li>- failure to meet infrastructure needs</li> <li>- global climate changes</li> <li>- expansion of the use of chemical pollutants</li> <li>- desertification</li> </ul>

**Results of the study.** In the transition to sustainable development in the changing economy of Azerbaijan, the priorities of the green economy have been defined. These include structural and technological restructuring of the economy, changes in export policy, financing, ecologically balanced macro-economic measures, implementation of low-emission technologies through efficient and repeated use of resources, and other environmental measures.

Modernization of production and processing areas, support of innovations, application of resource-saving green technologies, increasing investment in the improvement of food and light industries of the country based on the diversification of exports will lead to ensuring the increase in the production volume and range of export-oriented products and the innovative development of those areas.

#### References

1. Aagerup, U., Frank, A.-S., and Hultqvist, E. (2019). *The persuasive effects of emotional green packaging claims*. *Br. Food J.* 121, 3233–3246. <https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2019-0652>
2. Aksoy, U., Boz, İ., Eynalov, H. & Guliyev, Y. (2018). *Organic Agriculture in Azerbaijan: Current status and potentials for future development*. Ankara, FAO. 104. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i831e.pdf>
3. Anar Abbasov (2020). *Production and sales markets of organic agricultural products*. *Agricultural Economy*, 2 (32), 53-66. [in Azerbaijani]
4. Amanova S., Hajiyeva G. (2023). *Investigation of Natural Condition in Urban Landscapes of Plain Areas Based on GIS*, *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 76(11), 1679–1689. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2023.11.05>
5. Anderson, E. C., Wormwood, J., Barrett, L. F., and Quigley, K. S. (2019). *Vegetarians' and omnivores' affective and physiological responses to images of food*. *Food Qual. Pref.* 71, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.06.008>
6. Babayev A.H., Babayev V.A. (2011). *Basics of ecological agriculture*, Baku, "Law", 383.
7. Banovic, M., Reinders, M. J., Claret, A., Guerrero, L., and Krystallis, A. (2019). *A cross-cultural perspective on impact of health and nutrition claims, country-of-origin and eco-label on consumer choice of new aquaculture products*. *Food Res. Int.* 123, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.031>
8. Barsics, F., Megido, R. C., Brostaux, Y., Barsics, C., Blecker, C., Haubruge, E., et al. (2017). *Could new information influence attitudes to foods supplemented with edible insects?* *Br. Food J.* 119, 2027–2039. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2016-0541>
9. Berger, V. (2019). *Social norm-based gamification to promote eco-friendly food choice*. *J Consum. Mark.* 36, 666–676. <https://doi.org/10.1017/S1368980017002889>
10. Cadario, R., and Chandon, P. (2019). *Which healthy eating nudges work best? A meta-analysis of field experiments*. *Mark. Sci.* 39, 459–665.
11. Cairns, G. (2019). *A critical review of evidence on the sociocultural impacts of food marketing and policy implications*. *Appetite* 136, 193–207. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.02.002>
12. Carfora, V., Catellani, P., Caso, D., and Conner, M. (2019). *How to reduce red and processed meat consumption by daily text messages targeting environment or health benefits*. *J. Environ. Psychol.* 65:101319. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.101319>
13. Circus, V. E., and Robison, R. (2019). *Exploring perceptions of sustainable proteins and meat attachment*. *Br. Food J.* 121, 533–545. <https://doi.org/10.1108/Bfj-01-2018-0025>

14. Cooremans, K., and Geuens, M. (2019). Same but different: using anthropomorphism in the battle against food waste. *J. Public Policy Mark.* 38, 232–245. <https://doi.org/10.1177/0743915619827941>
15. Fataliyev Hasil (2009). Production of safe food products is the demand of the times. *Respublika*, 6. [in Azerbaijani].
16. Ferrari, L., Cavaliere, A., De Marchi, E., and Banterle, A. (2019). Can nudging improve the environmental impact of food supply chain? A systematic review. *Trends Food Sci. Technol.* 91, 184–192 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.004>
17. Hajiyeva, A., Hajiyeva, G., Dadashova, K. K. (2023). Landscape-ecological carcass model of urban landscape and methods of optimize urban landscapes (on the patterns of Ganja and Mingachevir cities). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (59), 277-283. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-20>
18. Materials of the State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan, Baku, 2016 [in Azerbaijani]
19. Materials of the State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan, Baku, 2021 [in Azerbaijani]
20. Materials of the State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan, Baku, 2022 [in Azerbaijani]
21. Materials of the State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan, Baku, 2023 [in Azerbaijani]
22. Report on the status of organic farming and food economy in Azerbaijan, 2022 [in Azerbaijani]
23. Tea growing is a traditional field in the southern zone, especially Lankaran. Available at: <https://modern.az/news/142327/> [in Azerbaijani]
24. Azərsun Holding. Sun tea factory. Available at: <https://azersun.com/en/activity-fields/>
25. Available at: <https://gilanholding.com/industries/Gabala+Canning+Factory+100?hl=en>
26. Available at: [https://www.vpoxod.ru/page/nature/granat\\_info](https://www.vpoxod.ru/page/nature/granat_info)

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

## Проблеми оптимізації виробництва та експорту екологічно чистих споживчих товарів в Азербайджані

**Льгар Халілов**<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент,

<sup>1</sup> Азербайджанський державний економічний університет, Баку, Азербайджан;

**Фархад Емінов**<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент

У статті обґрунтовано, що забезпечення зеленої економіки на основі екологізації, модернізації, інновацій та нових технологій у виробництві та переробці сільськогосподарської продукції призводить до радикального покращення виробництва, захисту природного капіталу та екосистемних послуг, а також скорочення забруднення та викидів парникових газів. Зазначалося, що регулювання систем сільськогосподарського виробництва в країні вимагає розширення сільськогосподарських практик, які підвищують продуктивність і виробництво, сприяють захисту екосистем, адаптації до зміни клімату, екстремальних погодних явищ, посух, повеней. Метою дослідження є сприяння виробництву екологічно чистих і експортно важливих споживчих товарів в Азербайджані та стимулювання їх експорту. Також важливими вважають представлення країни у світі з брендовою продукцією, залучення іноземних інвестицій у цю сферу, підвищення інтересу населення до галузі сільського господарства, залучення в сферу інноваційних технологій. Це визначення шкоди від впливу на аграрний сектор і природу внаслідок деградації зростаючих компонентів навколишнього середовища. Мінімізація втрат на цьому етапі та оптимізація розвитку агропромислового комплексу є одним із головних факторів. Наукова новизна дослідження – це впровадження виробництва та переробки екологічно чистої агропромислової продукції, що не завдає шкоди здоров'ю людини та навколишньому середовищу, регулярний моніторинг екологічного стану ґрунтів, забезпечення збільшення виробництва та асортименту екологічно чистих експортноорієнтованих продуктів харчування та товари легкої промисловості. У статті пояснюється, що розвиток зеленої економіки в Азербайджані є невід'ємною частиною державної політики, і вона займає важливе місце в державному управлінні, на прикладі експортноорієнтованих продуктів харчування та легкої промисловості. Зазначається, що сталість розвитку зеленої економіки виступає критерієм виробництва конкурентоспроможної продукції держави, що позитивно сприяє забезпеченню життєво важливих потреб людей.

**Ключові слова:** зелена економіка, екологічно чиста продукція виробництва та споживання, сільське господарство, виробництво вина та соку, шовк та килим, мінеральні води.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 23 квітня 2024 р.

Прийнята 25 травня 2024 р.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО «ВІСНИКА ХАРКІВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ»

До Вісника Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна серія «Геологія. Географія. Екологія», приймаються наукові статті обсягом біля 40 тис. знаків, присвячені дослідженням у галузях геології, геохімії, гідрогеології, географії, економічної та соціальної географії, екології, а також суміжних дисциплін. Матеріали можуть бути представлені українською або англійською мовами. Перевага надається англійським статтям. Рішення про публікацію приймається редакційною колегією „Вісника”, при цьому кожна стаття рецензується двома вченими–фахівцями у даній тематиці.

Матеріали подаються в електронному вигляді та надсилаються на електронну пошту [geoco-series@karazin.ua](mailto:geoco-series@karazin.ua). Електронна версія оформлюється у форматі Microsoft Word, шрифт Times New Roman, розмір 14, міжрядковий інтервал 1,5, всі поля по 2 см, відступ для абзацу – 0,75 см. **Жирним** шрифтом виділяються підзаголовки у статті. Ілюстрації, включаючи графіки і схеми, мають бути розміщені безпосередньо в тексті, а також подані окремими файлами. Скрізь, де можливо, доцільніше використовувати графіки, а не таблиці. Орієнтація сторінок – книжкова. Вирівнювання слід робити по ширині сторінки. Якщо стаття українською, є необхідним дублювання підписів до рисунків та назв таблиць і діаграм англійською.

Згідно вимог МОН України оригінальна стаття у фаховому виданні має складатися з таких розділів:

1. **Постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.
2. **Аналіз останніх досліджень і публікацій**, в яких започатковано розв'язання порушеної проблеми, на які спирається автор.
3. **Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**, яким присвячується стаття;
4. **Формулювання мети статті** (постановка завдання).
5. **Виклад основного матеріалу дослідження** з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.
6. **Висновки** з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

Для статей необхідно вказати УДК, подати назву (до 10 слів), анотацію (1800-2500 знаків) та ключові слова (8-10).

На окремому аркуші надається інформація про авторів (прізвище, ім'я та по-батькові, повна назва організації, посада, вчений ступінь і звання, поштова адреса, телефон, e-mail, ORCID) українською й англійською мовами. Перелік посилань оформлюється згідно з ДСТУ 3008:2015. До переліку обов'язково повинна бути включена література за останні п'ять років, у тому числі закордонна та включена до наукометричних баз Scopus та WoS, а сам перелік повинен містити не менше ніж 20 посилань.

Також є необхідним розгорнутий реферат англійською мовою, оформлений згідно міжнародних вимог до наукових видань. Реферат повинен мати:

- обсяг 2500-3500 знаків,
- змістовність (відобразити головний зміст статті та результати досліджень),
- структурованість (наявність обов'язкових елементів: *мета, методика, результати, наукова новизна, практична значимість, ключові слова*).

Після реферату необхідно навести **References** – перекладений англійською список використаних джерел, який має бути оформлений згідно міжнародного стандарту APA (American Psychological Association). До джерел у списках використаної літератури обов'язково необхідно додавати DOI (за наявності).

Рукописи, не оформлені належним чином, не приймаються до публікації.

Редакція залишає за собою право проводити редакційну правку рукопису.

У разі переробки статті авторами датою надходження рукопису статті в редакцію приймається дата її повторного надсилання.

При підтвердженні позитивного рішення на публікацію статті, автор має оформити та надіслати згоду на публікацію та оприлюднення персональних даних.



Зразок оформлення статті :

<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-08>

UDC 528.8+551.4

Received 23 April 2023

Accepted 12 May 2023

## Integrating remote sensing and aeromagnetic data for lithological and structural lineaments mapping in Abu Ghaylan - Kiklah - Tighrinna, northwest Libya

Nureddin Saadi <sup>1</sup>

PhD (Geological Engineering), Lecturer, Department of Geological Engineering,

<sup>1</sup> University of Tripoli, Tripoli, Libya,

e-mail: [n.saadi@uot.edu.ly](mailto:n.saadi@uot.edu.ly), <https://orcid.org/0000-0003-0593-8578>;

Ousama Elkoul <sup>2</sup>

...

### ABSTRACT

**Problems Statement and Purpose.** Libya is the fourth-largest country in Africa and the seventeenth-largest country in the world with area of 1,759,540 sq. km. Most of Libya is located in the Sahara Desert and known for being the driest and most remote regions with limited accessibility. ...

**Keywords:** Libya, Remote Sensing, Digital Elevation, Lineaments, Lithological Mapping, Aeromagnetic, Data Integration.

### Introduction

Integration approach of multi-source data can improve geological interpretation and provide detailed information on unexplored areas [1–3]. The remote sensing satellites (sensors) can detect and map geological surface based on the spectral and spatial resolution [4, 5]. ...

### References

1. Thiele, S.T., Lorenz, S., Kirsch, M., Cecilia Contreras Acosta, I., Tusa, L., Herrmann, E., Möckel, R., Gloaguen, R. (2021). Multi-Scale, Multi-Sensor Data Integration for Automated 3-D Geological Mapping. *Ore Geology Reviews*, 136, 104252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104252>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

## Інтеграція дистанційного зондування та аеромагнітних даних для картографування літологічних і структурних ліній в Абу-Гайлан - Кікла - Тігрінна, північно-західна Лівія

Нуреддін Сааді <sup>1</sup>

доктор філософії (геологічна інженерія), викладач кафедри геологічної інженерії,

<sup>1</sup> Університет Тріполі, Тріполі, Лівія;

Усама Елкул <sup>2</sup>

...

У 1970-х роках Центр промислових досліджень у Лівії розпочав створювати геологічні карти всіх лівійських земель, отриманих з аналогових (друкованих) аерофотознімків і геологічних польових поїздок у деякі доступні місця. ...

**Ключові слова:** Лівія, дистанційне зондування, цифровий рельєф, лінеamenti, літологічне картування, аеромагнітний, інтеграція даних.

### Список використаної літератури

1. Multi-Scale, Multi-Sensor Data Integration for Automated 3-D Geological Mapping / S.T. Thiele et al. *Ore Geology Reviews*. 2021. Vol. 136. P. 104252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104252>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Надійшла 23 квітня 2023 р.

Прийнята 12 травня 2023 р.

Наукове видання

**ВІСНИК**  
**ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**імені В. Н. КАРАЗІНА**

серія  
**«ГЕОЛОГІЯ. ГЕОГРАФІЯ. ЕКОЛОГІЯ»**

Випуск 60

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Українською та англійською мовами

Редактор В. Г. Суярко  
Технічний редактор О. В. Чуєнко  
Комп'ютерне верстання О. В. Чуєнко  
Відповідальний за випуск В. Г. Суярко

Підписано до друку 27.05.2024 р. Формат 60x84/8. Папір офсетний.  
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 41,5. Обл.-вид. арк. 48,1.  
Наклад 100 пр. Зам. № 18/24. Ціна договірна.

---

Видавець та виготовлювач  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,  
61022, Харків, майдан Свободи, 4.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09.