

ISSN 1992-4224 (Print)
ISSN 2415-7678 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

**ЛЮДИНА
ТА
ДОВКІЛЛЯ**

ПРОБЛЕМИ НЕОЕКОЛОГІЇ

**MAN AND ENVIRONMENT
ISSUES OF NEOECOLOGY**

№ 3 – 4 (28)

Заснований 1999 р.

Харків
2017

Представлені результати досліджень в області географії, екології та охорони навколишнього середовища. Висвітлюються питання теорії й практики аналізу, оцінки і оптимізації стану навколишнього середовища, а також фактори і наслідки антропогенного впливу на довкілля; розглядаються питання екологічного менеджменту, безпеки і освіти.

Для науковців і фахівців-екологів, а також викладачів, аспірантів, магістрів і студентів вищих навчальних закладів

Журнал є фаховим виданням у галузі географічних наук.

Наказ МОН України № 747 від 13.07.2015р.

Results of researches in the domain of geography, ecology and environmental protection are presented. Issues of theory and practice of analysis, assessment and optimization of the environmental state as well as factors and consequences of anthropogenic pressure on the environment are covered; issues of environmental management, safety and education are considered.

For specialists, scientists and researchers working in the domain of environmental protection as well as for lecturers, BSc, MSc and PhD students of higher educational institutions.

The Journal is a professional publication in the field of geographical sciences.

MES Ukraine Order № 747 of 13/07/2015

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (протокол № 13 від 25.09.2017 р.)

Редакційна колегія:

Крайнюков О. М., головний редактор, д-р геогр. наук, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Тітенко Г. В., заступник головного редактора, канд. геогр. наук, доц., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Баскакова Л. В., відповідальний секретар, ст. наук. співр., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

Костріков С. В., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Максименко Н. В., канд. геогр. наук, доц., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Московкін В. М., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Некос А. Н., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Пересадько В. А., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Черваньов І. Г., д-р. техн. наук, проф., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Шкорбатов Ю. Г., д-р біол. наук, с.н.с., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;

Ачасов А. Б., д-р сільгосп. наук, проф., Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва;

Балюк С. А., д-р сільгосп. наук, проф., ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського»

Гриценко А. В., д-р геогр. наук, проф., НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»;

Крайнюкова А. М., д-р біол. наук, проф., НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»;

Борковський Я., д-р, проф., Вармінсько-Мазурський університет, м. Ольштин, Польща;

Витченко А., д-р геогр. наук, проф. Білоруський державний університет, м. Мінськ, Білорусь;

Доніка А., д-р філософії, Інститут екології та географії, м. Кишинів, Молдова;

Кіосопулос Дж., д-р філософії, проф., Афіньський університет прикладних наук, м. Афіни, Греція;

Нахтнебель Х.-П., проф., Університет природних ресурсів та прикладних наук – ВОРУ, м. Відень, Австрія;

Хусанов А., канд. техн. наук, Південно-Казахстанський університет імені М. Ауєзова, м. Шемкент, Казахстан.

Адреса редакційної колегії: 61022, Харків, майдан Свободи, 6,

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, екологічний факультет, кімн. 477

Тел. 057-707-53-86, e-mail: ecology_journal@karazin.ua Власний сайт: <http://luddovk.univer.kharkov.ua/>

http://journals.uran.ua/ludina_dov <http://periodicals.karazin.ua/humanenviron/about>

www-ecology.univer.kharkov.ua

Статті пройшли внутрішнє та зовнішнє рецензування

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 5097 від 03.05.2001

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, оформлення, 2017

ЗМІСТ

Сучасні географічні та екологічні дослідження довкілля

Івах Я. Є., Веклин О. Р. Проблеми раціонального використання природно-ресурсного потенціалу Західного регіону України.....	9
Карнець К. М. Флювіальна мережа водозбірного басейну як ландшафтно-геохімічна арена забруднення та самоочищення.....	22
Мартинюк В. О., Зубкович І. В. Ландшафтно-географічна модель екологічного паспорта басейнової системи озера Озерце (Волинське Полісся).....	29
Медінець В. І., Соловійов В. Г., Черкез Є. А., Фетісов Л. П., Медінець С. В., Світличний С. В., Ботнар М. Г. Оцінка інтенсивності накопичення донних відкладень в Куяльницькому лимані.....	40
Кравчук Г. О., Кравчук О. П., Золоторьов Г. Г., Золоторьов М. Г. Вплив кадмію на бентосні форамініфери шельфу Чорного моря (район дельти Дунаю).....	50
Черкез Є. А., Медінець В. І., Тюреміна В. Г., Праведний В. М. Оцінка обсягів субаквального живлення Куяльницького лиману підземними водами.....	57
Koval I. M., Bräuning A., Melnik E. E., Voronin V. O. Дендрокліматологічні дослідження сосни звичайної в насадженні Лівобережного лісостепу України (англ).....	66
Кравченко Н. Б., Зеленська Є. І., Лукієнко М. В. Природоохоронні заходи з оптимізації функціонування рекреаційної зони.....	74
Тітенко Г. В., Юрченко Ю. Д. «Зелені маршрути» у системі екологічного менеджменту міських територій на прикладі м. Харкова.....	85
Анісімов С. В. Територіальна та транспортна доступність замських рекреаційних територій для літнього відпочинку.....	95
А н т р о п о г е н н и й в п л и в н а п р и р о д н е с е р е д о в и щ е	
Сафранов Т. А., Шанина Т. П., Приходько В. Ю., Філатова О. А. Кластеризація як необхідна умова вирішення проблеми поводження з твердими побутовими відходами	105
Michaeli E., Solar V., Ivanova M., Vilcek J., Lisnyak A. Екологічні відмінності земельного покриву в часовому інтервалі при визначенні впливу промисловості на ландшафти (англ.).....	114

Боярин М. В., Нетробчук І. М. Екологічний стан поверхневих вод басейну річки Стохід.....	120
Федорова Г. В., Шалоумов Ю. Н. Використання біоіндикаційного метода флуктуючої асиметрії листа клена гостролистого (<i>Acer Platanoides L.</i>) для оцінки якості середовища населених пунктів (рос.).....	130
Полив'ячук А. П., Каслін О. І., Смирний М. Ф., Строков О. П., Скурідіна О. О. Створення на базі мікротунелю універсальної системи динамічного контролю викидів дизельних твердих частинок.....	139
Polivuyanchuk A. P. Дослідження впливу дисперсного складу дизельних твердих частинок на ефективність їх нормування та нейтралізації сажовими фільтрами (англ.).....	152
Правила оформлення статей	161

CONTENTS

Modern Geographic and Ecological Environment Research

<i>Ivakh Ya., Veklyn O.</i> The issues of rational use of natural resource potential of the western region of Ukraine.....	9
<i>Karpets K. M.</i> Fluvial network of water burning basin as landscape-geochemical arene of pollution and self-inspection.....	22
<i>Martyniuk V. O., Zubkovich I. V.</i> Landscape-geographical model of ecological passport of basin system of Ozertse lake (Volyn Polissia).....	29
<i>Medinets V. I., Soloviev V. G., Cherkez Ye. A., Fetisov L. P., Medinets S. V., Svitlichniy S. V., Botnar M. G.</i> Assessment of bottom sediments accumulation intensity in the Kuyalnyk estuary.....	40
<i>Kravchuk A. O., Kravchuk O. P., Zolotorev G. G., Zolotorev M. G.</i> Cadmium influence on benthic foraminifera of the Black sea shelf (Danube delta region).....	50
<i>Cherkez Ye. A., Medinets V. I., Tyuremina V. G., Pravedniy V. M.</i> Assessment of volume of the Kuyalnyk estuary subaqueous feeding with groundwater.....	57
<i>Koval I. M., Brüuning A., Melnik E. E., Voronin V. O.</i> Dendroclimotological research of scots pine in stand of the Left-bank Forest-steppe of Ukraine.....	66
<i>Kravchenko N. B., Zelenskaya E. I., Lukienko M. V.</i> Environmental measures to optimize the functioning of the recreational zone.....	74
<i>Titenko A.V., Yurchenko Yu. D.</i> "Green routes" in the system of environmental management city territories in the example of Kharkov.....	85
<i>Anisimov S.V.,</i> Territorial and transport accessibility of country recreational territories for summer recreation.....	95

Anthropogenic Influence on a Natural Environment

<i>Safranov T. A., Shanina T. P., Prykhodko V. Y., Filatova A. A.</i> The clustering as a necessary condition to solve the problem of municipal solid waste treatment.....	105
<i>Michaeli E., Solar V., Ivanova M., Vilcek J., Lisnyak A.</i> Environmental differences of land creation in time interval for determination of industrial influence on landscape.....	114

<i>Boyaryn M. V., Netrobchuk I. M.</i>	
Ecological status of surface water of the river Stokhid basin.....	120
<i>Fedorova G. V., Shaloumov Yu. N.</i>	
Use of the bioindication method of fluctuating asymmetry of the maple leaf (<i>Acer Platanoides L.</i>) for assessing the quality of the enviroment in the populated areas.....	130
<i>Polivyanchuk A. P., Kaslin O. I., Smirny M. F., Strokov O. P., Skuridina O. O.</i>	
Creation of the universal system of dynamic control of emissions of diesel solid particles on the basis of microtunnel.....	139
<i>Polivyanchuk A. P.</i>	
Investigation of the influence of the disperse composition of diesel particulate matter on the efficiency of their rationing and neutralization by soot filters.....	152
<i>Formatting Rules</i>	161

СОДЕРЖАНИЕ

Современные географические и экологические исследования окружающей среды

Ивах Я., Веклин О. Проблемы рационального использования природно-ресурсного потенциала западного региона Украины.....	9
Карпец К. М. Флювиальная сеть водосборного бассейна как ландшафтно-геохимическая арена загрязнения и самоочищения.....	22
Мартынюк В. А., Зубкович И. В. Ландшафтно-географическая модель экологического паспорта бассейновой системы озера Озерцо (Волинское Полесье).....	29
Мединец В. И., Соловьев В. Г., Черкез Е. А., Фетисов Л. П., Мединец С. В., Светличный С. В., Ботнар М. Г. Оценка интенсивности осадконакопления донных отложений в Куяльницком лимане.....	40
Кравчук А. О., Кравчук О. П., Золоторев Г. Г., Золоторев М. Г. Влияние кадмия на бентосные фораминиферы шельфа Черного моря (район дельты Дуная).....	50
Черкез Е. А., Мединец В. И., Тюрмина В. Г., Праведный В. М. Оценка объемов субаквального питания Куяльницкого лимана подземными водами.....	57
Коваль И. М., Браунинг А., Мельник Е. Е., Воронин В. О. Дендроклиматические исследования сосны обыкновенной в насаждении Левобережной Лесостепи Украины (англ).....	66
Кравченко Н. Б., Зеленская Е. И., Лукиенко М. В. Природоохранных мероприятий оптимизации функционирования рекреационной зоны.....	74
Титенко А. В., Юрченко Ю. Д. «Зеленые маршруты» в системе экологического менеджмента городских территорий на примере г. Харькова.....	85
Анисимов С. В. Территориальная и транспортная доступность загородных рекреационных территорий для летнего отдыха.....	95
Антропогенное влияние на природную среду	
Сафранов Т. А., Шанина Т. П., Приходько В. Ю., Филатова А. А. Кластеризация как необходимое условие решения проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами	105
Михаэли Е., Солар В., Иванова М., Вилчек Й., Лисняк А. Экологические отличия земельного покрова во временном интервале при определении влияния промышленности на ландшафты.....	114

Боярин М. В., Нетробчук И. М. Экологическое состояние поверхностных вод бассейна реки Стоход.....	120
Федорова Г. В., Шаломов Ю. М. Использование биоиндикационного метода флуктуирующей асимметрии листа клена остролистного (<i>Acer Platanoides L.</i>) для оценки качества среды населенных пунктов (рос.).....	130
Поливянчук А. П., Каслин А. И., Смирный М. Ф., Строков А. П., Скуридина Е. А. Создание на базе микротуннеля универсальной системы динамического контроля выбросов дизельных твердых частиц.....	139
Поливянчук А. П. Исследование влияния дисперсного состава дизельных твердых частиц на эффективность их нормирования и нейтрализации сажевыми фильтрами (англ.).....	152
Правила для авторов	161

СУЧАСНІ ГЕОГРАФІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

УДК 911.2:504.062.2(477.8)

Я. Є. ІВАХ, канд. геогр. наук, доц., **О. Р. ВЕКЛИН**

Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Дорошенка, 41, Львів, 79000, Україна

email: geodekanat@gmail.com

ПРОБЛЕМИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Проаналізовано природно-ресурсний потенціал Західного регіону України: історію, розвиток, сучасний стан та використання. Охарактеризовано земельні ресурси та земельний фонд регіону й головні тенденції його використання як основи сільського господарства та операційної бази розвитку суспільства. Висвітлено роль водних, біологічних та рекреаційних ресурсів в структурі природно-ресурсного потенціалу. Досліджено сучасні тенденції використання мінеральних ресурсів Західного регіону України. Визначено основні перспективи розвитку та засади раціонального використання природно-ресурсного потенціалу в регіоні.

Ключові слова: Західний регіон України, природно-ресурсний потенціал, земельні ресурси, лісові ресурси, територіальні поєднання природних ресурсів

Ivakh Ya., Veklyn O.

Ivan Franko National University of Lviv

THE ISSUES OF RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF THE WESTERN REGION OF UKRAINE

The present article deals with the current state of natural resource potential (NRP) of the Western region of Ukraine and the main challenges in line with eurointegration processes and rational environmental management. The place of region in total Ukraine's NRP and its internal structure in section of six oblasts: Lviv, Zakarpattia, Ivano-Frankivsk, Chernivtsi, Volyn, Rivne, Ternopil and Khmelnytsky are analyzed. Land resources of the region, which constitute approximately half of the total value of NRP are characterized. Tendency of reduction of arable land in the region is grounded and problems of land valuation are considered. The growing role of water resources and its national and international importance is investigated. Biological potential of the region, which is representing mainly by forest resources are studied. Forest fund of region, its square, structure and stand of timber are characterized. The problem of illegal deforestation on large areas of the Western region of Ukraine was described with particular attention. Special attention is paid to the growing role of recreational resources of the region, similar in structure to the appropriate resources of neighboring European countries. Western region is a leader for protected areas in Ukraine (about 40% of total area of nature reserve fund). The current state of mineral resources, the importance of which for the Western region needs reevaluation is considered. A significant share of mineral resources is characterized by the depletion of deposits and their exploitation unprofitable. The authors detected territorial combination of natural resources, that centralize close in space one to others. Ten local territorial combinations in the mountainous part of the Western Region are allocated. New trends in the use of NRP and prospects of renewable energy in the region are studied. The authors predict an increase in the role of recreation and water resources and rising land prices. The problem of low investment attraction, that should be solved based on the cross-border position of the Western region is analyzed.

Key words: Western region of Ukraine, natural resource potential, land resources, forest resources, territorial combination of natural resources

Ивах Я. Е., Веклин О. Р.

Львовский национальный университет имени Ивана Франко

ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗАПАДНОГО РЕГИОНА УКРАИНЫ

Проаналізовано природно-ресурсний потенціал Західного регіону України: історію, розвиток, сучасний стан та використання. Охарактеризовано земельні ресурси та земельний фонд регіону, а також основні тенденції його використання в якості основи сільського господарства та операційної бази розвитку суспільства. Освітлено роль водних, біологічних та рекреаційних ресурсів в структурі природно-ресурсного потенціалу. Досліджено сучасні тенденції використання мінеральних ресурсів Західного регіону України. Визначено основні перспективи розвитку та засади раціонального використання природно-ресурсного потенціалу в регіоні.

ральных ресурсов Западного региона Украины. Определены основные перспективы развития и основы рационального использования природно-ресурсного потенциала в регионе.

Ключевые слова: Западный регион Украины, природно-ресурсный потенциал, земельные ресурсы, лесные ресурсы, территориальные сочетания природных ресурсов

Вступ

Незважаючи на стрімкий технологічний прогрес, зростання ролі третинного та четвертинного секторів економіки роль природних ресурсів у житті суспільства залишається вагомим, особливо в розміщенні галузей первинного і вторинного секторів. Це стосується країн і регіонів, у яких переважає продукція з низькою доданою вартістю, до яких належить і Україна.

Однак природно-ресурсний потенціал України стикнувся із численними викликами, що мають суттєвий вплив й зумовлюють необхідність його переоцінки. В епоху постіндустріального та інформаційного суспільства змінилися тенденції його використання, які вже проявляються у Західному регіоні України (ЗУР). Вони потребують суспільно-географічного аналізу, задля визначення спеціалізації та прогнозування розвитку ЗУР, який вирізняються з-поміж інших територій найбільшою різноманітністю природних ресурсів, особливо відновних.

Аналіз досліджень і публікацій. Вивчення проблематики природно-ресурсного потенціалу Західного регіону України бере свої витoki з досліджень фундатора української географії – Степана Рудницького, який ще у 1922 р. опублікував «Карту природних багатств Східної Галичини» [24]. Напередодні окупації Західної України СРСР, мінерально-ресурсний потенціал регіону, було охарактеризовано у праці Биховера М. А. «Геологія і корисні копалини західних областей УРСР». У 1950-их рр., після завершення Другої світової війни, були проведені масштабні

роботи по інвентаризації природних ресурсів ЗРУ. Їх підсумком стала монографія тодішнього завідувача кафедри економічної географії Львівського державного університету О. Т. Ващенко «Природні ресурси західних районів УРСР» [2]. Подальше дослідження проблематики проводились Геренчуком К. І., Заставним Ф. Д., Шаблієм О. І., Кравцівим В. С., Кузиком С. П., Івахом Я. Є., Жуком П. В. Фундаментальне дослідження природно-ресурсного потенціалу України належить проф. Руденку В. П., який розробив економіко-географічну оцінку цієї категорії в розрізі регіонів, областей та районів України [15].

З метою усестороннього вивчення природних ресурсів у сучасних умовах проф. О. І. Шаблієм була запропонована комбінована класифікація природних ресурсів, у якій поєднанні геосферний та суспільно-географічний підходи [20]. Ресурси оцінюються з огляду різноманітних, не лише матеріальних, але й духовних потреб суспільства.

Мета. У дослідженні ми характеризуємо природно-ресурсний потенціал Західного регіону України, аналізуємо сучасний стан та використання основних природних ресурсів регіону: земельних, водних, біологічних, рекреаційних та мінеральних; особливості територіального розміщення природних ресурсів та утворення ними комбінованих поєднань; перспективи розвитку регіону та пропонуємо шляхи оптимізації використання природно-ресурсного потенціалу задля раціонального природокористування.

Результати дослідження

Упродовж багатьох століть основою розвитку господарства ЗУР були земельні та біологічні ресурси. Максимальний рівень розораності спостерігався у першій половині ХХ ст., що було пов'язано з великим аграрним перенаселенням регіону. У часи середньовіччя з мінеральних ресурсів видобували лише сіль, будівельні матеріали і в обмежених кількостях болотні руди. З другої половини ХІХ століття почалося активне освоєння родовищ нафти, озокериту,

будматеріалів. Сто років тому Борислав належав до провідних нафтових районів світу. Будівництво залізниць, зокрема вузькоколіїних, дозволило активно експлуатувати лісові ресурси у раніше недоступних районах. Після включення Західної України до складу СРСР (1939–1945 рр.) особлива увага була звернена на корисні копалини, необхідні для індустріалізації та електрифікації регіону.

Сучасні політичні, економічні, технологічні та екологічні виклики мають суттєвий вплив на оцінку природно-ресурсного потенціалу регіону:

- розпад СРСР, здобуття Україною незалежності припинили практику масштабного розграбування природних ресурсів за заниженими цінами в інтересах імперії. Зникнення «залізної завіси» зумовили повільну, але невпинну, інтеграцію регіону у загальноєвропейський простір;

- нові тренди видобутку і переробки мінеральної сировини змушують по-іншому підходити до оцінки корисних копалин. Наприклад, вилучення сірки з усіх видів палива створило її надлишок на світовому ринку і різко обмежило видобуток самородної сірки. «Сланцева революція» дозволяє здійснювати пошуки нафти і газу у раніше неперспективних районах;

- глобальні зміни клімату і їх прояви на регіональному рівні впливають на агрокліматичні, водні, біологічні ресурси. В регіоні проходить процес аридизації або опустелювання, що полягає у поступовому зменшенні зволоженості регіону [21]. Це призводить до зміни ґрунтового і рослинного покриву в бік ксерофітизації. Цьому сприяє антропогенна діяльність: осушення, знищення ґрунтового покриву, промислова діяльність. На початку XXI ст. у ЗРУ спостерігався тепліший і вологіший клімат [22], що сприяло збільшенню приросту біомаси, пришвидженню ґрунтоутворчих процесів. Два останніх посушливих роки мали суттєвий вплив на водні та агрокліматичні ресурси;

- масовий розвиток альтернативної енергетики та Паризька кліматична угода знецінюють поклади вугілля, нафти і, навіть, газу (зокрема і сланцевого), зате роблять актуальними дослідження вітрових, сонячних та гідроенергетичних ресурсів, перспектив масштабного використання біомаси у вигляді палива;

- за часи незалежності України суттєво збільшилися площі заповідних та природоохоронних територій. Області ЗРУ мають найвищі в країні показники заповідності. При суворому дотриманні природоохоронного законодавства певна частина ресурсів буде вилучена з експлуатації або використовуватиметься обмежено, що позначиться на сукупному природно-ресурсному потенціалі.

Оцінка структури природно-ресурсного потенціалу ЗРУ. Проф. В. Руденком було проведено економічну оцінку природно-ресурсного потенціалу України, в основі якої лежить сума споживчої вартості мінеральних, водних, земельних, лісових, фауністичних та природно-рекреаційних ресурсів [15]. Частка ЗРУ становить близько 179,86 % від сумарного потенціалу України (табл. 1). У його структурі в усіх західних областях України, окрім Закарпатської та Івано-Франківської переважають земельні ресурси. У цих двох областях найбільше значення мають водні та рекреаційні ресурси, висока частка також лісових ресурсів. Найбільш збалансований природно-ресурсний потенціал має Львівська область, у якій на частку земельних ресурсів

Таблиця 1

Природно-ресурсний потенціал ЗРУ [15]

Територіальні утворення	Потенціал ресурсів, в % від споживчої вартості						
	мінеральних	водних	земельних	лісових	фауністичних	природних рекреаційних	інтегральний
Львівська область	8,491	8,539	11,011	4,169	0,066	5,377	37,653
Закарпатська область	0,753	7,751	4,767	4,294	0,020	7,036	24,621
Івано-Франківська область	1,676	7,529	5,453	3,983	0,030	3,929	22,600
Чернівецька область	0,658	2,324	6,354	1,596	0,027	1,744	12,703
Волинська область	0,160	3,051	9,340	2,749	0,069	1,557	16,926
Рівненська область	0,088	2,895	9,685	2,842	0,132	1,171	17,605
Тернопільська область	0,261	2,862	15,792	0,982	0,032	1,136	21,085
Хмельницька область	0,929	3,675	19,385	1,014	0,096	1,600	26,699
Західний регіон України	13,016	38,626	81,787	21,629	0,472	23,550	179,862
Україна	282,558	130,759	443,839	41,699	4,739	96,406	1000,000

припадає приблизно третина потенціалу, а решта достатньо рівномірно розподілена між іншими видами ресурсів.

Земельні ресурси регіону. Земельні ресурси ЗРУ складають 45% його сукупної вартості. У волинських областях ця частка

перевищує 50%, а у подільських – 75%. Висока оцінка земель Хмельницької і Тернопільської областей пояснюється не лише високою природною родючістю, але й найбільшою часткою ріллі, яка складає понад 60% площі території (рис. 1). Обмеженою є

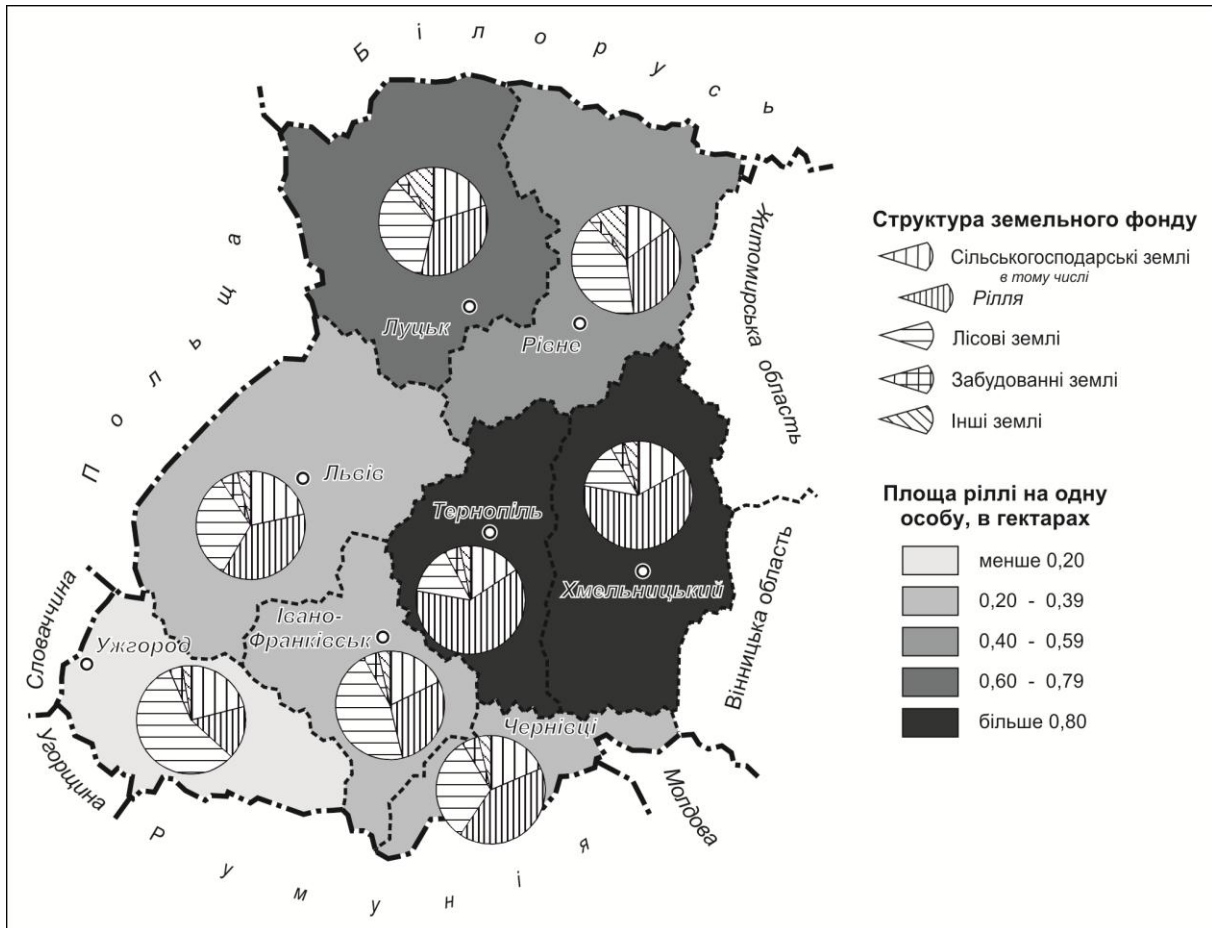


Рис. 1 – Земельний фонд ЗРУ, 2015*

*Авторська розробка на основі [3]

площа сільськогосподарських земель у гірських Закарпатській, Івано-Франківській і Чернівецькій областях, хоча кілька північно-східних районів Прикарпаття і Буковини мають дуже високий потенціал земельних ресурсів.

Останніми десятиліттями частка орних земель, особливо на Поліссі і Прикарпатті, поступово зменшується, частина їх переведена у перелоги. Це пояснюється кількома причинами. Насамперед не обробляються землі з низькою природною родючістю (дерново-підзолисті і дерново-глеєві ґрунти), у районах занедбаних меліоративних систем, щепенюваті та галькові ґрунти, що потребують високих затрат для механічного обробітку. Окрім того, вагомими є

соціально-економічні чинники. На початку 1990-их рр. більшість мешканців сільської місцевості намагалися отримати для ведення садибного господарства максимальні за площею ділянки (інколи понад 1 га). Згодом чимало селян стали трудовими мігрантами і відмовились від обробітку земель. Тому існує певна кореляція між відсотком трудових мігрантів і площами закинутих земель.

Загалом земельні ресурси ЗРУ, хоча і поступаються іншим регіонам України, мають величезний потенціал, що пояснюється кращими умовами зволоження. У Європі кращі природні властивості мають лише земельні ресурси Угорщини та окремих регіонів Франції. Кліматичні зміни, вдосконалення агротехніки, потреби світо-

вого продовольчого ринку зумовили зміну спеціалізації сільського господарства з більшою орієнтацією на посіви олійних культур (ріпак, соя та екзотичний раніше у ЗРУ соняшник) і кукурудзи.

У ЗРУ спостерігається тенденція скорочення площ ріллі (рис. 2). Протягом 1990–2015 рр. площа ріллі у володінні та користуванні усіх категорій господарств скоротилась на 459,5 тис. га і у 2015 р. ста-

новила 4 882 тис. га. Лише в Закарпатській області протягом цього періоду площа ріллі зростає на 4,2 тис. га. Натомість найбільше скорочення ріллі відбулось у Львівській (145,6 тис. га), Хмельницькій (95,0 тис. га) та Волинській (75,4 тис. га) областях.

Скорочення площ ріллі та низька інтенсивність використання пасовищ і сіножатей, через занепад скотарства, спричинили ряд

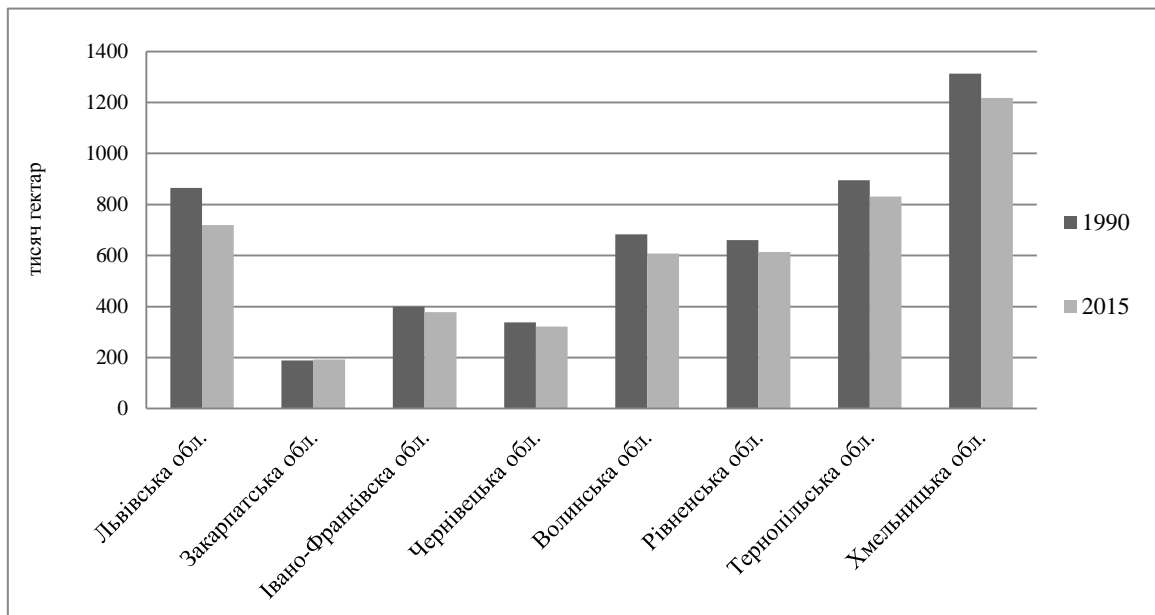


Рис. 2 – Площі ріллі у володінні та користуванні усіх категорій господарств ЗРУ, 1990–2015 рр.*

*Авторська розробка на основі [17; 19]

негативних явищ. Закинуті землі – сильно забур’янені осотом та борщівником, насіння яких розвівається на сусідні оброблені площі. Погіршується видовий склад травостою на природних і культурних луках. Чагарниками і лісом заростають створені за попередні десятиліття меліоративні системи. Та й окремі ділянки ріллі вже перетворилися у невеликі лісові масиви, що ставить багато викликів у майбутньому їх використанні.

Існує чимало проблем з реальною вартісною оцінкою сільськогосподарських угідь через відсутність ринку землі. Середня нормативна грошова оцінка 1 га ріллі на 1 січня 2017 р. становить 30 927,8 грн. (1137 дол. США) [1]. Натомість в окремих віддалених районах Полісся, Малеого Полісся, Передкарпаття вона складатиме менше 10 тис. грн. Зате у приміських зонах ділянки з хорошою природною родючістю та високою диференційною рентою II можуть коштувати десятки і сотні тисяч гривень за гектар. Вищою за середню буде ціна ріллі у Хмельницькій, Тернопільській на півдні Рівненської та Во-

линської областей, де переважають чорноземи і темно-сірі лісові ґрунти. У випадку скасування мораторію на продаж землі сільськогосподарського призначення експерти прогнозують зростання вартості 1 га майже в тричі – до 2990 дол. При цьому діапазон цін коливатиметься від 1480 до 6030 дол. за 1 га [13].

В Україні вже сформувався ринок землі несільськогосподарського призначення, особливо, для житлової забудови. Завдяки більшій щільності населення, нижчому рівню урбанізації, наявності сотень тисяч трудових мігрантів у кожній області земля для забудови у ЗРУ користується високим попитом. Максимально високою її ціна є у великих містах і може сягати млн. доларів США за га. У приміських зонах великих міст, навіть враховуючи високі інфляційні процеси в Україні, вона коливається від 1 до 4 тис. дол. за ар. Схожа ціна на землю сформувалася у курортних містах і селищах: Трускавець, Моршин, Яремче, Ворохта, Славське, Східниця, Ясіня, Міжгір’я, Шацьк та ін.

Водні ресурси. Зростає роль водних ресурсів ЗРУ, які мають загальнонаціональне та міжнародне значення (табл. 2). На регіон припадає понад 40 відсотків місцевого стоку України (близько 50% поверхневого і майже 60% підземного стоку [23]. Тут формується більше 90% загального стоку Дністра, 50% – Прута, 25% – Тиси, понад 10% – Дніпра, Пд. Бугу і Вісли. На жаль, більше половини місцевого стоку потрапляє за межі України через басейни різних річок: Тиси, яка зрошує

всю східну частину Угорщини; Дністра і Прута, які обмежують територію Молдови і є критично важливими для водопостачання цієї країни; Зх. Бугу і Сяну, що поповнюють, хоча і незначно, водний баланс Польщі; Серету та менших річок Буковини, які течуть через територію Румунії. За рахунок стоку Дністра і Пд. Бугу у значній мірі здійснюється водопостачання південно-західної частини України.

Для більшості територій ЗРУ водні ресурси є надлишковими і можуть слугувати

Таблиця 2

Пересічні багаторічні значення складових водного балансу областей ЗРУ [23]

Територіальні утворення	Стік, км ³	
	Поверхневий	Підземний
Львівська область	3.27	1.65
Закарпатська область	6.39	1.53
Івано-Франківська область	3.33	1.26
Чернівецька область	0.93	0.3
Волинська область	1.58	0.6
Рівненська область	1.56	0.77
Тернопільська область	1.01	0.8
Хмельницька область	1.58	0.56
ЗРУ	19.65 (49.9%)	7.47 (57.5%)
Україна	39.4 (100%)	13.0 (100%)

для розвитку водомістких виробництв. На Поліссі і Малому Поліссі збереглися невеликі масиви заповідних боліт, які регулюють поверхневий стік річок і є осередками збереження біорозмаїття. На території регіону немає великих за площею озер і водосховищ (окрім групи Шацьких озер і Дністровського водосховища). Все це створює певні загрози для водного балансу регіону у маловодні роки, як це мало місце влітку–восени 2015 р. (липень–листопад) та влітку 2016 р. (червень–вересень).

Оскільки більшість поселень регіону беруть воду із підземних джерел, останніми роками спостерігаємо різке пониження рівня ґрунтових вод. Причинами цього є не лише маловодність останніх років, а першою чергою багатократне зростання індивідуального водопостачання у сільській місцевості. Також різке зростання площі садибної забудови і забрукованих майданчиків в околицях великих міст та рекреаційних районах сприяє збільшенню поверхневого стоку на противагу підземному.

При існуючих тенденціях глобальних змін клімату Західний регіон може стати ключовим для водної безпеки України та

сусідньої Молдови. Це потребуватиме масштабних робіт по регулюванню водного стоку, створення каскадів водосховищ у гірських і каньйоноподібних ділянках річкових долин, максимального очищення і поглиблення існуючих ставків та водосховищ (інколи всупереч потребам ставкового рибництва), переведення меліоративних систем у режим роботи «осушення – зрошення», максимальної рекультивативної відпрацьованих кар'єрів під водні об'єкти. Доцільно, також, проаналізувати можливість перекидання невеликих обсягів води із басейнів Зх. Бугу, Сяну і Тиси, Прута у басейни Дністра і Дніпра, враховуючи інтереси сусідніх країн.

Біологічні ресурси. Біологічні ресурси регіону насамперед представлені лісовими. ЗРУ має найвищу лісистість в Україні, а ліси Карпат мають і найвищий запас деревини на одиницю площі (рис. 3). Офіційна статистика свідчить про зростання площі лісів, але немає достовірних даних про лісовкриті площі. Знову ж таки, за офіційними джерелами площа насаджень лісу перевищує площу рубок. Реальний стан справ значно гірший, оскільки здійснюються незаконні рубки лісу на великих площах. Здебільшого

увага громадськості і наукових кіл концентрується на знищенні карпатських лісів. Ця проблема і справді там є надзвичайно важливою через ряд супутніх негативних природних процесів. Варварське вирубування лісу без збереження молодняка і підліску зумовлює майже повний змив ґрунтового покриву, посилення ерозії, зсувних процесів, катастрофічних паводків. Ділянки суцільних рубок тут добре помітні візуально та на аерокосмічних знімках. Там практично неможливе самовідновлення лісу без вартісних протиерозійних і лісівничих заходів.

Проте, набагато більші площі вирубування лісів характерні для Полісся. Це пояснюється як легкістю лісоексплуатації на рівнинних ділянках так і породним складом лісу. Тут переважає сосна і дуб, які є високоліквідним товаром на європейському та українському ринках. Основною функцією понад 3/4 лісових земель Полісся є виробництво деревини (Волинська область – 79,9%, Рівненська – 77,5%). Частка лісів першої групи, які мають природоохоронні функції, тут найнижча в Західному регіоні (рис. 4).

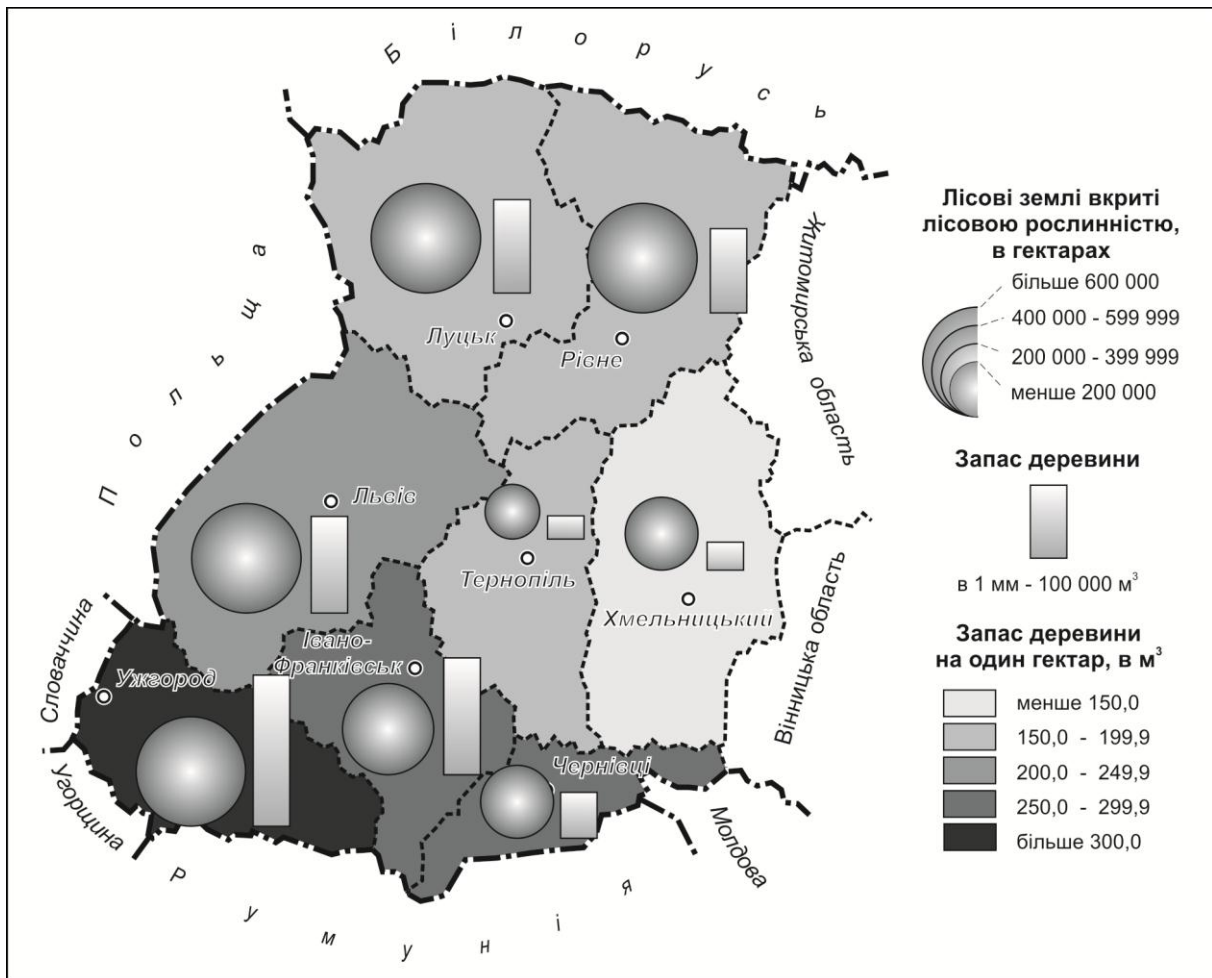


Рис. 3 – Лісові ресурси ЗУР, 2015*

*Авторська розробка на основі [3–5; 8–12; 14]

Незаконні рубки на Поліссі досить складно виявити. Вони проводяться переважно в середині великих лісових масивів, що при плоскому рельєфі дозволяє візуально приховати реальні площі знищення лісу. Їх можна побачити лише на космознімках. Відсутність ерозії, швидке перегнивання лісосічних залишків сприяє процесам самовідновлення лісу, які за кілька років пода-

ються як території, на яких проведено лісонасадження.

Значно краще збереглися ліси Розточчя і Поділля через високу частку заповідних територій а також переважання у деревостанах бука і граба, які мають обмежене застосування у деревообробній та целюзно-паперовій промисловості. Але поступовий перехід деревообробки на виробниц-

тво пресованого брусу і різке подорожчання газу, що зумовлює зростання обсягу заготовлі дров, може загрожувати і цим лісам.

На біологічну продуктивність лісових ресурсів значний вплив мають кліматичні зміни. Тепліші і вологіші роки сприяють максимальному приросту деревини. Зате тривалі посухи двох останніх років загрожують насадженням хвойних у Карпатах (ялина європейська) та на Поділлі, де у змішаних деревостанах хвойні поступово всихають. Загалом потенціал біологічних ресурсів ЗРУ останніми десятиліттями помітно зріс завдяки збільшенню площ угідь

вкритих природною рослинністю та заповідних територій, зменшенню застосування отрутохімікатів у сільському господарстві. Тому збільшився приріст біомаси лікарських рослин, ягід, грибів, хоча реальні запаси цих видів ресурсів потребують детального дослідження.

Різко коливається чисельність мисливських тварин. З одного боку збільшуються ареали їх поширення і кормова база, з іншого – зростають випадки епізоотій (наприклад, африканської чуми свиней) та масового браконьєрства. Окремого вивчення вимагають зміни видового складу у

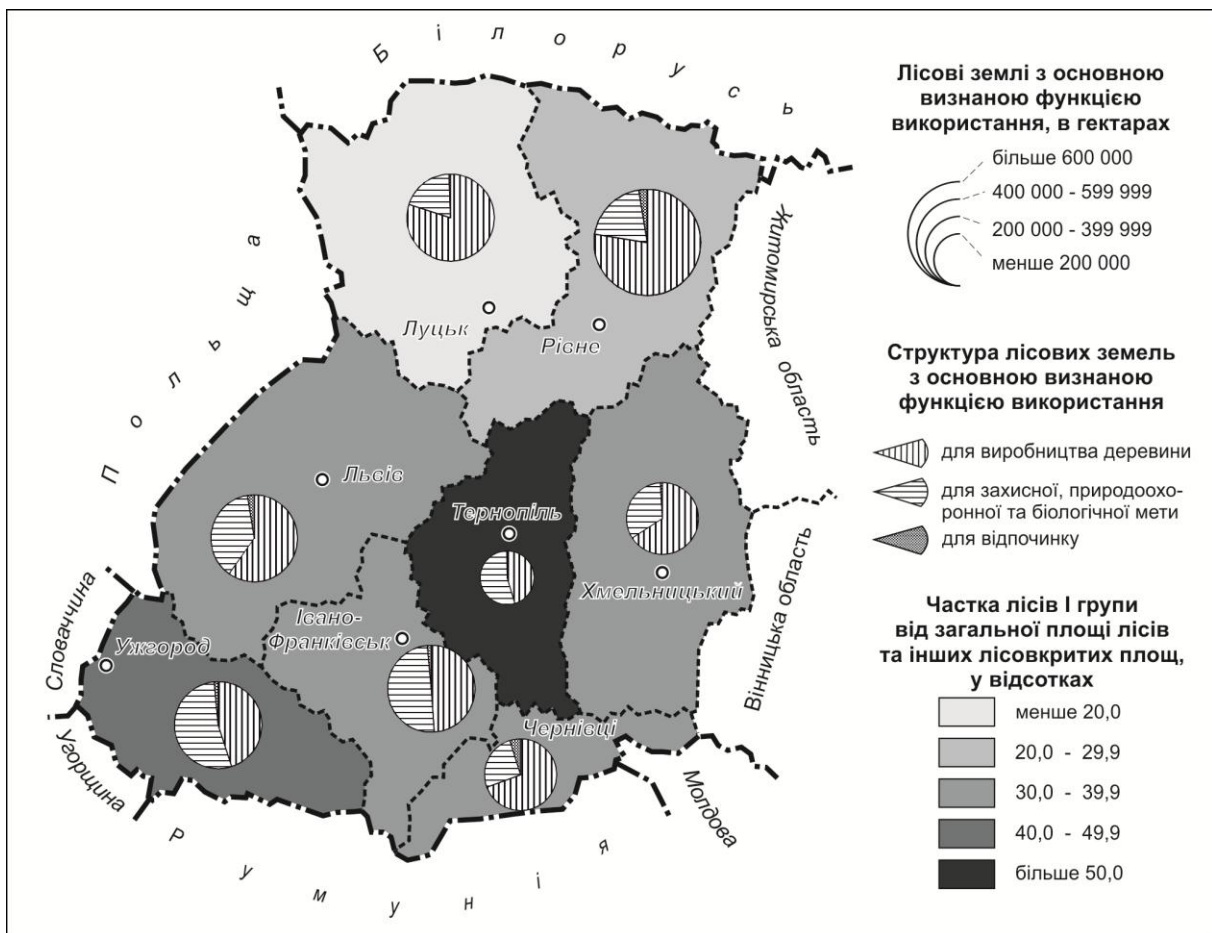


Рис. 4 – Використання та основні функції лісових ресурсів ЗРУ, 2015*

*Авторська розробка на основі [16]

зв'язку із плановою (ялина європейська, дуб червоний) чи випадковою (наприклад, колонадський жук, мінуючи міль) інтродукцією багатьох нових видів рослин і тварин. Такі дослідження потребують спільної праці вчених багатьох сусідніх країн.

Рекреаційні ресурси. Все більшого значення для соціально-економічного комплексу ЗРУ мають рекреаційні ресурси, які

складають від 5–7% у Тернопільській, Хмельницькій, Рівненській областях і до 17–28% в Івано-Франківській та Закарпатській областях [15]. За своєю структурою вони дуже близькі до сусідніх держав – Польщі, Словаччини, Угорщини та інших середньоевропейських країн. Є чимало аналогів у Європі і каньйоноподібній долині Дністра з її відомими печерами. Своєю унікальністю виріз-

няються сірководневі води Трускавця й Східниці та праліси Карпат. Найбільше значення ресурси ЗРУ мають для українського ринку рекреаційних послуг (гірськолижний, пішохідний, пізнавальний туризм). В умовах посушливих та спекотливих літніх типів погоди лише в Карпатах та на Поліссі можна знайти приємну прохолоду для відпочинку мешканцям індустріальних регіонів України.

Різко підвищують потенціал природних рекреаційних ресурсів їх поєднання з історико-культурними ресурсами. Наявність багатьох пам'яток архітектури, діючих сакральних об'єктів, збережені народні традиції та мальовничі ландшафти створюють синергійний ефект, що сприяє ефективнішому використанню природно-ресурсного потенціалу. Західний регіон має поєднання ресурсів середньоевропейського типу із нижчим рівнем розвитку інфраструктури та великою ціновою палітрою. Найдешевшим є самодіяльний туризм та відпочинок, вартість якого вимірюється ціною трансферту та харчування. Доступ у більшість заповідних та музейних об'єктів є значно нижчим від вартості

відповідних послуг у сусідніх країнах. Тому такі мандрівки Західною Україною, де на відміну від сусідніх районів Європи є достатньо місць для неорганізованого туризму, приваблюють окремих громадян європейських країн. Зате європейські ландшафти і культура та відсутність мовних бар'єрів роблять ЗРУ надзвичайно привабливим для туристів із пострадянського простору (Білорусь, раніше Росія). У майбутньому, можливістю познайомитися із «Європою за зниженими цінами» будуть користуватися туристи з Азії, зокрема Китаю.

Природно-заповідний фонд регіону є загальнонаціональним надбанням, адже складає понад третину його загальної площі в Україні (39,3%) [7]. Його частка в областях ЗРУ коливається від 7 до 15%. Найвищі значення характерні для Івано-Франківської (15,71%) і Хмельницької (15,15%) областей (рис. 5). Найменше значення – у Львівській області (7,13%). Незважаючи на найвищі показники заповідності території регіону в Україні, та суттєве збільшення їх площі в роки Незалежності, ці значення не є оптима-

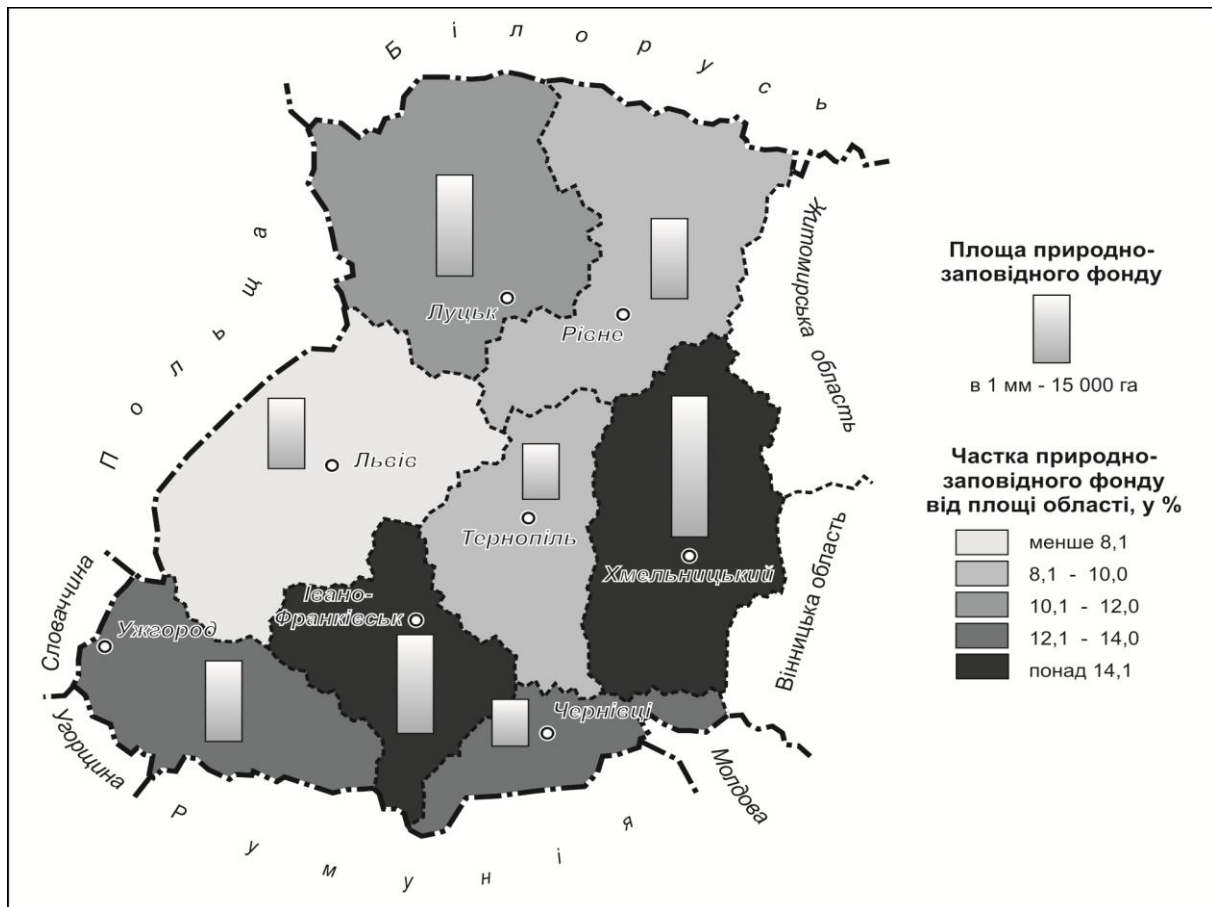


Рис. 5 – Природно-заповідний фонд ЗРУ, 2015*

* Авторська розробка на основі [7]

льним. Для країн Західної Європи частка ПЗФ становить значно більше 15% (до прикладу у сусідній Польщі – 32,5%, Німеччині – 27,9%).

Тенденція до збільшення площ природно-заповідного фонду у регіоні збережеться у наступні роки. Цьому сприяє потенціал біологічного та ландшафтного різноманіття краю. Про це свідчить і той факт, що за останні сім років (2008–2015 рр.) загальна частка ПЗФ у регіоні зросла майже на 1,5%. Найбільш інтенсивно цей процес відбувається у Чернівецькій (2008 р. – 10,4%; 2015 р. – 12,8%), Закарпатській (12,2%; 14,0% відповідно) та Івано-Франківській (14,0%; 15,71%) областях.

Мінеральні ресурси. Суттєвої переоцінки вимагають мінеральні ресурси регіону. Поклади паливно-енергетичної та хімічної сировини, які раніше мали загальнодержавне та міжнародне значення, дотепер сильно вичерпані і не можуть забезпечити навіть регіональних потреб.

Зате, надзвичайно різноманітними є ресурси будівельних матеріалів. Граніти Рівненщини, пісковики Придністеря і Карпат, вапняки Поділля є найвідомішими. Величезними є поклади цементної і цегельної сировини, гіпсів, будівельних і скляних пісків, гравійно-галькових сумішей. Вартість однієї тонни будматеріалів є невисокою, але лише їх промислові запаси оцінюються в мільярди тон, що робить їх поклади найбільш вартісними серед мінеральних ресурсів. Будматеріали поширені повсюдно, що робить їх важливою економічною базою розвитку місцевих громад. На жаль, велика кількість будівельної сировини видобувається нелегально або напівлегально, що зумовлює чимало екологічних проблем. Подібна ситуація склалася із видобутком унікальних покладів бурштину на Поліссі, особливо у Рівненській області.

Століттями важливою основою економіки Передкарпаття був видобуток солі, здебільшого із розсолів. Через велику енергоємність випаровування солі та складні гідрогеологічні умови на Солотвинському родовищі (Закарпаття) видобуток кухонної солі у ЗРУ майже припинився (окрім Дрогобича), хоч поклади її досить великі. Поки що розробляються калійні солі у Калуші, і законсервоване виробництво у Стебнику. Їх поклади могли б забезпечити потреби України, але видобуток вимагає сучасних технологій та інвестицій

для вирішення багатьох екологічних проблем. Оскільки поклади калійних солей у світі обмежені, можна спрогнозувати відновлення їх активної експлуатації. Натомість, ще досить великі залишки покладів сірки у районах Яворова і Нового Роздолу варто законсервувати на найближчі десятиліття, оскільки у світі спостерігаємо її перевиробництво.

Невеликі родовища рудної сировини слугували основою окремих промислів ще у часи середньовіччя. Розробка дрібних покладів ртуті, поліметалів, алюмінієвих руд, золота на Закарпатті та міді на Волині зараз є нерентабельним через різке падіння цін на рудну сировину у світі. З часом освоєння окремих з них можливе з використанням новітніх технологій та комплексної переробки сировини.

Чималі поклади нафти у Передкарпатті були виснажені ще у першій половині ХХ століття, а газу – у другій. Зараз розвідані значні нафтогазоносні площі на Закарпатті і Волині, а сланцевого газу – на Поділлі (Олеське родовище). Але низький рівень цін на вуглеводні останніми роками, відсутність інвесторів та технологій переносить реальну оцінку покладів нафти і газу і їх розробку на віддалену перспективу. Ще гірша ситуація із менілітовими сланцями низькогір'я Карпат, які містять мільярди тон вуглеводнів, але через відсутність технологій не можуть використовуватися.

Невеликий за розмірами Львівсько-Волинський вугільний басейн насправді є лише південно-східною окраїною значно більшого Люблінського басейну, який у Польщі майже не розробляється. Більшість шахт Червонограда і Нововолинська вже відпрацювали продуктивні пласти і потребують закриття. Перспективні ділянки (Тягівська і Любельська площа) мають складні умови видобутку і занадто малі поклади для рентабельного видобутку у сучасних умовах. Поклади торфу які є на Поліссі і локально на Передкарпатті тепер краще використовувати як цінне органічне добриво.

Територіальні поєднання природних ресурсів. Природні ресурси часто розміщуються територіально близько в просторі, що має позитивне значення у їх використанні. Такі територіальні поєднання ресурсів можуть формуватися ресурсами різних земних сфер. До прикладу візьмемо унікальні мінеральні води Трускавця, ресурси хімічної про-

мисловості (калійні солі) Стебника і нафтогазоносні родовища Дрогобицького регіону. Тут утворюється своєрідне локальне поєднання природних ресурсів – Бориславсько-Трускавецьке.

У гірській частині ЗРУ особливо чітко поєднуються ресурси мінеральних вод різного речовинного і газового складу Виділено десять локальних територіальних поєднань: Свалявське, Міжгірське, Тячівське, Ясинівсько-Рахівське, Новоселицьке, Путильське, Косівське, Моршинсько-Болехівське, Трускавецько-Східницьке, Калусько-Солотвинське.

Майже кожна із них містить у собі ресурси паливно-енергетичної і хімічної групи: 1. Бориславсько-Трускавецьке (мінеральні води, калійні та кухонні солі, озокерит, нафта, газ), 2. Долинсько-Моршинське (нафта, газ,

калійні солі, озокерит), 3. Рахівсько-Солотвинське (кам'яна сіль, природний газ), 4. Калусько-Солотвинське (калійні солі, грязевий, мазутний газ та ін.), 5. Путильське (нафта, природний газ, озокерит та ін.).

У таких територіальних поєднаннях виникає проблема пріоритетності у використанні того чи іншого природного ресурсу, тобто визначення спеціалізації регіону. Адже, зазвичай, використання одного ресурсу створює проблеми у використанні іншого. Тому, головним критерієм у визначенні пріоритетності розвитку та використання природно-ресурсних поєднань повинна бути екологічна складова. Наступними критеріями повинні слугувати соціальні та економічні вигоди від використання природних ресурсів.

Висновки

Сировинна орієнтація економіки ЗРУ вже в минулому. Малоімовірно різке підвищення цін на викопне паливо (особливо в умовах запровадження Паризької кліматичної угоди), яке дозволило б розглядати доведені запаси у десятки мільйонів тон нафти і сотні мільйонів тон вугілля як важливий ресурс для розвитку регіону. Зате тут сконцентрована майже половина ще не використаних гідроенергоресурсів України та добрі умови для розвитку вітрової, сонячної і геотермальної енергетики.

Саме альтернативні джерела енергії можуть стати новою точкою росту економіки ЗРУ. Окрім сонячної і вітрової, великі перспективи розвитку має виробництво біогазу, сировинною базою якого можуть стати десятки мільйонів тон органічних відходів і розвиток геотермальної енергетики Закарпатської області. Зростатиме часка рекреаційних ресурсів регіону, які вже стали потужною основою розвитку туризму та санітарно-курортного комплексу. Але потенціал рекреаційних ресурсів регіону використовується недостатньо, особливо на Поділлі, Опіллі та у багатьох поліських районах.

Земельні ресурси не втратять своє важливе значення. Впровадження сучасних технологій зробили вже зараз привабливими для агробізнесу середньо і слабо родючі землі, які

перестали використовуватись на початку 2000-их рр. Окрім того, зручне економіко-географічне положення, густа транспортна мережа зумовлюють постійне зростання цін на землю як територіальний ресурс. Безумовно зростатиме роль водних ресурсів регіону як у загальнодержавному так і міжнародному значенні.

Значний, та у великій мірі не реалізований, природно-ресурсний потенціал Західного регіону України отримує не співмірно низьку частку капітальних інвестицій на охорону та раціональне використання природних ресурсів у загальнодержавному масштабі – 268,6 млн. грн. (3,5% від їх загальної кількості) [18]. Проблема фінансування природно-ресурсної сфери регіон може бути використана шляхом залучення інвестицій із Європейського Союзу, чому сприяє прикордонне розміщення ЗРУ. Позитивний вплив матиме залучення приватного сектору в природно-ресурсний менеджмент, особливо у тих сферах які можуть стати новими точками росту економіки – зелена енергетика та рекреаційні ресурси.

Адже вже зараз в регіоні спостерігається загальноєвропейська тенденція до згортання видобутку корисних копалин, більш ефективно використання відновних ресурсів та потужний старт альтернативної енергетики.

Література

1. Бюлетень «Огляд стану земельних відносин в Україні», №3, лютий 2017. Державна служба геодезії, картографії та кадастру. URL: <http://land.gov.ua/info/biuletен-ohliad-stanu-zemelnykh-vidnosyn-v-ukraini-3-liutyi-2017-roku/> (дата звернення: 18.05.2017).

2. Вашченко О. Т. Природні ресурси західних районів УРСР. Львів : Книжково-журнальне видавництво, 1959. 131 с.
3. Довкілля України за 2015 рік: статистичний збірник / За ред. О. М. Прокопенко. Київ : Державна служба статистики України, 2016. 242 с.
4. Загальна характеристика лісів Рівненщини . Рівненське обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <http://rivnelis.gov.ua/material/119> (дата звернення: 18.05.2017).
5. Загальна характеристика області. Чернівецьке обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <http://www.cvoulg.cv.ukrtel.net/harakter.html> (дата звернення: 18.05.2017).
6. Івах Я. С. Еколого-географічна оцінка природних умов і ресурсів Львівської області. //Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2006. №33. С. 122–129
7. Інформація про природно-заповідний фонд України, станом на 01.01.2016. Відповідь на запит на публічну інформацію. Міністерство екології та природних ресурсів України. Департамент екомережі та природно-заповідного фонду. URL: <http://www.menr.gov.ua/access/presentation> (дата звернення: 19.04.2017)
8. Ліси Івано-Франківщини. Івано-Франківське обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <http://www.ifforestry.gov.ua/lisi-ivano-frankivshchini> (дата звернення: 18.05.2017).
9. Лісівництво. Тернопільське обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <http://ternopillia.gov.ua/work/lisivnytstvo> (дата звернення: 18.05.2017).
10. Лісове господарство . Закарпатське обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <https://zakarpatlis.gov.ua/napryamky-diyalnosti/lisove-hospodarstvo/> (дата звернення: 18.05.2017).
11. Лісове господарство Львівської області: сучасний стан, динаміка, проблеми та перспективи розвитку у 2016 році. Львівське обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <http://www.lvivlis.com.ua/file/LG%20suchasnyy%20stan%20i%20perspektyvy%202016.PDF> (дата звернення: 18.05.2017).
12. Лісовий ресурс служить державі. Волинське обласне управління лісового та мисливського господарства. URL: <http://lis.volyn.ua/?p=10892> (дата звернення: 18.05.2017).
13. Нізалов Д., Нів'євський О., Прокопенко О. Ціни на землю та обсяг ринку: на що очікувати в Україні. URL: <https://voxukraine.org/2016/01/18/land-prices-and-size-of-the-market-what-to-expect-for-ukraine-ua/> (дата звернення – 18.05.2017)
14. Паспорт області. Хмельницька обласна рада. URL: <http://km-oblrada.gov.ua/khmelnitsky-region/> (дата звернення – 18.05.2017).
15. Руденко В. П. Географія природно-ресурсного потенціалу України. У 3-х част.: підручник. Чернівці : Чернівецький національний університет, 2010. 552 с.
16. Статистична форма 6-зем 2015. Відповідь на запит на публічну інформацію / Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Режим доступу <http://land.gov.ua/podaty-zapyt-na-publichnu-informatsiu/> (дата звернення – 27.01.2017).
17. Статистичний збірник «Регіони України» 2004: В 2 ч. Частина 2 / За ред. О. Г. Осауленка. – Київ : Державна служба статистики України, 2005. 800 с.
18. Статистичний збірник «Регіони України» 2016. В 2 ч. Частина 1 / За ред. І. М. Жук. Київ : Державна служба статистики України, 2016. 299 с.
19. Статистичний збірник «Регіони України» 2016. В 2 ч. Частина 2 / За ред. І. М. Жук. Київ : Державна служба статистики України, 2016. 692 с.
20. Шаблій О. І. Суспільна географія: теорія, історія, українознавчі студії. Львів : Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2001. 734 с.
21. Шаблій О. І., Трохимчук С. В. Аридизація Західного регіону України. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр.* 1994. №19. С. 26–32.
22. Шубер П. М. Динаміка змін клімату у другій половині ХХ і на початку ХХІ століття та її вплив на лісові фітоценози гірської частини Львівської області. *Науковий вісник Нац. лісотех. ун-ту України.* 2009. №19.15. С. 276–284.
23. Щербак А. Водний кадастр. Географічна енциклопедія України: у 3 т. / Редколегія: О. М. Маринич (відпов. ред.) та ін. Київ : «Українська Радянська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, 1989. Т. 1: А–Ж. С. 201.
24. Rydnutskiy S. Map of natural wealth of Eastern Galicia (1:1 000 000). Wien, 1922.

References

1. Bulletin «Review of the state of land relations in Ukraine», (2017). 3. Available at: <http://land.gov.ua/info/biuletenuhliad-stanu-zemelnykh-vidnosyn-v-ukraini-3-liutyi-2017-roku/> [in Ukrainian].
2. Vashchenko, O. T. (1959). Pryrodni resursy zakhidnykh rayoniv URSR. [Natural resources of the western regions of the Ukrainian SSR]. Lviv: Book-magazine publishing house, 131. [in Ukrainian].

3. Prokopenko, O. M. (2016). Dovkillya Ukrayiny za 2015 rik: statystychnyy zbirnyk [The Environment of Ukraine for 2015: Statistical Collection]. Kyiv: State Statistics Service of Ukraine, 242. [in Ukrainian].
4. Zahal'na kharakterystyka lisiv Rivnenshchyny (2017). Rivnens'ke oblasne upravlinnya lisovoho ta myslyvs'koho hospodarstva [General characteristics of the Rivne region forests. Rivne Regional Department of Forestry and Hunting]. Available at: <http://rivnelis.gov.ua/material/119> [in Ukrainian].
5. Zahal'na kharakterystyka oblasti (2017). Chernivets'ke oblasne upravlinnya lisovoho ta myslyvs'koho hospodarstva. [General characteristics of the area. Chernivtsi Regional Department of Forestry and Hunting]. Available at: <http://www.cvoulg.cv.ukrtel.net/harakter.html> [in Ukrainian].
6. Ivakh, Ya. Ye. (2006). Ekoloho-heohrafichna otsinka pryrodnykh umov i resursiv L'vivs'koyi oblasti [Ecological-geographical estimation of natural conditions and resources of the Lviv region]. Visnyk of Lviv University. Series. Geography, 33, 122–129. [in Ukrainian].
7. Informatsiya pro pryrodno-zapovidnyy fond Ukrayiny (2016). [Information on the nature reserve fund of Ukraine]. Available at: <http://www.menr.gov.ua/access/presentation> [in Ukrainian].
8. Lisy Ivano-Frankivshchyny. (2017) [Forests of Ivano-Frankivsk region.] Available at: <http://www.ifforestry.gov.ua/lisi-ivano-frankivshchini> [in Ukrainian].
9. Lisivnytstvo (2017). [Arboriculture.] Available at: <http://ternopilis.gov.ua/work/lisivnytstvo> [in Ukrainian].
10. Lisove hospodarstvo (2017). [Forestry]. Available at: <https://zakarpatlis.gov.ua/napryamky-diyalnosti/lisove-hospodarstvo> [in Ukrainian].
11. Lisove hospodarstvo L'vivs'koyi oblasti: suchasnyy stan, dynamika, problemy ta perspektyvy rozvytku u 2016 rotsi (2017). [Forestry of Lviv region: current state, dynamics, problems and prospects of development in 2016.] Available at: <http://www.lvivlis.com.ua/file/LG%20suchasnyy%20stan%20i%20perspektyvy%202016.PDF> [in Ukrainian].
12. Lisovy resurs sluzhyt' derzhavi (2017). [Forest resource serves the state]. Available at: <http://lis.volyn.ua/?p=10892> [in Ukrainian].
13. Nizalov, D., Niv'yevs'kyu, O., Prokopenko, O. (2017). Tsiny na zemlyu ta obsyah rynku: na shcho ochikuvaty v Ukrayini [Land prices and market volume: what to expect in Ukraine]. Available at: <https://voxukraine.org/2016/01/18/land-prices-and-size-of-the-market-what-to-expect-for-ukraine-ua> [in Ukrainian].
14. Pasport oblasti (2017). [Passport of the region]. Available at: <http://km-oblrada.gov.ua/khmelnysky-region/> [in Ukrainian].
15. Rudenko, V. P. (2010). Heohrafiya pryrodno-resursnoho potentsialu Ukrayiny. U 3-kh chast.: pidruchnyk [Geography of natural resource potential of Ukraine. In 3 parts: the textbook]. Chernivtsi: Chernivtsi National University. 552. [in Ukrainian].
16. Статистична форма 6-зем 2015. Відповідь на запит на публічну інформацію / Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Режим доступу <http://land.gov.ua/podaty-zapyt-na-publichnu-informatsiiu/> (дата звернення – 27.01.2017). / Statystychna forma 6-zem 2015. Vidpovid' na zapyt na publichnu informatsiyu [Statistical Form 6-2015. Response to Public Information]. Available at: <http://land.gov.ua/podaty-zapyt-na-publichnu-informatsiiu/> [in Ukrainian].
17. Osaulenko, O. H. (2005). Statystychnyy zbirnyk «Rehiony Ukrayiny» 2004. [Statistical collection «Regions of Ukraine» 2004]. Kyiv: State Statistics Service of Ukraine, 2, 800. [in Ukrainian].
18. Zhuk, I. M. (2016). Statystychnyy zbirnyk «Rehiony Ukrayiny» 2016. [Statystychnyy zbirnyk «Rehiony Ukrayiny»]. 1, 299. [in Ukrainian].
19. Zhuk, I. M. (2016). Statystychnyy zbirnyk «Rehiony Ukrayiny» 2016. [Statystychnyy zbirnyk «Rehiony Ukrayiny»], 2, 692. [in Ukrainian].
20. Shabliy, O. I. (2001). Suspil'na heohrafiya: teoriya, istoriya, ukrayinoznachchi studiyi. [Public geography: theory, history, Ukrainian studies studios]. Lviv, Publishing Center of the Ivan Franko National University of Lviv, 734 [in Ukrainian].
21. Shabliy, O. I., Trokhymchu, S. V. (1994). Arydyzatsiya Zakhidnoho rehionu Ukrayiny [Arbitration of the Western region of Ukraine]. Visnyk of Lviv University. Series. Geography, 19, 26–32. [in Ukrainian].
22. Shuber, P. M. (2009). Dynamika zmin klimatu u druhyi polovyni XX i na pochatku XXI stolittya ta yiyi vplyv na lisovi fitotsenozy hirs'koyi chastyny L'vivs'koyi oblasti [Dynamics of climate change in the second half of the XX and the beginning of the XXI century and its influence on forest phytocoenoses of the mountainous part of Lviv region]. Scientific Herald of the National Forestry University of Ukraine, 19.15, 276–284. [in Ukrainian].
23. Shcherbak, A. (1989). Vodnyy kadastr. Heohrafichna entsyklopediya Ukrayiny: u 3 t. [Water cadastre. Geographic Encyclopedia of Ukraine]. 1, 201. [in Ukrainian].
24. Rydnutskiy, S. (1922). Map of natural wealth of Eastern Galicia (1:1 000 000). Wien. [in English].

Надійшла до редколегії 21.09 2017

УДК 911.2:556

К. М. КАРПЕЦЬ, канд. геогр. наук, доц.
Національний університет цивільного захисту України
вул. Чернишевська, 94, Харків, 61023, Україна
kostyazevs@gmail.com

ФЛЮВІАЛЬНА МЕРЕЖА ВОДОЗБІРНОГО БАСЕЙНУ ЯК ЛАНДШАФТНО-ГЕОХІМІЧНА АРЕНА ЗАБРУДНЕННЯ ТА САМООЧИЩЕННЯ

Мета. Оцінити можливості самоочищення флювіальної мережі водозбірних басейнів з точки зору ландшафтно-геохімічних властивостей субводозборів нижчих порядків. **Результати.** Розглядаючи процеси та явища техногенних забруднень у межах географічного ландшафту, в рамках певних дослідницьких узагальнень границі ландшафту можна вважати прямим результатом просторових закономірностей взаємодії двох основних факторів ландшафтних динаміки й розвитку – флювіального рельєфу і гідрологічного режиму території. Під флювіальною геоморфосистемою розуміємо геоморфосистему флювіального функціонально-генетичного ряду. Остання є моделлю певної онтологічної сутності, актуальної геосистеми (природної системи) – гідролого-геоморфологічної системи водозбору, елементи якої поєднуються у просторово-функціональне ціле саме через флювіальний процес – генетичний різновид загального процесу рельєфоутворення, який в рамках лімітрофної предметної галузі розглядається єдиним гідролого-геоморфологічним процесом. **Висновки.** Водозбірний басейн можна розглядати як геосистему, це впливає з того, що основні характеристики флювіальної мережі водозбору визначаються здатністю мимовільного впорядкування в його межах субводозборів нижчих порядків. Флювіальна мережа є одним із найбільш важливих оцінювальних показників, так як сприяє перерозподілу енергії і речовин в системі взаємодії природних компонентів. Саме флювіальна мережа визначає ступінь дренажності, інтенсивності ерозійних процесів і напрям поверхневого стоку. Для оцінки самоочищення водозбірних басейнів є значущими такі характеристики рельєфу його поверхні, як глибина вертикального розчленування і крутизна схилів, які визначають напрям потоку речовини і здатність водозбору до самоочищення. Чим вище значення цих параметрів і тим більше швидкості поверхневого стоку, тим значно більша здатність водозбору до самоочищення.

Ключові слова: флювіальний басейн, водозбір, геохімічна арена, рельєфоутворення, середовище переносу

Karpets K. M.

National University of Civil Protection of Ukraine

FLUVIAL NETWORK OF WATER BURNING BASIN AS LANDSCAPE-GEOCHEMICAL ARENE OF POLLUTION AND SELF-INSPECTION

Purpose. To evaluate the possibilities of self-purification of the fluvial network of the catchment basin from the point of view of landscape geochemical properties of the sub-bodies of lower orders. **Results.** Considering the processes and phenomena of technogenic pollution within the limits of the geographical landscape, within the framework of certain research generalizations of the boundary of the landscape can be considered a direct result of the spatial patterns of interaction between the two main factors of landscape dynamics and development - the flyuvial relief and hydrological regime of the territory. Under the fluvial geomorphological system, we understand the geomorphosystem of the fluvial functional-genetic series. The latter is a model of a certain ontological essence, an actual geosystem (the natural system) - the hydro-geomorphological system of the catchment [8], the elements of which are combined into a spatial-functional whole, precisely because of the fluvial process - the genetic type of the general process of relief formation, which, within the framework of the limitotrophic subject industry, hydro-geomorphological process. **Conclusions.** The water basin can be considered as a geosystem, it follows from the fact that the main characteristics of the fluvial water catchment network are determined by the ability to spontaneously organize within its boundaries subquests of lower orders. Fluvial network is one of the most important evaluation indicators, as it contributes to the redistribution of energy and substances in the system of interaction of natural components. It is the fluvial network that determines the degree of drainage, the intensity of erosion processes and the direction of surface runoff. To assess the self-cleaning of the catchment basin, the following characteristics of the relief of its surface are significant, such as the depth of vertical dismemberment and steepness of the slopes, which determine the direction of the flow of matter and the capacity of the catchment for self-purification. The higher the value of these parameters and the greater the speed of the surface runoff, the much greater capacity of the catchment to self-purification.

Keywords: fluvial pool, catchment, geochemical arena, relief formation, transfer medium

Карпец К. М.

Національний університет громадянської захисти України

ФЛЮВІАЛЬНА СЕТЬ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА КАК ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ АРЕНА ЗАГРЯЗНЕНИЯ И САМООЧИЩЕНИЯ

Цель. Оценить возможности самоочищения флювиальной сети водосборного бассейна с точки зрения ландшафтно-геохимических свойств субводосборов низших порядков. **Результаты.** Рассматривая процессы и явления техногенных загрязнений в пределах географического ландшафта, в рамках определенных исследовательских обобщений границы ландшафта можно считать прямым результатом пространственных закономерностей взаимодействия двух основных факторов ландшафтной динамики и развития – флювиального рельефа и гидрологического режима территории. Под флювиальной геоморфосистемой понимаем геоморфосистему флювиального функционально-генетического ряда. Последняя является моделью определенной онтологической сущности, актуальной геосистемы (природной системы) – гидролого-геоморфологической системы водосбора, элементы которой сочетаются в пространственно-функциональное целое именно из-за флювиальных процесс – генетический вид общего процесса рельефообразования, который в рамках лимитрофной предметной отрасли рассматривается единственным гидролого-геоморфологическим процессом. **Выводы.** Водосборный бассейн можно рассматривать как геосистему, исходя из того, что основные характеристики флювиальной сети водосбора определяются способностью самопроизвольного упорядочения в его пределах субводосборов низших порядков. Флювиальная сеть является одним из самых важных оценочных показателей, так как способствует перераспределению энергии и веществ в системе взаимодействия природных компонентов. Именно флювиальная сеть определяет степень дренажности, интенсивности эрозионных процессов и направление поверхностного стока. Для оценки самоочищения водосборного бассейна значимые такие характеристики рельефа его поверхности, как глубина вертикального расчленения и крутизна склонов, которые определяют направление потока вещества и способность водосбора к самоочищению. Чем выше значения этих параметров и тем больше скорости поверхностного стока, тем значительно больше способность водосбора к самоочищению.

Ключевые слова: флювиальный бассейн, водосбор, геохимическая арена, рельефообразование, среда переноса

Деякі дослідники найбільш організованою формою, пов'язаною з флювіацією (під флювіацією вони розуміють процес спільного руху частинок ґрунту і розчинених сполук у водному потоці, який створює певні літо-морфологічні комплекси і, відповідно, організацію малюнка денної поверхні, тобто флювіальні ландшафти), вважають флювіальний басейн.

Ці ж саме дослідники визначають, що останній можна визначити як просторову організацію активних поверхонь взаємодії водного потоку зі структурою земної поверхні, яка дозволяє потоку відбирати і відтворювати найбільш ефективний режим функціонування в даних умовах.

Саме флювіація як єдиний процес призводить до утворення басейну як утворення з порушеною симетрією. Так, флювіальний басейн – це система яка разом з флювіацією утворює механізм самовідтворення та виступає в ролі фактору забруднення та самоочищення постійних водотоків [1].

Флювіальна мережа – це не тільки певна модель реальної мережі ерозійних форм рельєфу, але й певна характеристика геоморфологічного процесу, який створив ці форми. Носієм же останнього є середовище

переносу гідролого-геоморфологічної системи водозбору. Тоді, якщо прийняти флювіальну мережу певним аспектом предмета дослідження, це поняття відобразить деякі якості і характеристики об'єкта – середовища переносу гідролого-геоморфологічної системи водозбору, до якого напевне відноситься гідрологічне середовище русел міських річок.

Приймаючи необхідність визначення форми і змісту дослідницького предмета, під останнім і розуміються ті модельні властивості, які вдасться відтворити, моделюючи водозбірний басейн як ландшафтно-геохімічну арену. У такому випадку до змісту предмету дослідження буде відноситися вплив мережі рельєфу, як результату функціонування середовища переносу гідролого-геоморфологічної системи водозбору, на характер цього функціонування. Останній зрозумілим чином включатиме процеси забруднення-самоочищення русел і поверхні водозбору, у яких флювіальна мережа виступає певною факторною ознакою.

Наведемо ілюстрацію із періодичного видання відомої фірми по розробці ГІС – ESRI (Environmental Systems Research Institute – *англ.*), яка подає спрощену схему

основних факторів формування гідрологічного стоку, яку, однак, цілком доцільно розглядати як структурну схему сукупності факторів забруднення-самоочищення в рамках функціонування середовища переносу гідролого-геоморфологічної системи водозбору.

Такий приклад подає принципову можливість розгляду водозбірної басейну та його гідролого-геоморфологічної системи водозбору в якості ландшафтно-геохімічної арили.

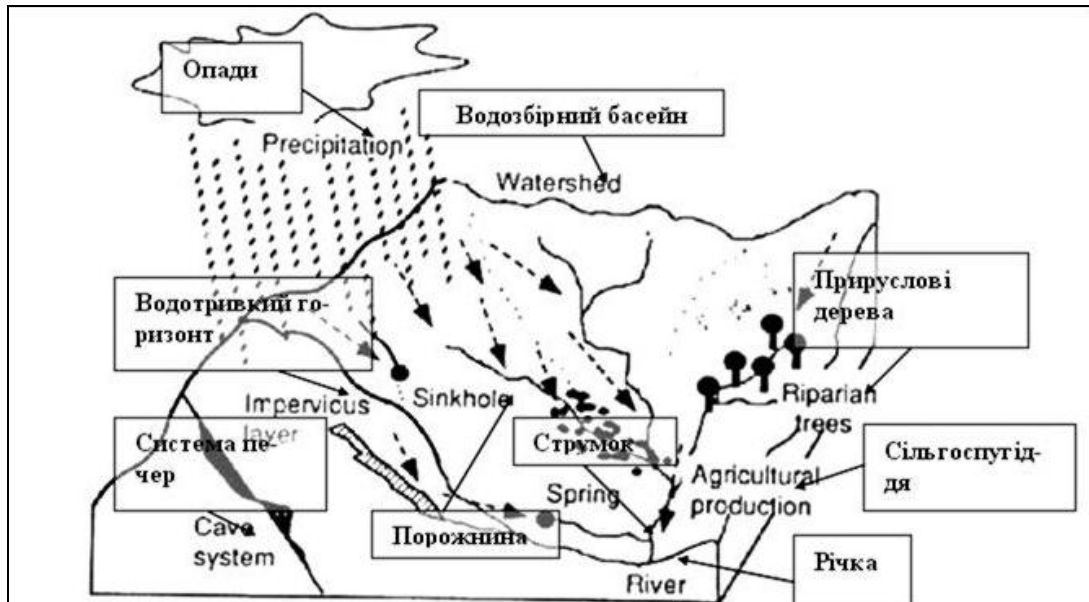


Рис. – Спрощена схема впливу головних факторів формування поверхневого стоку – водозбір як гідролого-геоморфологічна система та ландшафтно-геохімічна арина

Флювіальний басейн – це цілісність, і це означає, що він володіє певними механізмами узгодження структур і процесів усередині себе, тобто це система, яка, окрім рівня апаратурної реалізації окремих функцій, має, принаймні, ще один рівень – організаційний, на якому: як раз і відбувається узгодження окремих частин, розподіл функцій у власному просторі і відтворення цієї цілісності. Це вимагає наявності у такої цілісності “внутрішньої моделі” самої себе, тобто тієї архітектури, яка в обмеженій біфуркаційною поверхнею області, до того ж характеризується топологічною межею, дозволяє стійко відтворювати цілісність як безліч функцій та їх апаратурну реалізацію.

Цілісність виявляється в порушенні симетрії земної поверхні у вигляді утворення долинних знижень і вододільних масивів. Однак такий поділ є тільки зовнішнім, пов’язаний з системами швидкого поверхневого і повільного ґрунтового стоку, тобто вкрай важливим є геологічна будова області басейноформування [2].

Структура басейну постійно зазнає змін, деякі з яких можуть суттєво впливати

на його конфігурацію (наприклад, коли відбувається перехоплення, або коли швидко відбувається зміна супідрядності притоків: притока стає головним руслом). Це – потік структури. Справа в тому, що, функціонуючи в змінному середовищі, флювіація, що утворює з басейном єдину динамічну систему, може в залежності від ситуації відрощувати або прибирати складові, що виконують певні функції. Особливо це стосується водотоків низьких рангів. При зміні зовнішніх умов система «флювіація – басейн», або «гідролого-геоморфологічний процес – водозбір» починає нарощувати витрати енергії на обстеження обстановки, яка виникла, а це вимагає збільшення кількості складових, задіяних у функціонуванні басейну в режимі гідролого-геоморфологічної системи.

Якщо річкові басейни розглядати лише як «напівзамкнуті негативні складні форми рельєфу, природним обмеженням яких служить лінія вододілу, що аналогічно тому, як самотній пагорб і гірський масив обмежує шовна лінія підвалини їхніх схилів», то їх значення обмежується суттю звичай-

ного геоморфологічного об'єкта. Зрозуміло, що у такому випадку не може йтися про дослідження в рамках гідролого-геоморфологічного аналізу здатності водозборів до самоочищення і, незважаючи на певне значення подібного вивчення басейнів в ряді інших флювіальних форм, результат дослідження буде, скоріше за все, неповним і неоднозначним.

У рамках концепції гідрологічного циклу, водозбір, який можна розглядати в якості системи із входом (атмосферні опади) і виходом (витрата водотоків і втрати), є основною одиницею аналізу в гідрології. Маккавєєв Н. І. розглядав особливості русел, як елементів флювіальної мережі, у тісному зв'язку з характеристиками басейну [3], що дозволило сформулювати закон факторної відносності.

На думку Коритного Л. М «водозбір виступає як складна геосистема певного рівня зі своїми закономірностями структури й розвитку» [4]. Характеристики імовірно топологічної і імовірно моделі описують водозбір у якості «особливого класу керуючих систем», що відповідає ключовому визначенню геосистеми у Сочави В. Б. [5].

Антіпов А. Н. і Рагозін А. В. вважають, що тільки в межах границь басейнів можливо чітко визначення гідрологічних функцій (додамо – і геоморфологічних) геосистем різних таксономічних рангів [6, 7].

Обов'язковою передумовою розгляду водозбірної басейну в якості ландшафтно-геохімічної арени є обґрунтування сутності останнього як флювіальної геоморфосистеми.

Під флювіальною геоморфосистемою розуміємо геоморфосистему флювіального функціонально-генетичного ряду. Остання є моделлю певної онтологічної сутності, актуальної геосистеми (природної системи) – гідролого-геоморфологічної системи водозбору [8], елементи якої поєднуються у просторово-функціональне ціле саме через флювіальний процес – генетичний різновид загального процесу рельєфоутворення, який в рамках лімітрофної предметної галузі розглядається єдиним гідролого-геоморфологічним процесом.

Гідролого-геоморфологічна система водозбору має підкорятися дії геогенетичного закону Рундквіста Д. В. [9, 10], який щодо цієї системи можна сформулювати наступним чином: фази розвитку різнопо-

рядкових субводозборів у великому басейні можуть слідувати лише в еволюційно й функціонально закріпленій послідовності; кожний субводозбір має повторювати еволюційні етапи всього басейну, але, можливо, з дуже швидким їх проходженням, або еволюційно закріпленою відсутністю.

Розглядаючи процеси та явища техногенних забруднень у межах географічного ландшафту, в рамках певних дослідницьких узагальнень границі ландшафту можна вважати прямим результатом просторових закономірностей взаємодії двох основних факторів ландшафтних динаміки й розвитку – флювіального рельєфу і гідрологічного режиму території [11, 12].

Оскільки перший (рельєф) в рамках зворотних системних зв'язків впливає на другий (гідрологічний режим), має місце наступний причинно-наслідковий ряд: антропогенний вплив на природний ландшафт, що виявляється у формі порушення та перетворення первинного рельєфу (наприклад, сільськогосподарська ерозія, відкрита розробка корисних копалин, промислове та громадське будівництво) => зміни в гідрологічному режимі водозбору (річкового або яружно-балкового) => зміни у первинних екосистемах. Можна стверджувати, що кожний ступінь цього ряду спричиняє певні, так би мовити, «характеристичні зміни» в актуальній геосистемі водозбору, які мають об'єктивно відбиватися в предметі такого дослідження – флювіальної геоморфосистеми.

Вказаний причинно-наслідковий ряд подає процеси флювіального рельєфоутворення як ведучі ландшафтні змінювання та пояснює, чому, наприклад, при просторовій ідентифікації несприятливих екзогенних явищ – ерозійних процесів, територіальною структурою географічного ландшафту доречно брати структуру рельєфу земної поверхні, і моделювати її за допомогою флювіальної мережі рельєфу з різними групами якостей останньої [13].

Вказані узагальнені характеристики флювіальної мережі вже використовувались для моделювання поверхневого і руслового ерозійних процесів на водозборі [14]. Зокрема, використовувалося раніше вже запропоноване поняття «геоморфологічно однорідного гідрографа» як характеристики статистичного ряду часу добігання до замика-

ючого створу басейну окремих об'ємів води під час зливи або паводку. Ці об'єми – той «надлишок» прихідної частини водного балансу, з яким здійснюється винос твердих наносів – тобто відбувається процес флювіального рельєфоутворення із транзитом забруднюючих речовин із дрібнодисперсною частиною твердих відкладів. У розрахунках за «геоморфологічно однорідним гідрографом» використовуються коефіцієнти біфуркації, довжин і площ Хортон-Стралера, а отримані величини можна застосовувати для моделювання ерозійних процесів у водозборі в рамках так званих імовірісно-топологічної і імовірнісної моделей флювіальної мережі.

Для цілей гідрологічної індикації пропонувалося поняття «структурної міри» флювіальної мережі. Казанський Б.А. розробив спосіб перевірки імовірісно-топологічної моделі у межах водозбору методами одномірної статистики. Коритний Л.М. систематизував основні характеристики флювіальної мережі водозбору за групами, виділив характеристики структури, складу і групи питомих характеристик. Нежиховський Р.А. визначив основні безрозмірні характеристики елементів мережі за їхніми порядками для Європейської частини країни й запропонував %-ий розподіл основних ерозійних форм за флювіальною мережею водозбору. Вказувалося, що мережа визначає тип водозбору (той, що збирає або розсіює), що служить індикатором максимальної швидкості ерозійного змиву в його межах [15].

Із викладеного вище можна зробити припущення про обумовлено сполучений характер флювіального рельєфоутворення, денудації поверхні водозбору – ерозії ґрунтів і міграції хімічних елементів по руслах

або по поверхні водозбору. Все це – та «стійка послідовність постійно діючих процесів передачі енергії, речовини і інформації», якою можна визначити функціонування середовища переносу з загальнонаукової точки зору.

Подібне визначення не суперечить поняттям функціонування флювіальних геоморфосистем і рельєфу, будучи розглянутим в останньому випадку, як процес підтримання рівноважного стану енергомасообміну.

Не протиставляється поняття «функціонування середовища переносу (СП) гідролого-геоморфологічної системи водозбору» і його динаміку, вважаючи, що друге виходить з першого і є більш вузьке. Звичайно ж, поза цим аспектом динаміка – принципово інше поняття, яке займає проміжне положення в ряді характеристик змін природних систем. Проте в рамках функціонування, динаміку середовища переносу гідролого-геоморфологічної системи водозбору можна визначити як його властивість змінювати параметри і показники свого функціонування за часом, і в цьому випадку необхідно ввести таке загальнонаукове поняття, як динамічний пріоритет. Ця величина характеризує значимість деякого процесу і змінюється за часом за якимось правилом. Відносно функціонування середовища переносу такими величинами будуть літодинамічна і хемодинамічна складові цього процесу.

Під першою розуміється ерозія, транзит і акумуляція твердого матеріалу. Під другою – ландшафтна (латеральна) міграція хімічних елементів в ґрунтовому блок-ярусі (горизонтальному рівні) середовища переносу, збіжна з основними фазовими станами процесу твердого стоку.

Висновки

Таким чином, водозбірний басейн можна розглядати як геосистему, це впливає з того, що основні характеристики флювіальної мережі водозбору визначаються здатністю мимовільного впорядкування в його межах субводозборів нижчих порядків. Флювіальна мережа є одним із найбільш важливих оцінювальних показників, так як сприяє перерозподілу енергії і речовин в системі взаємодії природних компонентів. Саме флювіальна мережа визначає ступінь дренаваності, інтенсивності ерозій-

них процесів і напрям поверхневого стоку. Для оцінки самоочищення водозбірного басейну є значущими такі характеристики рельєфу його поверхні, як глибина вертикального розчленування і крутизна схилів, які визначають напрям потоку речовини і здатність водозбору до самоочищення. Чим вище значення цих параметрів і тим більше швидкості поверхневого стоку, тим значно більша здатність водозбору до самоочищення.

Література

1. Костріков С.В. Загальні принципи вибору моделей і середовищ моделювання водозбірних басейнів. *Культура народів Причорномор'я (Географічні науки)*. Научный журнал, 2005. № 67 С. 24-29.
2. Карпець К.М. Ландшафтно-геохімічне моделювання на підставі геоінформаційних моделей водозборів. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2015. Вип. 13 С. 44-48.
3. Маккавеев Н.И. Русловые процессы и их отражение в рельефе. Современные процессы рельефообразования. М.: Наука, 1970.– С. 196-202.
4. Коротный Л. М. Морфометрические характеристики речного бассейна. *География и природные ресурсы*. 1984. № 3 С. 105-112.
5. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.
6. Антипов А. Н., Коротный Л. М.. Географические аспекты гидрологических исследований. Новосибирск : Наука, 1981. 175 с.
7. Антипов А. Н., Рагозин А. В Исследование картографической информации в гидрологических исследованиях. *География и природные ресурсы*. 1987. № 4 С. 80-88.
8. Костріков С. В. Гідролого-геоморфологічний підхід до дослідження водозбірної організації флювіального рельєфу. *Український географічний журнал*. 2006. № 3. С. 46-54.
9. Кеплен С. Р., Эсиг Э.; Биоэнергетика и линейная термодинамика необратимых процессов (стационарное состояние). пер. с англ. М.: Мир, 1986. 384 с.
10. Щербаков А. С. Самоорганизация материи в неживой природе: Философские аспекты синергетики. М. : Изд-во Моск.ун-та, 1990. 111 с.
11. Ніколаєв А.М. Гідролого-геохімічна оцінка стану річок урбанізованої території (на прикладі м. Чернівці): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.11 “Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів”. Чернівці, 2011. 20 с.
12. Костріков С. В. , Черваньов І. Г. Дослідження самоорганізації флювіального рельєфу: на засадах синергетичної парадигми сучасного природознавства. Наукова монографія. Х. : Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна. Видавничий центр, 2010. 143 с.
13. Карпець К.М. Щодо моделювання руслових витрат під час підвищення водності річки. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. № 1-2. С. 46-50.
14. Костріков С. В. Водозбірний басейн як об'єкт фрактального моделювання. *Вісник Харківського університету. Геологія, Географія, Екологія*. 1999. № 455. С. 109-113.
15. Костріков С. В. , Воробйов Б. Н. Моделювання повенів та паводків на підставі методики стільникового автомату. *Захист довкілля від антропогенного навантаження*. 2004. Вип. 9(11). С. 74-86.

References

1. Kostrikov, S.V. (2005). Zahal'ni pryntsyipy vyboru modeley i seredovyshch modelyuvannya vodozbirnykh baseyniv. [General principles for selecting models and modules for drainage basin modeling]. Culture of the peoples of the Black Sea region (Geographical Sciences). 67. 24-29. [in Ukrainian].
2. Karpets', K.M. (2015). Landshaftno-heokhimichne modelyuvannya na pidstavi heoinformatsiynykh modeley vodozboriv. [Landscape-geochemical modeling based on geoinformation models of catchment areas]. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv national university Series «Ekology». 13. 44-48. [in Ukrainian].
3. Makkaveev, N.I. (1970). Ruslovye processy i ih otrazhenie v rel'efe. Sovremennye processy rel'efoobrazovaniya.[Channel processes and their reflection in the relief.] Modern processes of relief formation. Moscow: Nauka. 196-202. [in Russian].
4. Korytnyj, L. M. (1984). Morfometricheskie harakteristiki rechnogo bassejna. [Morphometric characteristics of the river basin]. Geography and natural resources. 3. 105-112. [in Russian].
5. Sochava, V. B. (1978). Vvedenie v uchenie o geosistemah [Introduction to the theory of geosystems]. Novosibirsk: Nauka. 319. [in Russian].
6. Antipov, A. N., Korytnyj, L. M. (1981). Geograficheskie aspekty gidrologicheskikh issledovaniy. [Geographical aspects of hydrological research.]. Novosibirsk : Nauka. 175. [in Russian].
7. Antipov, A. N., Ragozin, A. V. (1987). Issledovanie kartograficheskoy informacii v gidrologicheskikh issledovaniyah.[Study of cartographic information in hydrological studies]. Geography and natural resources. 4. 80-88. [in Russian].
8. Kostrikov, S. V. (2006). Hidroloho-heomorfolohichnyy pidkhid do doslidzhennya vodozbirnoyi orhanizatsiyi flyuvial'noho rel'yefu. [Hydrological and geomorphological approach to the research of the catchment organization of the fluvial relief]. Ukrainian Geographical Journal. 3. 46-54. [in Ukrainian].
9. Keplen, S. R., Ehsig, E.H. (1986). Bioenergetika i linejnaya termodinamika neobratimyh processov (stacionarnoe sostoyanie). [Bioenergetics and linear thermodynamics of irreversible processes (stationary state)]. Moscow: Mir. 384. [in Russian].

10. SHCHerbakov, A. S. (1990). Samoorganizaciya materii v nezhivoy prirode: Filosofskie aspekty sinergetiki.[Self-organization of matter in inanimate nature: Philosophical aspects of synergetics]. Moscow: Izd-vo Mosk.un-ta. 111. [in Russian].
11. Nikolayev, A.M.(2011). Hidroloho-heokhimichna otsinka stanu richok urbanizovanoyi terytoriyi (na prykladi m. Chernivtsi). [Hydrological and geochemical assessment of the status of rivers in urban areas (for example, Chernivtsi city)]. Chernivtsi. 20. [in Ukrainian].
12. Kostrikov, S. V., Chervan'ov, I. H. (2010). Doslidzhennya samoorhanizatsiyi flyuvial'noho rel'yefu: na zasadakh synerhetychnoyi paradyhmy suchasnoho pryrodoznnavstva.[Investigation of the self-organization of the fluvial relief: on the basis of the synergetic paradigm of modern natural science] Kharkiv. 143. [in Ukrainian].
13. Karpets', K.M. (2015). Shchodo modelyuvannya ruslovykh vytrat pid chas pidvyschennya vodnosti richky.[As for the modeling of channel costs while increasing the water content of the river]. Man and the environment. Issues of neoecology. 1-2. 46-50. [in Ukrainian].
14. Kostrikov, S. V.(1999). Vodozbirnyy baseyn yak ob'yekt fraktal'noho modelyuvannya.[The water basin as an object of fractal modeling.] Visnyk Kharkivs'koho universytetu. Heolohiya, Heohrafiya, Ekolohiya. 455. 109-113. [in Ukrainian].
15. Kostrikov, S. V., Vorobyov, B. N.(2004). Modelyuvannya poveniv ta pavodkiv na pidstavi metodyky stil'nykovoho avtomatu.[Modeling of floods and floods on the basis of the technique of a cellular automaton.] Zakhyst dovkillya vid antropohennoho navantazhennya.– 9(11). 74-86. [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 18.08.2017

УДК 911.52: 502.51 (285)

В. О. МАРТИНЮК, канд. геогр. наук, доц., **І. В. ЗУБКОВИЧ**

Рівненський державний гуманітарний університет

33028, м. Рівне, вул. С. Бандери, 12.

e-mail: martyniukVO@gmail.com

ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФІЧНА МОДЕЛЬ ЕКОЛОГІЧНОГО ПАСПОРТА БАСЕЙНОВОЇ СИСТЕМИ ОЗЕРА ОЗЕРЦЕ (ВОЛИНСЬКЕ ПОЛІССЯ)

Мета. Обґрунтувати особливості ландшафтно-географічної моделі екологічного паспорта басейну озера для потреб заповідного та рекреаційного природокористування. Дослідження ґрунтується на **методах** польових інструментальних ландшафтно-лімнологічних пошуках із використанням лабораторної діагностики проб ґрунтів та донних відкладів озера. **Результати** дослідження представлені у вигляді ландшафтних моделей природно-аквального комплексу (ПАК) оз. Озерце та природних територіальних комплексів (ПТК) водозбору. Проаналізовано геохімічні особливості донних відкладів водойми, гідролого-морфометричні параметри ПАК озера та його водозбору, ландшафтометричні характеристики цілісної озерно-басейнкової системи. **Висновки.** Розроблена ландшафтно-географічна модель басейнкової системи озера буде покладена в основу екологічного паспорта оз. Озерце. Такого типу екологічні паспорти потрібні для екологічних, туристично-рекреаційних, водогосподарських та меліоративних установ і закладів, а також новостворених об'єднаних територіальних громад.

Ключові слова: екологічний паспорт озера, ландшафтно-географічна модель, озерно-басейнова система, природно-аквальний комплекс, аквафація, урочище, природокористування

Martyniuk V. O., Zubkovych I. V.

Rivne State University of Humanities

LANDSCAPE-GEOGRAPHICAL MODEL OF ECOLOGICAL PASSPORT OF BASIN SYSTEM OF OZERTSE LAKE (VOLYN POLISSIA)

Purpose. To substantiate the features of the landscape-geographic model of the ecological passport of the lake basin for the needs of preserved and recreational nature management. The article is focused on the acute need in development of ecological passports of local environmentally protected sites for formation of a regional inventory of nature reserve fund. The concept of a natural aquatic complex (NAC) of the lake, a lake-basin system (LBS) served as a methodological basis of the proposed work. The research is based on the **methods** of field instrumental landscape-limnological searches with the use of laboratory diagnostics of soil samples of the catchment and bottom sediments of the lake, and the landscape-based analysis of the LBS. The **results** of the study are presented in the form of landscape models of NAC of Ozertse lake and the natural territorial complexes (NTC) of the catchment. Landscape complexes of the rank of a tract and aquatic facies are allocated in the OBS of Ozertse lake. The geochemical features of the bottom sediments of the water body on the example of one of the points of sounding, hydrological and morphologic-morphometric parameters of NAC of the lake and its catchment, and the landscape-metric characteristics of the integrated lake-basin system are analysed. **Conclusions.** The developed landscape-geographic model of the lake basin system will be a base for the ecological passport of Ozertse lake. Ecological passports of such type are needed for ecological, tourist-recreational, water management and land reclamation institutions and establishments, as well as for the newly formed united territorial communities.

Key words: ecological passport of a lake, landscape-geographic model, lake-basin system, natural aquatic complex, aquatic facies, tract, nature management

Мартынчук В. А., Зубкович И. В.

Ровненский государственный гуманитарный университет

ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА БАС- СЕЙНОВОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕРА ОЗЕРЦО (ВОЛЫНСКОЕ ПОЛЕСЬЕ)

Цель. Обосновать особенности ландшафтно-географической модели экологического паспорта басейна озера для целей заповедного и рекреационного природопользования. В статье акцентируется внимание на острой необходимости в разработке экологических паспортов локальных природоохранных объектов для формирования регионального кадастра природно-заповедного фонда. Методологической основой предложенной работы послужила концепция природно-аквального комплекса (ПАК) озера, озерно-басейнковой системы (ОБС). Исследование основывается на **методах** полевых инструментальных

ландшафтно-лімнологічних пошуках з використанням лабораторної діагностики проб ґрунтів водосбору і донних відкладень озера, ландшафтометричного аналізу ОБС. **Результати** дослідження представлені в формі ландшафтних моделей ПАК оз. Озеро і природних територіальних комплексів (ПТК) водосбору. В ОБС оз. Озеро виділені ландшафтні комплекси ранга урочища і аквафазії. Проаналізовані геохімічні особливості донних відкладень водоема на прикладі однієї з точок зондування, гідрологічні і морфолого-морфометричні параметри ПАК озера і його водосбору, ландшафтометричні характеристики цілої озерно-басейнової системи. **Висновки.** Розроблена ландшафтно-географічна модель басейнової системи озера буде покладена в основу екологічного паспорта оз. Озеро. Такого типу екологічні паспорти потрібні для екологічних, туристсько-рекреаційних, водохозяйствених і меліоративних установ, а також новостворених об'єднаних територіальних громад.

Ключові слова: екологічний паспорт озера, ландшафтно-географічна модель, озерно-басейнова система, природно-аквальної комплекс, аквафація, урочище, природопольовання

Вступ

Постановка проблеми. Сучасна практика галузевого (заповідного, рекреаційного, водогосподарського тощо) природокористування вимагає наявності екологічних паспортів водних об'єктів, у тому числі й озер. У зв'язку із формуванням кадастру об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) України постає гостра потреба у таких паспортах озерних водойм, що є складовими екологічної мережі. Багаторічні дослідження озер Українського Полісся, у тому числі й водойм ПЗФ України, спонукали нас до розробки таких екологічних паспортів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Паспортизація (в екологічному розумінні) – «складання паспортів на окремі об'єкти, одиниці ресурсів, джерела викидів, системи очищення ...» [24, с. 346]. Проблема паспортизації заповідних об'єктів природи обговорювалася у роботах О. Мудрака [19], В. Брусак і В. Бакун [3]. Екологічний паспорт заповідного об'єкта, за О. Мудраком, – це «нормативно-правовий документ, який містить відомості про місце знаходження, функції, цінність, призначення, підпорядкування, екологічну безпеку, використання, форми охорони, режим збереження та включення його до екомережі різного рівня» [19, с. 3]. Такий паспорт включає шість розділів, які згруповані за описово-оціночними параграфами. В. Брусак пропонує таблично-описовий підхід до інвентаризації геолого-геоморфологічних пам'яток природи у формі картографічної паспортизації [3]. Т. Кривомаз акцентує увагу на паспортизації об'єктів біорізноманіття та формуванні «паспортів екологічної безпеки видів» [12-13]. Паспортизації водних об'єктів, за Д. Косяк, – це «сукупність

державних заходів, спрямованих на упорядкування використання водних об'єктів, охорону їх від забруднення, засмічення та вичерпання, запобігання шкідливим діям вод та ліквідації їх наслідків, поліпшення стану водних об'єктів» [9]. Згадана автор акцентує увагу, що екологічний паспорт – це «система стандартизованих показників, що вказують на рівень використання природних та інших ресурсів, а також ступінь їх впливу на основні компоненти довкілля ...» [10]. Питання екологічної паспортизації водойм аналізувалося у працях В. Гончарука та ін. [5], С. Уланової [25] та ін. Найбільш розробленими в Україні є паспорти малих річок. На основі системної логіко-математичної моделі «Басейн малої річки» Український НДІ водогосподарсько-екологічних проблем здійснив оцінку екостану 62 басейнів малих річок, що репрезентують різні природні зони і ступінь антропогенної трансформації [27]. Розробка екологічних паспортів озер в Україні лишалася часто поза увагою, а виконувалася здебільшого для рекреаційних та водогосподарських водойм антропогенного походження.

У 2013 р. Міністерство екології та природних ресурсів України видало наказ «Про затвердження Порядку розроблення паспорта водного об'єкта» [22], а пізніше Міністерство аграрної політики та продовольства України оприлюднило наказ «Про затвердження порядку розроблення паспорта водогосподарської технологічної водойми» [21]. Таким чином, проблема паспортизації водойм отримала урядову підтримку й набула актуального значення в різних сферах природокористування. Розроблювана нами ландшафтно-географічна модель еко-

логічного паспорту озера включає такі блоки: геокомпонентний, геокомплексний, лімнометричний, ландшафтометричний та гідроекологічний. Кожен зі згаданих блоків включає кількісні та якісні характеристики й показники, які представлені у вигляді ка-

ртосхем, таблиць, графіків і експертних висновків-пропозицій.

Мета роботи – обґрунтувати особливості ландшафтно-географічної моделі екологічного паспорту басейну оз. Озерце (Волинське Полісся) для потреб заповідно-рекреаційного природокористування.

Методика дослідження

Методологічною основою розробки географічних засад екологічного паспорту озера слугували концепції природно-аквального комплексу (ПАК) озера, озерно-басейнової системи (ОБС) [7], картографічного моделювання [8]. Матеріалами дослідження стали польові експедиційні ландшафтно-лімнологічні пошуки ОБС оз. Озерце (Волинське Полісся) та результати лабораторної діагностики проб ґрунтів водозбору і донних відкладів озера. Частково ви-

користані фондові джерела з пошуку озерного сапропелю Київської ГРЕ. У процесі дослідження використані методи лімнологічного аналізу озер [4], ландшафтометричної оцінки геокомплексів [11; 14], ландшафтного ГІС-картографування [26]. Узагальнені підходи окремих вчених з геоекологічної оцінки озер Волинського Полісся [2; 6; 20], а також досвід екологічної паспортизації озерних водойм [15-18].

Результати досліджень та їх обговорення

Озеро Озерце сформувалося у місцевості високих межиріч на водно-льодовикових пісках з близьким заляганням крейдоподібних мергелів. Територіально приурочене до Нижньостирського фізико-географічного району Волинського Полісся (рис. 1). Озеро округлої форми, з усіх сторін оточене лісовим масивом. Площа дзеркала озера 0,02 км². Територіальна локалізація оз. Озерце на космоснімку та топографічній основі наведена на рис. 2.

Водойма є складовою Дібрівського гідрологічного заказника загальнодержавного значення (881 га), який створений постановою Ради Міністрів УРСР № 434 від 02.11.1984 р. Головними землекористувача-

ми заказника є Дібрівське лісництво ДП «Зарічненський лісгосп» (кв. 1-8) та ДП СЛАП «Зарічненський держспецлісгосп» [23].

Окрім згаданого озера до складу гідрологічного заказника входять ще дві природні водойми, зокрема оз. Чорне (0,14 км²) та Біле (0,28 км²). Максимальна глибина води оз. Озерце становить 2,7 м, середня 1,54 м, об'єм водних мас – 32,0 тис. м³. Периметр берегової лінії складає 0,6 км. Нами розраховано низку гідрологічних коефіцієнтів озера, зокрема порізаності берегової лінії, видовженості озера, ємкості, відкритості, глибинності, а також деякі лімнологічні показники у системі «озеро-водозбір», які представлені у таблиці 1.

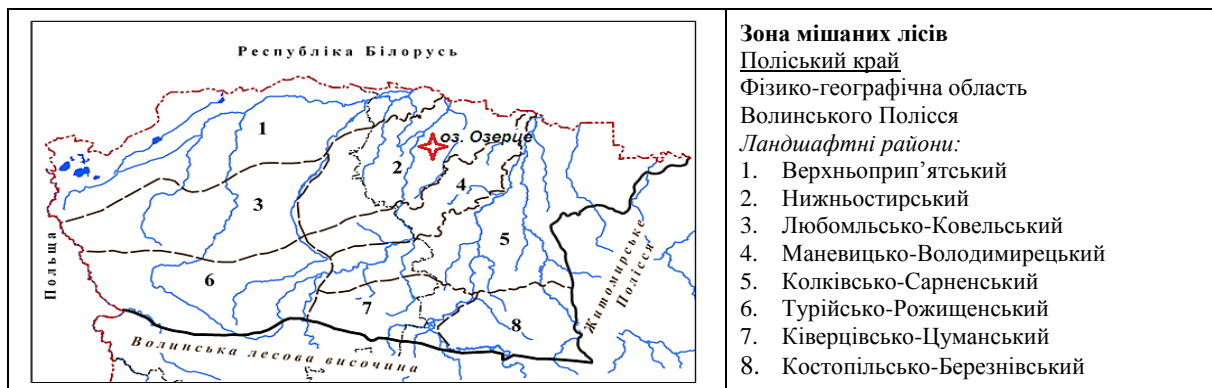


Рис. 1 – Місце оз. Озерце на схемі фізико-географічного районування Волинського Полісся

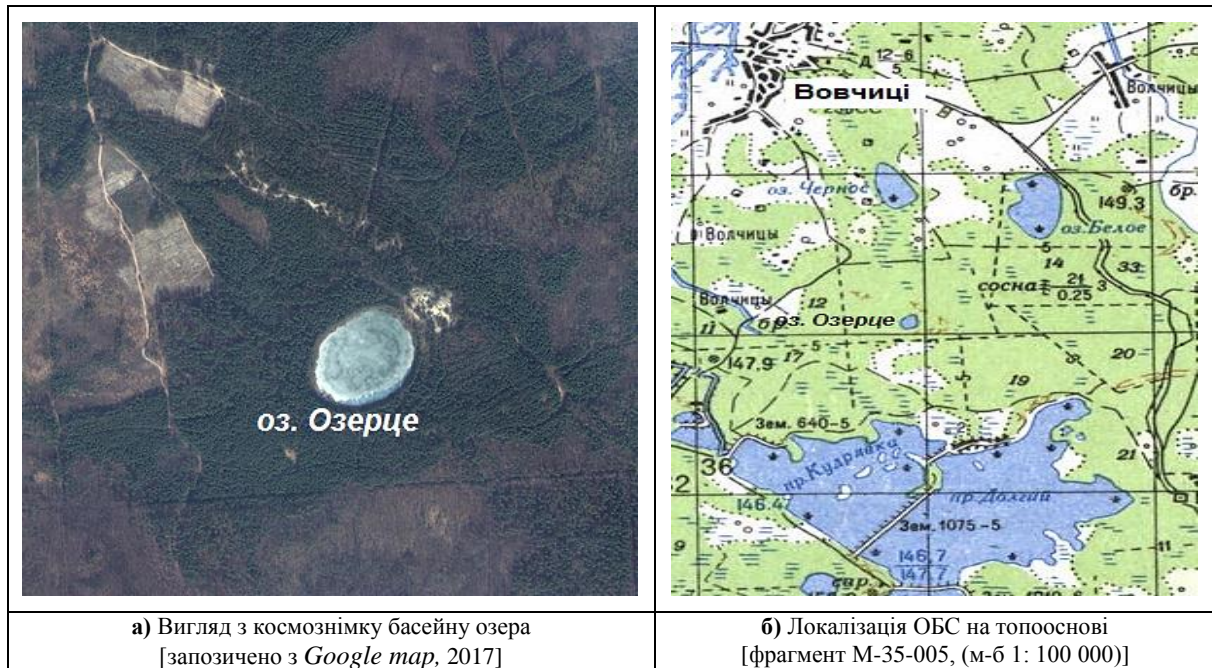


Рис. 2 – Геопросторова локалізація басейну оз. Озерце

Таблиця 1

Морфометричні та гідрологічні характеристики оз. Озерце

$*F, \text{ км}^2$	$H_{\text{абс.}}, \text{ м}$	$h_{\text{ср.}}, \text{ м}$	$h_{\text{макс.}}, \text{ м}$	$L, \text{ км}$	$B_{\text{макс.}}, \text{ км}$	$B_{\text{ср.}}, \text{ км}$	$l, \text{ км}$	K_n	$K_{\text{вод.}}$
0,02	144,6	1,54	2,70	0,20	0,15	0,10	0,60	0,68	2,00
$K_{\text{смк.}}$	$K_{\text{відк.}}$	$K_{\text{гл.}}$	$V_{\text{оз.}}, \text{ тис. м}^3$	K	$\Delta S, \text{ км}^2$	$**W_{\text{пр.}}, \text{ тис. м}^3$	$a_{\text{вод.}}$	$\Delta a_{\text{вод.}}$	$A_{\text{ш.}}, \text{ мм}$
0,57	1,36	5,68	32,0	0,09	11,39	28,7	0,75	1,33	140,47

*Площа озера (F), абсолютна відмітка рівня води ($H_{\text{абс.}}$), глибина середня ($h_{\text{ср.}}$) та максимальна ($h_{\text{макс.}}$), довжина водойми (L), ширина максимальна ($B_{\text{макс.}}$) та середня ($B_{\text{ср.}}$), довжина берегової лінії (l), коефіцієнти – порізаності берегової лінії (K_n), видовженості озера ($K_{\text{вод.}}$), ємкості ($K_{\text{смк.}}$), відкритості ($K_{\text{відк.}}$), глибинності ($K_{\text{гл.}}$), об'єм водних мас ($V_{\text{оз.}}$), показник площі (K), питомий водозбір (ΔS), об'єм приточних вод з водозбору ($W_{\text{пр.}}$), умовний водообмін ($a_{\text{вод.}}$), питома водообмінність ($\Delta a_{\text{вод.}}$), шар акумуляції ($A_{\text{ш.}}$). **Середньорічний модуль стоку, $\text{дм}^3/\text{с км}^2 - 4,0$.

Озеро безстічне. Основним джерелом живлення є атмосферні опади і поверхневий стік з водозбірної площі. Берегова смуга озера досягає ширини 50,0 м, вкрита верболозом, а також вільхою, березою, сосною. Уся площа берегової смуги заболочена, у паводки повністю заливається водою. Берегова лінія виражена слабо. Схили улоговини озера круті. Максимальна глибина озерної улоговини складає 9,6 м. Улоговина озера у значній мірі заповнена сапропелевими відкладами, які підстилаються крейдо-мергельними породами. Максимальна потужність донних відкладів, за даними Київської ГРЕ, досягає 6,9 м, середня – 4,14 м. Схема співвідношення максимальної потужності донних відкладів оз. Озерце та водної маси (з урахуванням найбільшої глибини водойми) наведена на рис. 3. Суттєвий вплив на генезис озера мали гляціальні та постгляціальні процеси у плейстоцені.

Однак, активна фаза на формування більшості озерних улоговин Волинського Полісся припала на ранній голоцен [1].

З метою з'ясування складу та особливостей геохімічних відкладів оз. Озерце на одній із точок зондування було проаналізовано розподіл сполук CaO та Fe_2O_3 (% на суху речовину) на різних генетичних горизонтах, а також кислотності (pH сольової витяжки). У керні озерних відкладів виявлено чотири види сапропелю, зокрема від 2,7 до 5,0 м переважає торф'янистий, від 5,0 до 7,0 м – ціанофіцейний, від 7,0 до 8,0 м – зоогенно-водоростевий, а від 8,0 до 9,6 м лімонітовий різновиди (рис. 4). Відклади сапропелю згруповано на два класи, а саме – органічний та залістий; вони відповідають біогенному та змішаному типу сапропелю. Нами виявлено різке зростання концентрації сполук кальцію (3,5-8,28%) у зоогенно-водоростевому й част-

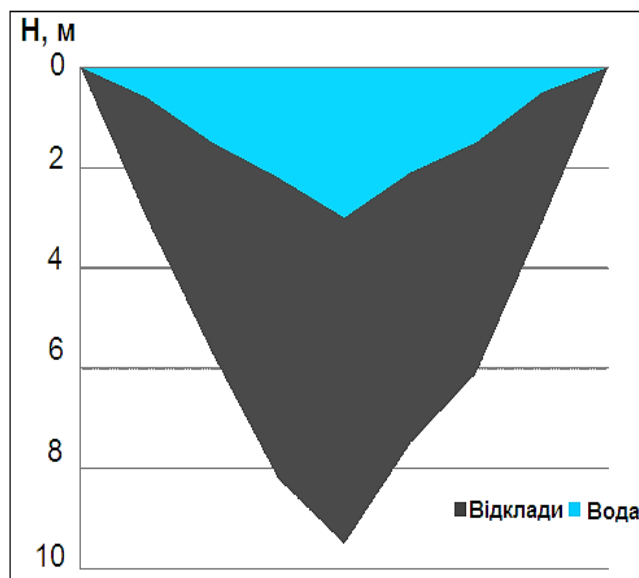


Рис. 3 – Схема співвідношення донних відкладів оз. Озерце та водної маси (побудовано за матеріалами Київської ГРЕ)

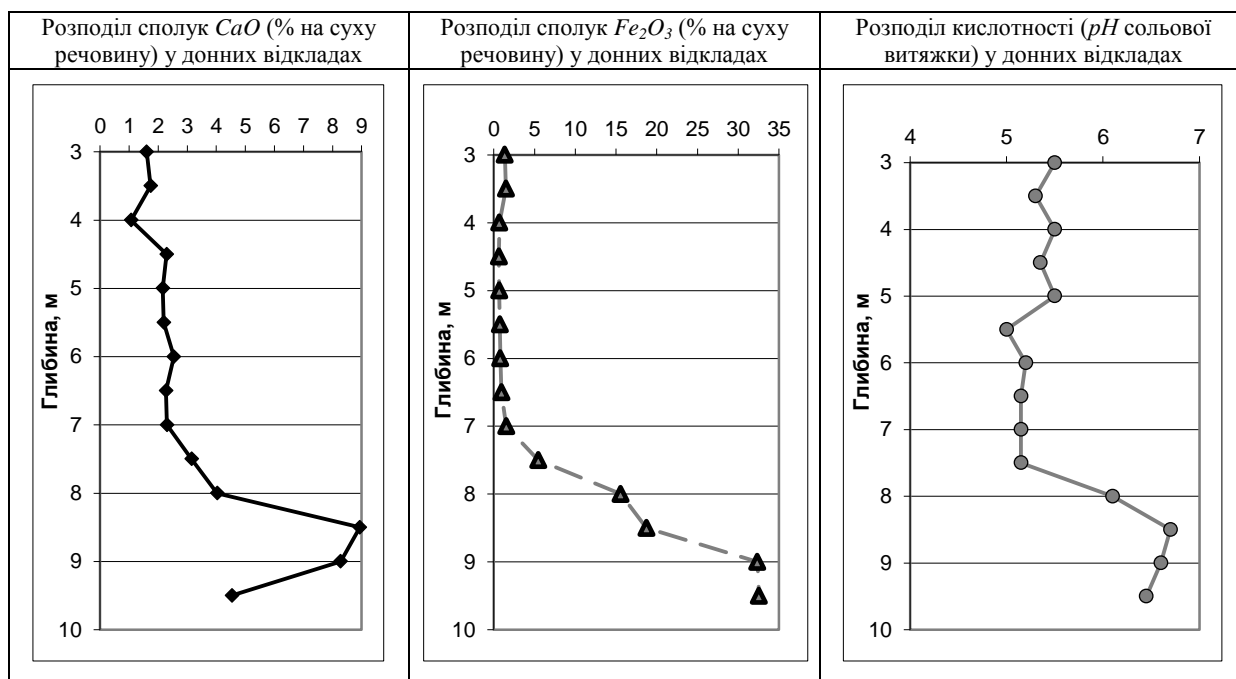


Рис. 4 – Деякі геохімічні характеристики донних відкладів оз. Озерце (діаграми побудовано за матеріалами Київської ГРЕ).

ково лімонітовому видах сапропелю, а саме на генетичних горизонтах від 7,5 до 9,0 м. Майже аналогічна картина спостерігається відносно концентрації сполук феруму. На генетичних горизонтах від 7,5 до 9,6 м вміст феруму зростає з 5,45 до 32,55% на суху речовину. За ступенем кислотності біогенний тип сапропелю (генетичні горизонти: 2,7-7,5 м) є слабкокислий (5,2-5,5), а змішаний тип (генетичні горизонти: 7,5-9,6

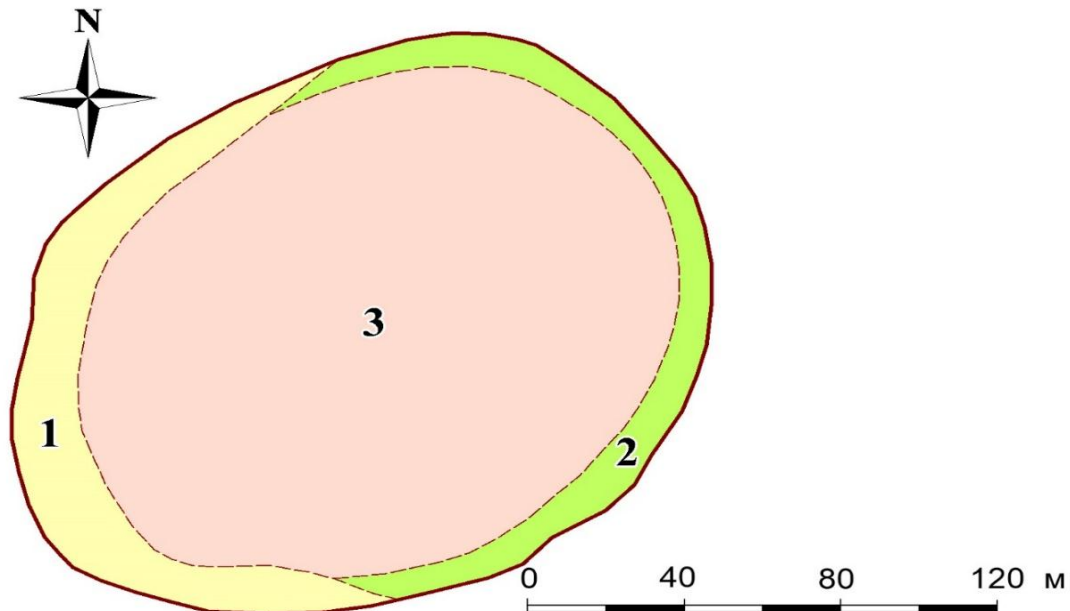
м) має нейтральну реакцію (6,1-6,7) pH середовища. Середні значення деяких геохімічних показників сапропелю (за даними Київської ГРЕ) виглядають, зокрема так: зольність – 22,5%, кислотність – 5,61, Fe_2O_3 – 8,1%, CaO – 3,36%. Загальні запаси сапропелю (у перерахунку на 60% вологості) оз. Озерце становлять 17,0 тис. т.

Аналіз гідрологічних параметрів, особливостей геохімічних відкладів, видо-

вого складу надводних та підводних рослинних угруповань, а також стану температурних умов у теплий сезон року (15.04-15.10) оз. Озерце стали основою для ландшафтно-морфологічної диференціації ПАК. На досвід показує, що озера зі складною геоморфологічною будовою та строкатим літологічним складом донних відкладів розглядаються як складні акваурочища. Однак багато мілководних водойм із незначною площею акваторії виступають у ранзі простого акваурочища. Типовим прикладом звичайного акваурочища є оз. Озерце. У даному ПАК нами виділено три мілководних аквафації (рис. 5). Понад 75% площі ПАК займає акумулятивна аквафація заглибин улоговини озера із залізисто-сапропелевими відкладами, які перекриті органо-залізистим сапропелем з потужністю від 2,0 до 6,9 м (табл. 2). Периферійну частину ПАК складають транзитно-

акумулятивні органо-залізисто-сапропелеві малопотужні (0-2,0 м) аквафації. Відмінність аквафації з індексом 2 у тому, що тут виявлені лінзи лімонітового сапропелю. Ландшафтні індекси і коефіцієнти наведені у таблиці 2, вони важливі у порівнянні з іншими ПАК гідрологічного заказника. Підсистемою другого порядку цілісної ОБС виступає водозбір оз. Озерце (0,2278 км²). З метою визначення господарського освоєння водозбору та типізації ОБС нами здійснена просторово-типологічна оцінка земельних угідь водозбору озера (табл. 3).

Понад 84% площі водозбору озера зайнято лісом, близько 5% заболочені землі, незначний відсоток (0,7%) припадає на відкриті піски, більше 10% становить акваторія самої водойми. Показник антропогенного впливу водозбору на озеро дорівнює 0%, що для природоохоронних територій є ідеальним з точки зору басейнового

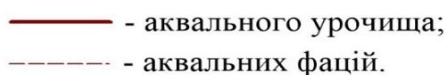


УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Аквафації:



Межі:



1. Мілководні транзитно-акумулятивні органо-залізисто-сапропелеві малопотужні (0-2,0 м), рогозово-очеретяні, без температурної стратифікації. 2. Мілководні транзитно-акумулятивні органо-залізисто-сапропелеві з лінзами лімонітового сапропелю малопотужні (0-2,0 м), елодєєво-рдєстові, без температурної стратифікації. 3. Мілководні акумулятивні заглибини улоговини залізисто-сапропелеві, що перекриті органо-залізистим сапропелем потужні (2,0-6,9 м), харово-рдєстово-елодєєві, без температурної стратифікації.

Рис. 5 – Ландшафтна структура ПАК оз. Озерце (зменшено з м-бу 1:2000)

Таблиця 2

Територіальне розчленування ПАК оз. Озерце

Вид ПАК	Площа виду ПАК (га)	% площі виду від загальної площі	Кількість контурів виду фацій у межах ПАК	% від загальної кількості	*Середня площа виду (під-) урочища (га)	*Індекс подрібненості	*Коефіцієнт складності	*Коефіцієнт ландшафтно-ї роздрібненості
Аквафація								
1	0,335	14,2	1					
2	0,246	10,5	1					
3	1,770	75,3	1					
Усього	2,351	100,00	3	100,00	0,784	1,276	3,827	0,667

*Розрахунки проводилися для ПАК озера, а не для індивідуальних видів аквафацій.

Таблиця 3

Структура земельних угідь водозбору оз. Озерце
(розраховано з космоснімку Google map, 2017; зйомка 2014-215 р.)

S, км ²	P, км ²	m	Площа угідь										S _{обр./} S _{необр.} %
			F _{оз.}		f _{ліс.}		f _{бол.}		f _{піск.}		f _{орн.+с.з.}		
			км ²	%	км ²	%	км ²	%	км ²	%	км ²	%	
0,2278	2,219	0,029	0,0235	10,32	0,1918	84,20	0,0109	4,78	0,0016	0,70	–	–	0,00

*Площа водозбору (S), периметр водозбору (P), коефіцієнт порізності лінії водозбору (m), площа озера (F_{оз.}), залісненість (f_{ліс.}), заболоченість (f_{бол.}), відкриті піски f_{піск.}, орні угіддя (f_{орн.}), селитебні землі (f_{с.з.}); S_{осв.} (%) – показник господарського освоєння водозбору.

природокористування. Оскільки майже уся площа даного водозбору вкрита лісом, то доцільно ОБС такого типу називати озерно-лісогосподарською. За результатами польових досліджень нами побудована ландшафтна карта водозбору оз. Озерце (рис. 6). У межах водозбору нами виокремлено сім геокомплексів рангу урочище, у тому числі й просте акваурочище.

Піщані гряди (n 1) та привододільні схилів (n 2) урочища займають перифе-

рійну частину водозбору і виступають своєрідним буфером з точки зору розвитку природно-антропогенних трансформацій. Разом вони займають площу близько 55% басейну озера (табл. 4). ОБС не вирізняється строкатістю геокомплексів, кожен вид представлений лише одним контуром. Урочища n 3, 5-6 знаходяться у стадії повільних ландшафтно-сукцесійних змін. Основні ландшафтометричні показники наведено у таблиці 4.

Висновки

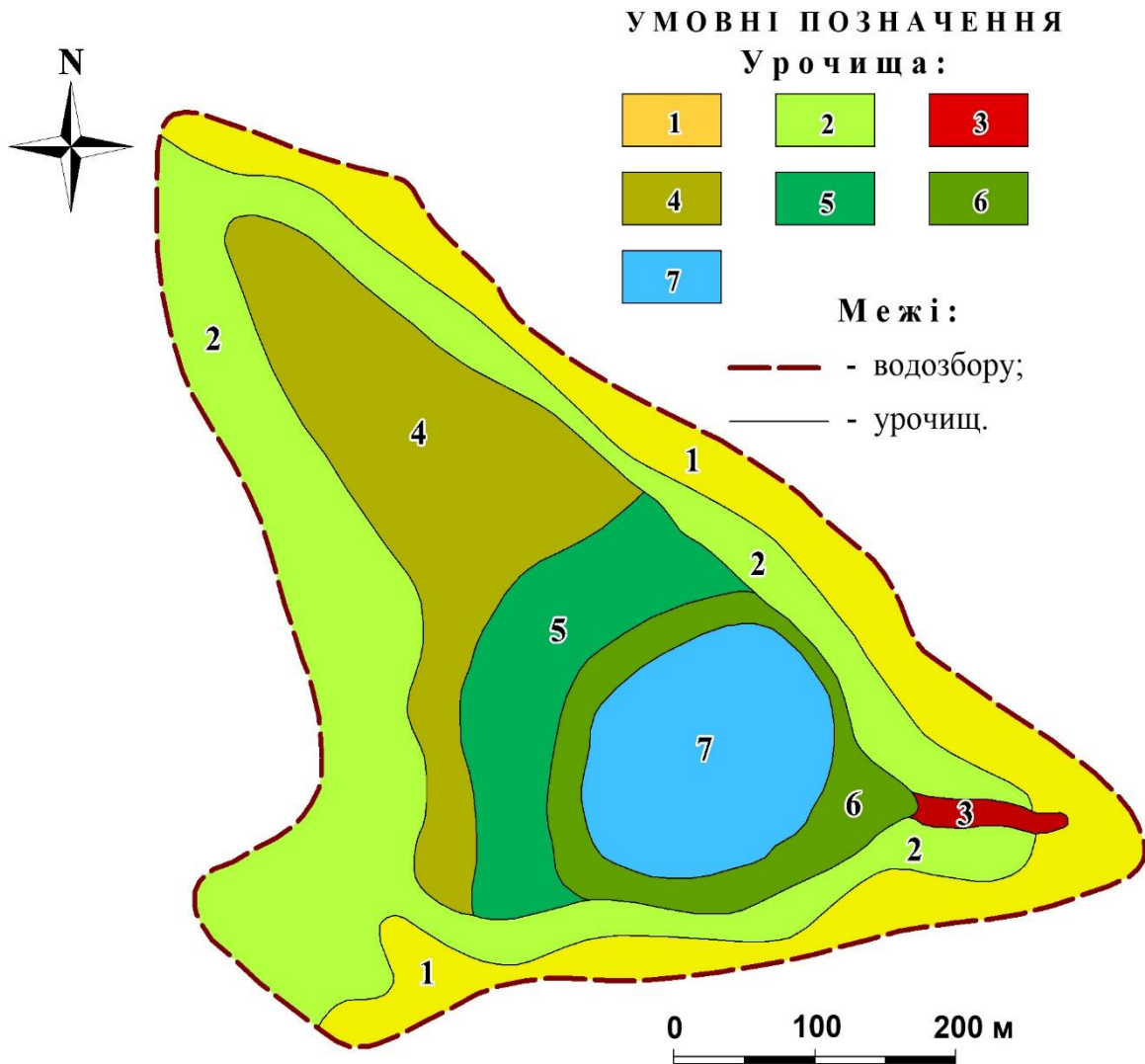
1. Ландшафтно-географічна модель оз. Озерце представлена ландшафтними картами ПАК озера та його водозбору, лімоного-метричними характеристиками ОБС, ландшафтометричними показниками ОБС, радіальним профілем основних геохімічних показників донних відкладів.

2. Басейнова система оз. Озерце є озерно-лісогосподарського типу. З метою оптимізації природокористування необхідно вести лісопатологічний та лісопірогенний моніторинг. Помітних трансформацій у подальшому зазнаватиме приозерна тераса (n 6) водозбору, вона збільшуватиметься своєю площею за рахунок «приростання»

мілководної літоральної частини озера, яка з часом заболочуватиметься.

3. Пропонуємо здійснювати охоронний та управлінський режим оз. Озерце та інших озер ПЗФ за ландшафтно-басейновим принципом, що відповідає Водній Рамковій Директиві ЄС та «водному» законодавству України.

4. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку гідробіологічного та гідроекологічного блоків водойми й формування власне «екологічного паспорта» оз. Озерце, який увійде до регіонального кадастру водойм ПЗФ Волинського Полісся.



1 – 6 – урочища, 7 – просте аквальне урочище; межі: а – водозбору, б – урочищ.

1. Піщані гряди зі спадистими (10-15°) схилами, вкриті чорничниково-зеленомоховими, дубово-сосновими та сосновими лісами на дерново-слабо- та середньопідзолистих піщаних ґрунтах. **2.** Привододільні ділянки із слабо спадистими (6-10°) схилами, вкриті сосновими, дубово-сосновими, зрідка смерековими лісами на дернових підзолистих дерново-прихованопідзолистих піщаних та супіщаних ґрунтах, що сформувалися на водно-льодовикових відкладах. **3.** Яри та балки, частково вкриті чагарничково-березово-чорновільховими лісами на розмитих дерново-підзолистих піщаних ґрунтах. **4.** Слабохвилясті ділянки межиріч, вкриті чагарничково-зеленомоховими свіжими сосновими та березово-сосновими борами, рідше ялиновими суборами на дерново-слабо- та середньопідзолистих глеюватих піщаних та супіщаних ґрунтах, що сформувалися на водно-льодовикових відкладах. **5.** Плоскі замкнуті заболочені купинчасті ділянки межиріч, вкриті чагарничково-сфагновим та дрібнозлаково-різнотравно-зеленомоховим, вільхово-березовим та березо-сосновим дрібноліссям на болотних мало- та середньопотужних ґрунтах, що сформувалися на водно-льодовикових відкладах. **6.** Вузькі приозерні тераси, вкриті рогово-очеретяно-осоково-сфагновими та різнотравно-зеленомоховими угрупованнями з рідкими поростями берези та вільхи на болотних середньопотужних та потужних ґрунтах, що сформувалися на алювіальних відкладах. **7.** Озерна улоговина округлої форми, на мілководді поросла осоково-рогозово-очеретяними угрупованнями, а в субліторалі – поодинокими водоростями, вкрита торфами та сапропелем, що сформувалися на алювіальних відкладах.

Рис. 6 – Ландшафтна карта водозбору оз. Озерце (зменшено з м-бу 1:10 000)

Таблиця 4

Територіальне розчленування ПТК водозбору оз. Озерце

Вид урочищ, n	Площа виду ПТК або ПАК км ²	% площі виду від загальної площі	Кількість контурів виду	% від загаль- ної кількості	*Середня площа виду, км ²	*Індекс подрібності	*Коефіцієнт складності	*Коефіцієнт ландшафтно роздрібності
1	0,0464	20,37	1					
2	0,0767	33,67	1					
3	0,0018	0,79	1					
4	0,0416	18,26	1					
5	0,0218	9,57	1					
6	0,0160	7,02	1					
7	0,0235	10,32	1					
Усього	0,2278	100,00	7	100,00	0,0325	30,729	215,385	0,8573

*Розрахунки проводилися лише для ПТК (ПАК) цілого водозбору, а не для індивідуальних видів урочищ.

Література

1. Безусько, Л. Г., Безусько, Т. В., Ковалюх, М. М. Палеоботанічні та радіохронологічні дослідження відкладів озера Болотне (Україна, Волинська область). *Наукові записки НАУКМА*. 2001. Т. 19: Біологія та екологія. С. 43–50.
2. Боярин, М. В., Савчук, Л. А. Оцінка ступеня придатності озер Турійського району для цілей рекреації. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. № 1-2. С. 110–114.
3. Брусак, В., Бакун, В. Методичні аспекти класифікації і паспортизації геолого-геоморфологічних пам'яток природи. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2011. Вип. 39. С. 44–51.
4. Wetzel, R. G., Likens, G. E. *Limnological analyses: monograph*. 3-rd edn. New York [et al.]: Springer, 2000. 429 pp.
5. Гончарук, В., Білявський, Г., Ковальов, М., Рубцов Г. Національна екологічна безпека та екологічна паспортизація водних об'єктів. *Вісник НАН України*. 2009. № 5. С. 22–29.
6. Ільїна, О. В., Пасічник, М. П. Озеро Прибич: лімнологіко-геохімічний аналіз. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*. 2016. Вип. 5. С. 75-80.
7. Kovalchuk, I. P., Martyniuk, V. A. Methodology and experience of landscape-limnological research into lake-basin systems of Ukraine. *Geography and Natural Resources*. 2015. Vol. 36. Issue 3. PP. 305–312. DOI: 10.1134/S1875372815030117
8. Козаченко, Т. І., Пархоменко, Г. О., Молочко, А. М. Картографічне моделювання: навч. посібник для вузів. Вінниця: Антекс-У ЛТД, 1999. 320 с.
9. Косяк, Д. С. Актуальність екологічної паспортизації водних та водогосподарських об'єктів в Україні. *Географія та туризм: науковий збірник*. 2012. Вип. 17. С. 291–299.
10. Косяк, Д. С. Обґрунтування розробки паспорту водних об'єктів в Україні. *Географія та туризм: науковий збірник*. 2013. Вип. 26. С. 260–267.
11. Кукурудза, С. І. Метризація ландшафтного різноманіття : монографія. Львів : Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. 218 с.
12. Кривомаз, Т. І. Паспортизація об'єктів біорізноманітності в системі управління екологічної безпеки. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2015. № 1 (11). С. 149–154.
13. Кривомаз, Т. І., Волошкіна, О. С. Методологічні підходи до формування «паспортів екологічної безпеки видів». *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2015. № 4. С. 36–45.
14. Максименко, Н. В. Методичні підходи до оцінки ландшафтної мозаїчності території. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013. № 1-2. С. 28-33.
15. Мартинюк, В. О. Ландшафтно-екологічна паспортизація озер Волинського Полісся. *Карпатська конференція з проблем охорони довкілля «Carpathian environmental conference» – CEC-2011*. Мат-ли Міжнародної наук.-практ. конф. (м. Мукачєво-Ужгород, 15-18 травня 2011 р.). Мукачєво-Ужгород, 2011. С. 129–131.
16. Мартинюк, В. А. Ландшафтна модель геосистеми «Озерный водосбор» как основа экологического паспорта водоема. *Научно-технические и экологические проблемы природопользования: материалы*

- Международ. науч.-практ. конф., Брест, 18-20 апр. 2012 г. / УО "Брестск. гос. техн. ун-т"; под ред. А. А. Волчека [и др.]. Брест, 2012. С. 121–124.
17. Мартинюк, В. О. Модель ландшафтно-рекреаційного паспорта водойми. *Вісник інституту педагогічної освіти. Сер. Географічна*. Вип. 1 (2012): Мат-ли Четвертої Міжн. наук.-практ. конф. "Еко- і агротуризм: перспективи розвитку на регіональному та локальному рівнях"; м. Рівне, Україна, 29–30 березня 2012 р. / Редкол.: А. С. Дем'янчук (голов. ред.) та ін. Рівне : Червінко А.В., 2012. С. 126–132.
 18. Мартинюк, В. А. Конструктивно-географіческие основы разработки паспорта озера водоема рыбохозяйственной специализации. *Основы рационального природо-пользования: Мат-лы V международн. научн-практ. конф.* / Под общ. ред. В.В. Афолина. Саратов: ООО Изд-й центр «Наука», 2016. С. 236–242.
 19. Мудрак, О. В. Методика створення екологічних паспортів заповідних об'єктів. *Наукові доповіді НУ-БіП*. 2009. Вип. 4 (16). URL: // <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2009-4/09movppo.pdf>
 20. Музиченко, О. С., Лавринюк, З. В. Екологічний стан та використання рекреаційних ресурсів озер Величче та Сомине Волинської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Екологія*. 2016. Вип. 15. С. 67-74.
 21. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 16.12.2013 р. № 742 «Про затвердження порядку розроблення паспорта рибогосподарської технологічної водойми» / Зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 11 січня 2014 року № 27/24804. URL: http://darg.gov.ua/_nakaz_vid_16_12_13_742_pro_0_0_1447_1.html
 22. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 18 березня 2013 року № 99 «Про затвердження Порядку розроблення паспорта водного об'єкта» / Зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 18 травня 2013 року № 775/23307. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0775-13/>
 23. Природно-заповідний фонд Рівненської області; під ред. Ю. М. Грищенко. Рівне : Волинські обереги, 2008. 216 с.
 24. Реймерс, Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
 25. Уланова, С. С. Создание электронных экологических паспортов искусственных водоемов Кумо-Манычской впадины с использованием методов экотонной концепции. *Вестник института комплексных исследований аридных территорий*. Элиста: Институт комплексных исследований аридных территорий, 2012. Т. 1. № 1 (24). С. 32–39.
 26. Черваньов, І. Г., Ігнат'єв С. Є. Ландшафтне картографування з використанням ГІС-технологій. Харків, 2006. 109 с.
 27. Яцик, А. В. Паспорт малої річки. *Екологічна енциклопедія: У 3-х т. К.*, 2008. Т. 3: О-Я. С. 88.

References

1. Bezus'ko, L. H., Bezus'ko, T. V., Kovalyukh, M. M. (2001). Paleobotanichni ta radiokhronolohichni doslidzhennya vidkladiv ozera Bolotne (Ukrayina, Volyns'ka oblast') [Paleobotanic and radiochronological research of Bolotne lake sediments (Ukraine, Volyn region)]. *Naukovi zapysky NaUKMA*. 19, 43-50 [in Ukrainian].
2. Boyaryn, M. V., Savchuk, L. A. (2015). Otsinka stupenya prydatnosti ozer Turiys'koho rayonu dlya tsiley rekreatsiyi [Evaluation of the suitability level of the lakes of Turiyskyi district for recreation purposes]. *Lyudyna ta dovyillya. Problemy neokolohiyi*. 1-2, 110-114 [in Ukrainian].
3. Brusak, V., Bakun, V. (2011). Metodichni aspekty klasyfikatsiyi i pasportyzatsiyi heoloho-heomorfologichnykh pam'yatok pryrody [Methodological aspects of classification and certification of geological and geomorphological natural monuments]. *Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriya heohrafichna*. 39, 44-51 [in Ukrainian].
4. Wetzel, R. G., Likens, G. E. (2000). *Limnological analyses: monograph*. 3-rd edn. New York [et al.]: Springer, 429 pp. [in English].
5. Honcharuk, V., Bilyavs'kyu, H., Koval'ov, M., Rubtsov, H. (2009). Natsional'na ekolohichna bezpeka ta ekolohichna pasportyzatsiya vodnykh ob'yektiv [National ecological safety and ecological certification of water bodies]. *Visnyk NAN Ukrayiny*. 5, 22-29 [in Ukrainian].
6. Pl'yina, O. V., Pasichnyk, M. P. (2016). Ozero Prybych: limnologo-geochemical analiz [Prybych lake: limnology-geochemical analysis]. *Naukovyy visnyk Khersons'koho derzhavnoho universytetu. Seriya: Heohrafichni nauky*. 5, 75-80 [in Ukrainian].
7. Kovalchuk, I. P., Martyniuk, V. A. (2015). Methodology and experience of landscape-limnological research into lake-basin systems of Ukraine. *Geography and Natural Resources*. 36(3), 305-312 / DOI: 10.1134/S1875372815030117 [in English].
8. Kozachenko, T. I., Parkhomenko, H. O., Molochko, A. M. (1999). Kartohrafichne modelyuvannya [Cartographic modeling]: navch. posibnyk dlya vuziv. Vinnytsya: Anteks-U LTD, 320 [in Ukrainian].
9. Kosyak, D. S. (2012). Aktual'nist' ekolohichnoyi pasportyzatsiyi vodnykh ta vodohospodars'kykh ob'yektiv v Ukrayini [Urgency of ecological certification of water and waterwork facilities in Ukraine]. *Heohrafiya ta turizm: naukovyy zbirnyk*. 17, 291-299 [in Ukrainian].
10. Kosyak, D. S. (2013). Obruntuvannya rozrobky pasportu vodnykh ob'yektiv v Ukrayini [Substantiation of development of a passport of water bodies in Ukraine]. *Heohrafiya ta turizm*. 26, 260-267 [in Ukrainian].

11. Kukurudza, S. I. (2013). *Metryzatsiya landshaftnoho riznomanittya* [Metrixation of landscape diversity] : monohrafiya. L'viv : Vydav. tsentr LNU im. Ivana Franka, 218 [in Ukrainian].
12. Kryvomaz, T. I. (2015). *Pasportyzatsiya ob"yektiv bioriznomanitnosti v systemi upravlinnya ekolohichnoyi bezpeky* [Certification of biodiversity facilities in the system of environmental safety management]. *Naukovyy visnyk Ivano-Frankivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu.* 1(11), 149-154 [in Ukrainian].
13. Kryvomaz, T. I., Voloshkina, O. S. (2015). *Metodolohichni pidkhody do formuvannya «pasportiv ekolohichnoyi bezpeky vydiv»* [Methodological approaches to the formation of «passports of environmental safety of species»]. *Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu.* 4, 36-45 [in Ukrainian].
14. Maksymenko, N. V. (2013). *Metodychni pidkhody do otsinky landshaftnoyi mozayichnosti terytoriyi* [Methodical approaches to assessment of landscape mosaic structure of a territory]. *Lyudyna ta dovkillya. Problemy neoekolohiyi.* 1-2, 28-33 [in Ukrainian].
15. Martynyuk, V. O. (2011). *Landshaftno-ekolohichna pasportyzatsiya ozer Volyns'koho Polissya* [Landscape-ecological certification of the lakes of Volyn Polissia]. *Karpats'ka konferentsiya z problem okhorony dovkillya «Sarpatian environmental conference» – SES-2011. Mat-ly Mizhnarodnoyi nauk.-prakt. konf. (m. Mukachevo-Uzhhorod, 15-18 travnya 2011 r.).* Mukachevo-Uzhhorod, 129-131 [in Ukrainian].
16. Martynyuk, V. A. (2012). *Landshaftnaya model geosistemyi «Ozerniy vodobor» kak osnova ekologicheskogo pasporta vodoema* [Landscape model of the geosystem "Lake Catchment" as the basis of an ecological passport of a water body]. *Nauchno-tekhnicheskie i ekologicheskie problemy prirodopolzovaniya: materialy Mezhdunarodn. nauch.-prakt. konf., Brest, 18-20 apr. 2012 g. / UO «Brestsk. gos. tehn. un-t»; pod red. A. A. Volcheka [i dr.].* Brest, 121-124 [in Russian].
17. Martynyuk, V. O. (2012). *Model' landshaftno-rekreatsiynoho pasporta vodoymy* [Model of a landscape-recreational passport of a water body]. *Visnyk instytutu pedahohichnoyi osvity. Ser. Heohrafichna. Vyp. 1 (2012): Mat-ly Chetvertoyi Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Eko- i ahroturyzm: perspektyvy rozvytku na rehional'nomu ta lokal'nomu rivnyakh»; m. Rivne, Ukrayina, 29–30 bereznya 2012 r. / Redkol.: A. S. Dem"yanchuk (holov. red.) ta in. Rivne : Chervinko A.V.,* 126-132 [in Ukrainian].
18. Martynyuk, V. A. (2016). *Konstruktivno-geograficheskie osnovy razrabotki pasporta ozernogo vodoema rybohozyaystvennoy spetsializatsii* [Constructive and geographical basis for the development of a passport of a lake of fishery specialization]. *Osnovy ratsionalnogo prirodopolzovaniya: Mat-lyi V mezhdunarodn. nauchn-prakt. konf. / Pod obsch. red. V.V. Afonina. Saratov: OOO Izd-y tsentr «Nauka»,* 236-242 [in Russian].
19. Mudrak, O. V. (2009). *Metodyka stvorenniya ekolohichnykh pasportiv zapovidnykh ob"yektiv* [Methodology of creation of ecological passports of protected sites]. *Naukovi dopovidi NUBiP.* 4 (16) [in Ukrainian].
20. Muzychenko, O. S., Lavrynyuk, Z. V. (2016). *Ekolohichnyy stan ta vykorystannya rekreatsiynykh resursiv ozer Velymche ta Somyne Volyns'koyi oblasti* [Ecological state and use of recreational resources of Velymche and Somyne lakes of Volyn region]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Seriya : Ecology.* 15, 67-74 [in Ukrainian].
21. *Nakaz Ministerstva ahrarynoyi polityky ta prodovol'stva Ukrayiny vid 16.12.2013 r. # 742 «Pro zatverdzhennya poryadku rozroblennya pasporta rybohospodars'koyi tekhnolohichnoyi vodoymy»(2014).* [Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine dated 16/12/2013 No. 742 "On Approval of the Procedure for Developing a Passport for a Fishery Process Water Reservoir"] / *Zareyestrovano v Ministerstvi yustytseyi Ukrayiny vid 11 sichnya 2014 roku # 27/24804* [in Ukrainian]. Available at: http://darg.gov.ua/_nakaz_vid_16_12_13_742_pro_0_0_0_1447_1.html
22. *Nakaz Ministerstva ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Ukrayiny vid 18 bereznya 2013 roku # 99 «Pro zatverdzhennya Poryadku rozroblennya pasporta vodnoho ob"yekta» (2013).* [Order of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine dated March 18, 2013 No. 99 "On Approval of the Procedure for the Development of the Passport of a Water Facility"] / *Zareyestrovano v Ministerstvi yustytseyi Ukrayiny vid 18 travnya 2013 roku # 775/23307* Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0775-13> [in Ukrainian].
23. Hryshchenko Yu. M. (2008). *Pryrodno-zapovidnyy fond Rivnens'koyi oblasti* [Nature Reserve Fund of Rivne region]. *Rivne : Volyns'ki oberehy,* 216 [in Ukrainian].
24. Reymers, N. F. (1990). *Prirodopolzovanie: Slovar-spravochnik* [Nature management: Dictionary-reference book]. *M.: Myisl,* 637 [in Russian].
25. Ulanova, S. S. (2012). *Sozdanie elektronnykh ekologicheskikh pasportov iskusstvennykh vodoemov Kuma-Manychskoy vpadinyi s ispolzovaniem metodov ekotonnoy kontseptsii* [Creation of electronic ecological passports of artificial water bodies of the Kuma-Manych valley using ecotone concept methods]. *Vestnik instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy.* Elista: Institut kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy, 1 (24), 32-39 [in Russian].
26. Chervan'ov, I. H., Ihnat'yev, S. Ye. (2006). *Landshaftne kartohrafuvannya z vykorystannyam HIS-tekhnolohiy* [Landscape mapping using GIS technologies]. *Kharkiv,* 109 [in Ukrainian].
27. Yatsyk, A. V. (2008). *Pasport maloyi richky* [Passport of a small river]. *Ekolohichna entsyklopediya: U 3-kht. Kiev,* 3, 88-88 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 17.08.2017

УДК 504.454:455

В. І. МЕДІНЕЦЬ¹, канд. фіз.-мат. наук, с.н.с., **В. Г. СОЛОВЙОВ²**,
Є. А. ЧЕРКЕЗ¹, д-р геол.-мін. наук, проф., **Л. П. ФЕТІСОВ²**,
С. В. МЕДІНЕЦЬ¹, д-р прир. наук, **С. В. СВІТЛИЧНИЙ¹**, **М. Г. БОТНАР¹**

¹Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
пров. Маяковського 7, м.Одеса, 65082, Україна,
e-mail: v.medinets@onu.edu.ua

²ТОВ «Центр екологічної безпеки»,
вул. Братів Поджио 11, 65031, Одеса, Україна

ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ В КУЯЛЬНИЦЬКОМУ ЛИМАНИ

Мета. Оцінка темпів накопичення донних відкладень в двох районах Куяльницького лиману з використанням радіонуклідного методу. **Методи.** За стандартними методами відбору колонок донних відкладень та гамма-спектрометричних визначень концентрацій радіонуклідів. **Результати.** На основі результатів досліджень, проведених у 2016 р., були визначені пошарові концентрації радіонуклідів цезію-137, калію-40, радію-226 та торію-232. Аналіз вертикальних профілів концентрацій цезію-137 дав можливість вперше зробити оцінки інтенсивності осадконакопичення в двох районах лиману в періоди 1962-1986-2016 рр., які потім були використані для індикативного датування аномалій в розподілі концентрацій радіонуклідів природного походження калію-40, радію-226 та торію-232. **Висновки.** Показано, що в нижній і середній частинах Куяльницького лиману в 1986 – 2016 рр. середні швидкості осадконакопичення склали $0,8 \pm 0,1$ мм/рік та $1,8 \pm 0,2$ мм/рік відповідно. У 1962-1986 рр. інтенсивність осадконакопичення в обох частинах лиману була практично однаковою і складала $1,9 \pm 0,2$ мм/рік. Середні за період 1962-2016 рр. значення склали $1,6 \pm 0,1$ мм/рік та $1,8 \pm 0,2$ мм/рік для нижньої і середньої частини лиману відповідно. Для більш точного датування шарів донних відкладень, які накопичувались раніше 1962 року, запропоновано провести додаткові мінералогічні дослідження та використовувати радіонуклідний метод для визначення темпів осадконакопичення в інших водних об'єктах Причорномор'я.

Ключові слова: осадконакопичення, цезій-137, калій-40, радій-226, торій-232

Medinets V. I.¹, Soloviev V. G.², Cherkez Ye. A.¹, Fetisov L. P.², Medinets S. V.¹, Svitlichnyi S. V.¹, Botnar M. G.¹

¹Odessa National I. I. Mechnikov University

²LTD "Ecological Safety Centre"

ASSESSMENT OF BOTTOM SEDIMENTS ACCUMULATION INTENSITY IN THE KUYALNYK ESTUARY

Purpose. Assessment of bottom sediments accumulation rate for two areas of the Kuyalnyk Estuary using radionuclide method. **Methods.** The study has been done in two areas of the Kuyalnyk Estuary: the middle part near Kovalivka village and the lower part to the north from the sanatorium, using the standard methods of sediment columns sampling and gamma-spectrometric analysis of radionuclides concentration. **Results.** Based on the results of the studies of 2016, layer-by-layer concentrations of Cesium-137, Potassium-40, Radium-226 and Thorium-232 were determined. Analysis of vertical profiles of Cesium-137 concentrations enabled us to assess, for the first time, the intensity of sediments accumulation in two areas of the estuary for the periods 1962-1986-2016, which later were used for indicative dating of anomalies in the distribution of natural radionuclides Potassium-40, Radium-226 and Thorium-232 concentrations. **Conclusions.** It has been shown that in the lower and middle parts of the Kuyalnyk Estuary the average rate of sediments accumulation in 1986 – 2016 made 0.8 ± 0.1 mm/year and 1.8 ± 0.2 mm/year respectively. In 1962-1986 sediments accumulation rate was practically the same in both parts of the estuary and made 1.9 ± 0.2 mm/year. The average values for the period 1962-2016 made 1.6 ± 0.1 mm/year and 1.8 ± 0.2 mm/year for the lower and middle parts of the estuary respectively. It has been proposed to perform additional mineralogical studies for more precise dating of the sediment layers accumulated before 1962 and to use radionuclide method for determination of sediment accumulation rate in other water bodies of the Black Sea region.

Key words: sediments accumulation, Cesium-137, Potassium-40, Radium-226, Thorium-232

Мединец В. И.¹, Соловьев В. Г.², Черкез Е. А.¹, Фетисов Л. П.², Мединец С. В.¹, Светличный С. В.¹, Ботнар М. Г.¹

¹Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова

²ООО «Центр экологической безопасности»

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В КУЯЛЬНИЦКОМ ЛИМАНЕ

Цель. Оценка темпов накопления донных отложений в двух районах Куяльницкого лимана с использованием радионуклидного метода. **Методы.** По стандартным методам отбора колонок донных отложений и гамма-спектрометрических определений концентраций радионуклидов. **Результаты.** На основе результатов исследований, проведенных в 2016 г., были определены послойные концентрации радионуклидов цезия-137, калия-40, радия-226 и тория-232. Анализ вертикальных профилей концентраций цезия-137 дал возможность впервые выполнить оценки интенсивности осадконакопления в двух районах лимана в периоды 1962-1986-2016 гг., которые потом были использованы для индикативного датирования аномалий в распределении концентраций радионуклидов естественного происхождения калия-40, радия-226 и тория-232. **Выводы.** Показано, что в нижней и средней частях Куяльницкого лимана в 1986 – 2016 гг. средние скорости осадконакопления составляли $0,8 \pm 0,1$ мм/год и $1,8 \pm 0,2$ мм/год соответственно. В 1962-1986 гг. интенсивность осадконакопления в обеих частях лимана была практически одинаковой и составляла $1,9 \pm 0,2$ мм/год. Средние за период 1962-2016 гг. значения составили $1,6 \pm 0,1$ мм/год и $1,8 \pm 0,2$ мм/год для нижней и средней частей лимана соответственно. Для более точного датирования слоев донных отложений, которые накапливались ранее 1962 г., предложено провести дополнительные минералогические исследования и использовать радионуклидный метод для определения темпов осадконакопления в других водных объектах Причерноморья.

Ключевые слова: осадконакопление, цезий-137, калий-40, радий-226, торий-232

Вступ

Однією з актуальних проблем сучасного кризового стану Куяльницького лиману є зменшення обсягів води в ньому та підвищення мінералізації, яка призводить до негативних наслідків у функціонуванні біоценозу та процесах формування унікальних лікувальних грязей [1-4]. Основним чинником погіршення стану лиману, який підтримується всіма науковцями, є зменшення обсягів води в лимані внаслідок порушення водного балансу через кліматичні зміни і рукотворне припинення прісноводного стоку з річки Великий Куяльник. Ще однією вірогідною причиною обміління лиману, яку періодично називають експерти, може бути замулення (накопичення донних відкладень в лимані) за рахунок природного

надходження теригенного стоку. В зв'язку з відсутністю реальних експериментальних даних про інтенсивність цього явища в Куяльницькому лимані, нами було проведено спеціальне дослідження в рамках держбюджетної теми «Вивчити кризові зміни екосистеми Куяльницького лиману та обґрунтувати заходи щодо стабілізації його екологічного стану» (науковий керівник проф. Черкез Є.А.).

Мета дослідження – оцінити темпи накопичення донних відкладень в двох районах Куяльницького лиману з використанням радіонуклидного методу, який використовується для визначення окремих характеристик седиментації і для датування віку донних відкладень [8-10].

Об'єкти та методи досліджень

Об'єкт дослідження – донні відкладення Куяльницького лиману. Для вивчення темпів накопичення нами 15-16 вересня 2016 року були відібрані дві колонки донних відкладень з непорушеною структурою (рис. 1): D1 з координатами 46,71311 п.ш. і 30,62121 с.д. (в середній частині лиману, біля с. Ковалівка) та D2 – 46,57533 п.ш. і 30,72405 с.д. (в нижній частині лиману, північніше санаторного комплексу), які визначались за допомогою портативного GPS навігатора GARMIN GPS-12-XL.

Глибина водного шару в місцях відбору колонок складала 10-15 см (D1) та – 35-40 см (D2). Донні відкладення на цих ділянках були представлені чорними мулами, які були покриті тонкою кіркою гіпсу завтовшки біля 5 мм. Для здійснення відбору нами використовувалась пластикова труба довжиною 1,5 м з внутрішнім діаметром 72 мм.

Трубу плавно вдавлювали в товщу донних відкладень на глибину не менш як 60 см, після чого верхню частину труби закривали герметичною пластиковою заглушкою



Рис. 1 – Схема розташування місць відбору колонок донних відкладень в Куяльницькому лимані: D1 (16.09.2016 р.) і D2 (15.09.2016 р.)

та піднімали відібраний зразок. Після підйому труби з води, нижню частину труби додатково закривали герметичною пластиковою кришкою. Після доставки відібраної колонки на суху ділянку берегу перші 10 см колонки розділяли на шари через 1 см, а потім з 10 см до кінця колонки через кожні 3 см. за допомогою поршневого екструдера, виготовленого співробітниками ТОВ «Центр екологічної безпеки». В якості різачка використовували тонкий шпатель товщиною 0,1 мм. Відділені зразки шарів колонки складались в поліетиленові пакети і доставлялись в лабораторію ТОВ «Центр екологічної безпеки», в якій вони у відповідності з рекомендаціями [5] зважувались, висушувались та поміщались в спеціальні кювети для проведення гамма-спектрометричного визначення концентра-

ції радіонуклідів торію-232, радію-226, калію-40 і цезію-137, яке здійснювалось з використанням гамма-спектрометра, до складу якого входили спектрометричний підсилювач БУИ-3К, спектрометричний процесор АЦП-8К-2Г, блок високовольтного живлення БНВ-31 та напівпровідниковий детектор ORTEC GEM-30185. Калібровка гамма-спектрометра здійснювалась за допомогою об'ємного імітанту типу ОСН-1. Ідентифікацію радіонуклідів калію-40, цезію-137, радію-226 та торію -232 проводили у відповідності з методикою [6] за енергією гамма квантів з енергіями : 1460, 662; 186 і 1860 KeV відповідно. Обробка гамма-спектрів та розрахунки вмісту радіонуклідів в зразках здійснювали у відповідності з методикою [7] з використанням програмного забезпечення ЛСРМ. Відносна статистична

помилка гама-спектрометричних вимірювань з урахуванням рівню зовнішнього ра-

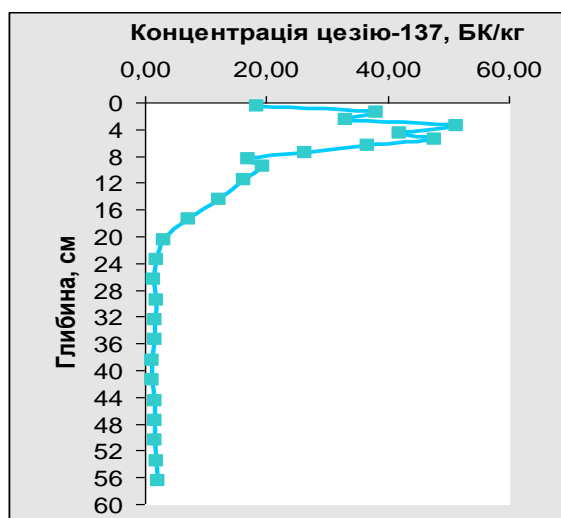
діоактивного фону не перевищувала 10%.

Результати та обговорення

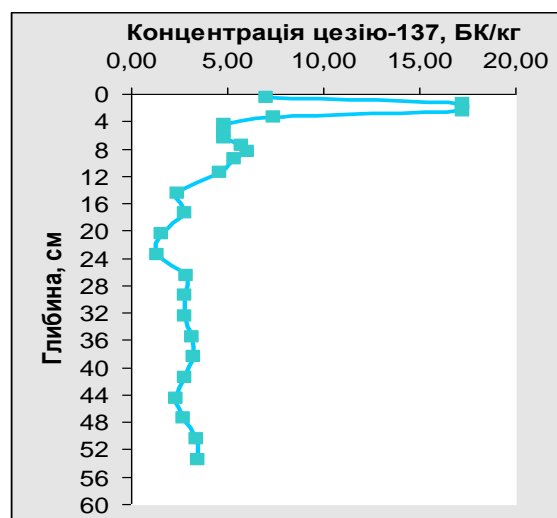
Аналіз вертикального розподілу концентрацій радіонуклідів цезію-137, калію-40, радію-226 та торію-232 по глибині колонок D1 та D2 показав наступне.

В середній частині лиману (станція відбору D1) вертикальний розподіл концентрацій цезію-137 (рис. 2) характеризувався наявністю максимальних значень 47,8-51,4 Бк/кг в шарах відкладень на гли-

бинах 3,0-6,0 см. Надалі, з глибиною спостерігався наступний невеличкий максимум у 19,3 Бк/кг на глибині 9-10 см і далі концентрація цезію-137 монотонно зменшувалась до глибини 17 см, за якою спостерігались фонові значення, близькі до межі визначення, яка в залежності від обсягу зразка складала від 1,0 до 2,2 Бк/кг.



а) станція відбору D1



б) станція відбору D2

Рис. 2 – Вертикальний розподіл концентрацій цезію-137 в колонках донних відкладень D1 (а) та D2 (б), відібраних в Куяльницькому лимані в вересні 2016 року

Враховуючі той факт, що перший максимум концентрацій цезію 127 відповідає його надходженню після Чорнобильської аварії 1986 року, можна констатувати, що шар донних відкладень від 3,0 до 6,0 см, з урахуванням дифузійних процесів в них, сформувався на протязі останніх 30 років, і інтенсивність їх накопичення за останні 30 років може бути оцінена в межах від 1,1 до 2,5 мм/рік при середньому значенні $1,8 \pm 0,7$ мм/рік. Наступним джерелом надходжень цезію-137 до водних об'єктів у минулому вважається серія міцних ядерних випробувань 1960 років з максимумом у 1962 році, які використовуються іншими дослідниками [8-10] при датуванні шарів донних відкладень. Цій даті відповідають підвищенні концентрації цезію-137 шару донних відкладень від 8 до 20 см з максимумом на глибині 9-10 см, тобто середня інтенсив-

ність накопичення донних відкладень з 1962 р. до 1986 р. складала $1,9 \pm 0,4$ мм/рік, а за весь період 1962-2016 рр. – $1,8 \pm 0,4$ мм/рік.

В нижній частині лиману (станція відбору D2) вертикальний розподіл концентрацій цезію-137 (рис. 2) характеризувався наявністю максимуму 17,3 Бк/кг в шарах відкладень на глибинах 1,0-3,0 см. За своїм значенням цей максимум був майже в 3 рази меншим ніж в колонці D1 в середній частині лиману. На глибинах від 4,0 до 14,0 см спостерігався наступний невеличкий максимум концентрації цезію-137 (6,03 Бк/кг) на глибині 8,0-9,0 см, який теж був у 2,7 рази меншим ніж на станції D1. Надалі концентрація цезію-137 монотонно зменшувалась до глибини 14 см, за якою спостерігались фонові значення, тобто можна зробити висновок, що в нижній частині

лиману шар донних відкладень, в якому реєструється цезій-137 на протязі останніх 30 років після Чорнобильської аварії, сформувався на глибинах від 2 до 4 см. Таким чином, інтенсивність накопичення донних відкладень в колонці D2, з урахуванням дифузійних процесів може бути оцінена в межах від 0,7 до 1,3 мм/рік, при середньому значенні $0,8 \pm 0,1$ мм/рік. Оцінка інтенсивності відкладень за надходженнями цезію-137 від ядерних випробувань 1960-х років показала, що шар донних відкладень в колонці D2, в якому спостерігались підвищенні концентрації цезію-137, розташовувався на глибинах від 4 до 10 см з максимумом на глибині 8,0-9,0 см, тобто накопичення донних відкладень з 1962 року до 1986 дорівнювало 40-50 мм за 24 роки, що відповідає інтенсивності 1,7-2,1 мм/рік при середньому значенні $1,9 \pm 0,2$ мм/рік. Середня інтенсивність накопичення відкладень в нижній частині лиману за період 1962-2016 роки складає $1,6 \pm 0,1$ мм/рік, що практично співпадає з нашою оцінкою для верхньої частини лиману.

Таким чином можна констатувати, що в Куяльницькому лимані експериментально визначені рівні осадконакопичення коливались в 1986-2016 рр. в межах від 0,8 до 1,8 мм/рік, в 1962-1986 рр. – були практично однаковими і дорівнювали 1,9 мм/рік, а в 1962-2016 рр. – складала 1,8 і 1,6 мм/рік для колонок D1 і D2 відповідно. Отримані нами оцінки доволі добре погоджуються з результатами інших дослідників [8-10] для інших водних об'єктів, і надалі можуть бути використані для приблизного датування часу аномалій, які виявляються у вертикальних профілях концентрацій радіонуклідів природного походження по глибині колонок.

Треба також відмітити особливість розподілу максимальних значень концентрацій цезію-137, які як для 1986 року, так і для 1962 року в середній частині лиману (D1) були майже в 3 рази вищими, ніж у нижній частині лиману (D2), що, за нашою думкою, може бути пояснено тим, що біля с. Ковалівка основний внесок до вмісту цезію-137 в донних відкладеннях давав поверхневий і річковий стік з річок і балок басейну Куяльницького лиману, в той час як в нижній частині лиману могли переважати біогенні процеси осадконакопичення.

Аналіз вертикального розподілу концентрацій радіонуклідів природного походження калію-40 на станції D1 (рис. 3) показав, що вони змінювались в межах від

120,9 Бк/кг (0-1 см) до 580 Бк/кг (19-22 см) при середньому значенні 254 ± 61 Бк/кг (0-58 см). Абсолютний максимум концентрацій калію-40 (580 Бк/кг) спостерігався в шарі колонки 19-22 см, що може відповідати часу їх формування від 105 до 122 рр. тому (тобто в період 1894 - 1911 рр.), якщо прийняти що за всією довжиною колонки інтенсивність осадконакопичення була 1,8 мм/рік, значення якої яку ми оцінили за профілем цезію-137 для періоду 1962-2016 рр.

Ще кілька невеличких піків концентрацій були зафіксовані в шарах 3-4 см, 34-37 см і 43-46 см, що, вірогідно, відповідає часові формування шарів донних відкладень 17-22 рр. тому (1994-1999 рр.), 188 – 205 рр. тому (1811 – 1828 рр.) і 239 – 255 рр. тому (1761-1777 рр.) відповідно. Мінімальні значення концентрацій: 125, 175, 211 та 240 Бк/кг спостерігались на глибинах 0-2, 5-8, 31-34 та 48-51 см, тобто у 1991-2016 рр. (0-25 рр. тому), 1972-1988 рр. (28-44 рр. тому), 1828-1844 рр. (172-188 рр. тому) і в 1733-1749 рр. (267-283 рр. тому) відповідно.

Аналіз вертикального розподілу концентрацій радіонуклідів природного походження калію-40 на станції D2 (рис. 3) показав, що вони були значно нижчими ніж у середній частині лиману та змінювались в межах від 65 (0-1 см) до 329 Бк/кг (52-55 см) при середньому значенні $164,2 \pm 53,9$ Бк/кг. Максимуми концентрацій спостерігались на глибинах 5-6, 13-16, 22-25 см, що, використовуючи нашу оцінку інтенсивності осадконакопичення по цезію-137, дає нам можливість датувати їх виникнення 31-38, 81-100 та 137-156 рр. тому, тобто в періоди 1978-1985, 1916-1935 та 1860-1879 років відповідно. При цьому слід відмітити, що аномальне зростання концентрацій калію-40 до значень 290-340 Бк/кг спостерігалось на глибинах від 46 до 55 см, що відповідає часу виникнення цього шару – приблизно 270-280 рр. тому, тобто до 1730 – 1746 рр., тобто враховуючі той факт, що калій-40 є індикатором літогенних процесів [9], донні відкладення нижньої частини Куяльницького лиману до 1730-1746 року сформувались за рахунок надходження глинистої речовини з берегів, в якій звичайно спостерігаються підвищенні концентрації калію [9].

Мінімальні концентрації калію-40 зі значеннями 65-88, 175, 149 і 101 Бк/кг спостерігались на глибинах 0-2,0 см (0-12 рр.

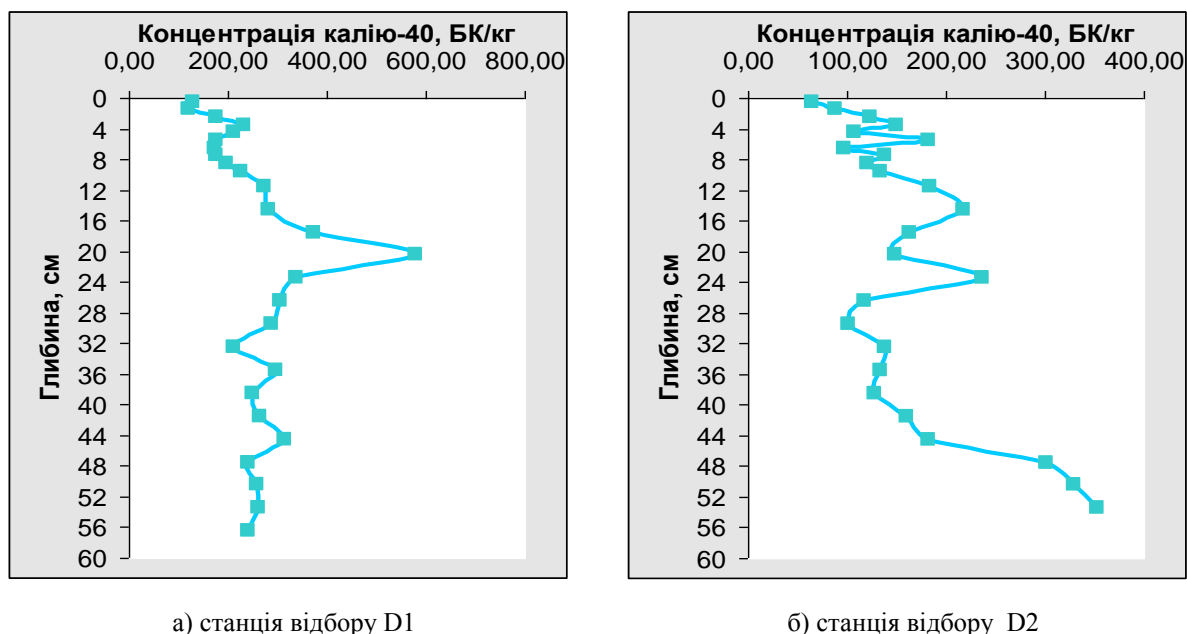


Рис. 3 – Вертикальний розподіл концентрацій калію-40 в колонках донних відкладень D1 (а) та D2 (б), відібраних в Куяльницькому лимані в вересні 2016 року

тому, тобто в 2004-2016 рр.), 6-8 см (37 – 50 рр. тому, тобто в 1966-1979 рр.), 19-22 см (119- 137 рр. тому, тобто в 1879-1897 рр., 28-31 см (175 - 193 рр. тому, тобто в 1823-1840 рр.) Можна припустити, що саме в вищенаведені періоди спостерігалось зменшення інтенсивності літогенних процесів. Детальний аналіз і більш об'єктивну історичну реконструкцію походження донних відкладень з урахуванням літогенних процесів, які можна буде прив'язати до історичних і природних подій минулого, доцільно в майбутньому здійснити під час проведення додаткових мінералогічних досліджень в колонках, що будуть відібрані в цих районах лиману.

Аналіз вертикального розподілу концентрацій радіонукліду природного походження радію-226 на станції D1 (рис. 4) показав, що вони змінювались в межах від 12,8 (0-1 см) до 29,3 Бк/кг (16-19 см) при середньому значенні $21,2 \pm 2,7$ Бк/кг.

Максимуми концентрацій радію-226 зі значеннями 25,4, 25,5 і 21,6 Бк/кг спостерігались також на глибинах 3,0-4,0 см, 8,0-9,0 см та 43-46 см відповідно, датування яких за цезієм-137 показало, що ці глибини відповідають періодам 1993-1999, 1966-1972 та 1760-1778 рр. відповідно. Мінімальні значення концентрацій радію-226 спостерігались на глибинах 0-1 см, 5-6 см, 9-10 см та 37-40 см, що відповідало періодам 2010 р., 1983-1988

рр., 1960-1966 рр. та 1793-1810 рр. відповідно.

Аналіз вертикального розподілу концентрацій радію-226 на станції D2 показав, що вони змінювались в подібних до станції D1 межах - від 10,4 Бк/кг (6-7 см) до 29,6 Бк/кг (2-3 см) при середньому значенні $20,8 \pm 3,5$ Бк/кг, що практично співпадало з середнім значенням концентрацій для колонки станції D1 ($21,2 \pm 2,7$ Бк/кг). Таке співпадіння середніх концентрацій не було зафіксовано більш ні для одного з інших радіонуклідів, що може свідчити про те, що існує однакове джерело надходження радію-226 в донні відкладення різних частин лиману. Цей факт потребує свого додаткового дослідження.

Максимуми концентрацій радію-226 зі значеннями 29,6, 25,0 і 28,5 Бк/кг, спостерігались на глибинах 2-4, 16-19 та 34-37 см відповідно, датування яких за цезієм-137 показало, що ці глибини відповідають періодам 1966-1991, 1897- 1916 та 1780-1803 рр. відповідно. Мінімальні значення концентрацій радію-226 спостерігались на глибинах 0-1, 6-7, 22-25 та 37-40 см, що дає датування шарів 2010 р., 1972- 1978 рр., 1860-1878 рр. та 1766-1785 рр. відповідно.

Аналіз вертикального розподілу концентрацій торію-232 на станції D1 (рис. 5) показав, що вони змінювались в межах - від

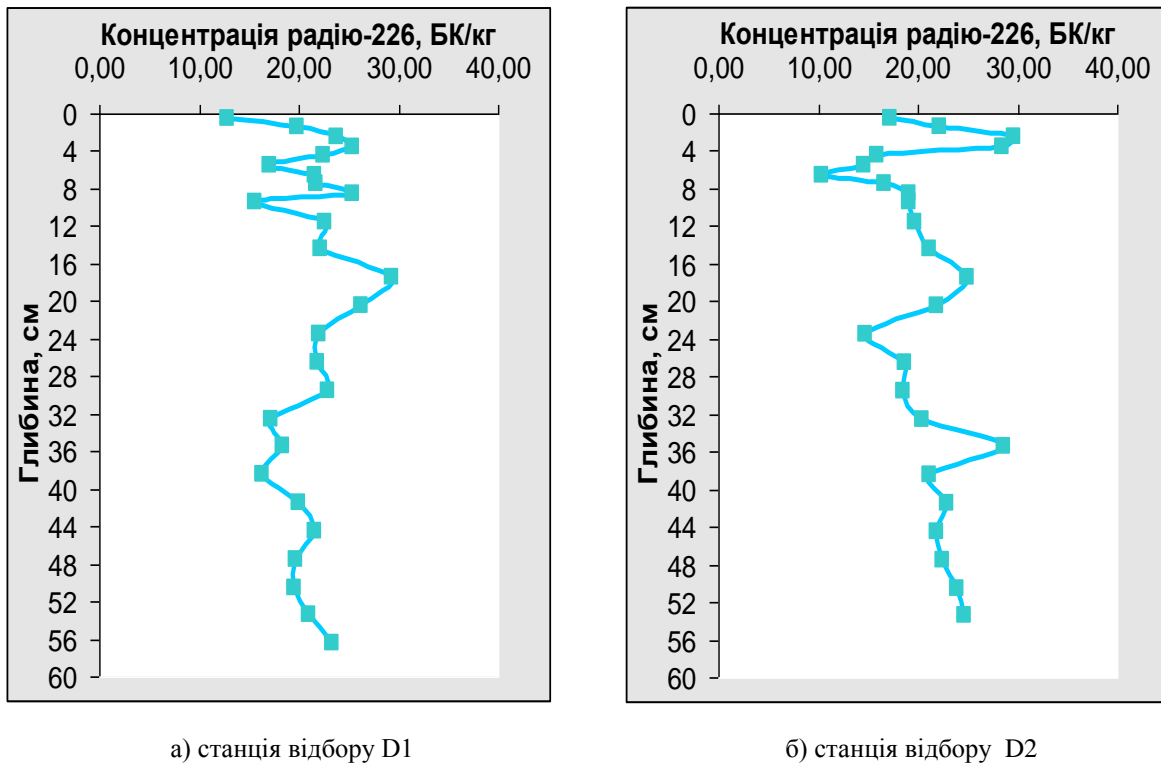


Рис. 4 - Вертикальний розподіл концентрацій радію-226 в колонках донних відкладень D1 (а) та D2 (б), відібраних в Куяльницькому лимані в вересні 2016 року

18,6 Бк/кг (8-9 см) до 34,5 Бк/кг (19-22 см) при середньому значенні $26,3 \pm 3,3$ Бк/кг.

Максимуми концентрацій торію-232 зі значеннями 30,2, 34,5, 32,5 і 27,7 Бк/кг спостерігались на глибинах 4-5, 7-8, 19-22 та 43-46 см, датування яких за цезієм-137 відповідало періодам 1985-1994, 1966-1977, 1894-1910 та 1761- 1777 рр. відповідно. Мінімальні значення концентрацій торію-232 спостерігалась на глибинах 1-2, 5-6, 8-9 та 37-40 см, що відповідало періодам 2005-2010 рр., 1983-1988 рр., 1966-1971 рр. та 1793-1810 рр.

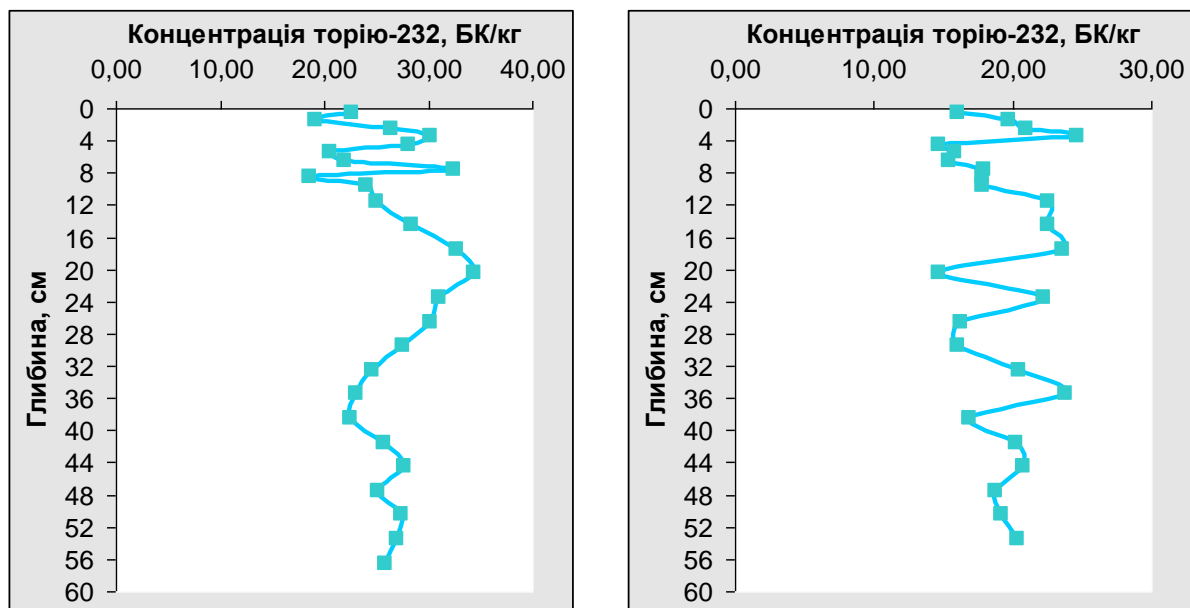
Аналіз вертикального розподілу концентрацій торію-232 на станції D2 (рис. 5) показав, що вони змінювались в межах від 14,6 Бк/кг (19-22 см) до 24,7 Бк/кг (3-4 см) при середньому значенні $19,2 \pm 2,6$ Бк/кг. Максимуми концентрацій торію-232 зі значеннями 24,7, 23,6, 22,2 і 23,8 Бк/кг спостерігались на глибинах 4-5, 16-19, 22-25 та 34-37 см відповідно, датування яких за цезієм-137 відповідало періодам 1991-2000, 1897-1916, 1860-1878 та 1785-1804 рр.

Мінімальні значення концентрацій спостерігалась на глибинах 0-1, 4-7, 19-22, 25-31 та 37-40 см, що відповідало періодам 2010-2016 рр., 1973-1991 рр., 1878-1897 рр., 1822- 1860 та 1756-1785 рр.

Висока мінливість вертикального розподілу концентрацій природних радіону-

клідів в донних відкладеннях та іноді синхронні зміни їх концентрацій змусили нас перевірити кореляційні взаємозв'язки між ними. Аналіз коефіцієнтів парної кореляції між рядами концентрацій радіонуклідів калію-40, радію-226 та торію-232 (табл. 1-2) показав, що кореляційні взаємозв'язки між ними в різних частинах лиману суттєво відрізняються.

В середній частині лиману (колонка D1) тісні додатні кореляційні зв'язки спостерігались для калію-40 з радіонуклідами радієм-226 ($r=0,48$) та торієм-232 ($r=0,67$), що може свідчити про єдність джерел надходжень більшої частини цих радіонуклідів. Для цезію-137 був зареєстрований єдиний, але від'ємний кореляційний зв'язок з калієм-40 ($r=-0,53$), що може бути результатом того, що основна маса цезію-137 потрапила до лиману в результаті випадіння з атмосфери, а не літогенних процесів, індикатором інтенсивності яких, як відомо [9], є калій-40. Звертає на себе увагу тісний кореляційний зв'язок між концентраціями торію-232 і радію-226 ($r=0,55$), а також існуючі від'ємні кореляційні взаємозв'язки між концентраціями цих радіонуклідів та щільністю донних відкладень ($r=-0,40$ - для торію-232, $r=-0,45$ - для радію-226). Зростання концерн-



а) станція відбору D1

б) станція відбору D2

Рис. 5 - Вертикальний розподіл концентрацій торію-232 в колонках донних відкладень D1 (а) та D2 (б), відібраних в Куяльницькому лимані в вересні 2016 року

Таблиця 1

Кореляційні взаємозв'язки між концентраціям радіонуклідів в колонці D1

	Ra-226	Th-232	K-40	Щільність
Cs-137	0,04	-0,24	-0,53**	-0,10
Ra-226		0,55**	0,48**	-0,45*
Th-232			0,67**	-0,40*
K-40				-0,15

Рівні значимості коефіцієнтів кореляції: * - 0,37 при $p=0,005$, ** 0,48 при $p=0,01$

Таблиця 2

Кореляційні взаємозв'язки між концентраціями радіонуклідів в колонці D2

	Ra-226	Th-232	K-40	Щільність
Cs-137	0,26	0,06	-0,36	0,58**
Ra-226		0,63**	0,23	-0,26
Th-232			0,31	-0,35
K-40				-0,48*

Рівні значимості коефіцієнтів кореляції: * - 0,38 при $p=0,005$, ** 0,49 при $p=0,01$

трацій спостерігається з пониженням щільності відкладень, що може бути лише у разі підвищення вмісту води і розчинених солей в них. Тобто ці взаємозв'язки опосередковано можуть свідчити про те, що значна частина радію-226 і торію-232 може потрапляти в

донні відкладення у вигляді розчинених солей.

В нижній частині лиману (колонка D2) кількість кореляційних значимих взаємозв'язків суттєво зменшується. Значимі кореляційні зв'язки спостерігались лише між

концентраціями радію-226 та торію-232 ($r=0,63$), що підтверджує наше припущення про єдине джерело їх надходження в лиман, незалежно від району спостережень. Відсутність інших взаємозв'язків між концентраціями радіонуклідів може свідчити про те, що процеси надходження інших радіонуклідів до донних відкладень в нижній частині лиману суттєво відрізняються від середньої частини лиману. Саме про це свідчить і наявність позитивної кореляції між щільністю і концентрацією

цезію-137 ($r = 0,58$) та від'ємної кореляції щільності з концентрацією калію-40 ($r = -0,48$), що може бути викликано переносом більш забруднених цезієм-137 донних відкладень з північної частини лиману та вірогідним значимим впливом субаквального потоку підземних вод в нижній частині лиману, які мають підвищені концентрації калію. Але останнє припущення планується перевірити в подальших дослідженнях.

Висновки

За аналізом розподілу концентрацій радіонуклідів по глибині колонок донних відкладень нами вперше для Куяльницького лиману репрезентативно проведено оцінку інтенсивностей осадконакопичення у 1962-1986-2016 рр. в нижній і середній його частинах, які показали, що в 1986 – 2016 рр. середні швидкості осадконакопичення склали $0,8 \pm 0,1$ мм/рік та $1,8 \pm 0,2$ мм/рік відповідно, у 1962-1986 рр. інтенсивність осадконакопичення в обох частинах лиману була практично однаковою і складала $1,9 \pm 0,2$ мм/рік, а за весь період 1962-2016 рр. середні значення для нижньої і середньої частин лиману склали $1,6 \pm 0,1$ мм/рік та $1,8 \pm 0,2$ мм/рік відповідно.

Отримані нами оцінки темпів осадконакопичення дали змогу здійснити індикативне датування аномалій в розподілі концентрацій радіонуклідів природного походження калію-40, радію-226 та торію-232.

Вивчення вертикальних профілів концентрацій природних радіонуклідів та їх взаємозв'язків показало, що вони характеризуються значною мінливістю по глибині та наявністю аномалій, що свідчать про

наявність невивчених літогенних і біогенних процесів, які впливали в минулому на інтенсивність їх надходження в окремі шари донних відкладень. Саме тому, на нашу думку, для більш точного датування донних відкладень, які накопичувались раніше 1962 року, необхідно провести додаткові мінералогічні дослідження та історичний аналіз природних аномалій, які відбувались в районі Куяльницького лиману в минулому.

Крім того, апробована нами в Куяльницькому лимані методика датування шарів донних відкладень за цезієм-137 може бути рекомендована для оцінки інтенсивності осадконакопичення інших ізольованих водоймищ Причорномор'я.

Автори висловлюють свою подяку співробітникам Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету імені І.І. Мечникова та ТОВ «Центр екологічної безпеки», які допомогли у проведенні відборів та проведенні гамма-спектрометричних аналізів зразків донних відкладень.

Література

1. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / В. В. Адабовский, В. Н. Большаков, Е. Д. Гопченко ; отв. ред.: Ю. С. Тучковенко, Е. Д. Гопченко ; Одесский гос. экологический ун-т. – Одесса : ТЭС, 2012. 223 с.
2. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: Монографія / За ред. Н. С. Лободи, Є. Д. Гопченка; Одеса : ТЕС, 2016. 332 с.
3. Причины и последствия деградации Куяльницкого лимана (северо-западное Причерноморье, Украина) / А. А. Эннан, И. И. Шихалеев, Г. Н. Шихалеева, В. В. Адобовский, А. Н. Кирюшкина. *Вісн. Одес. нац. ун-ту. Хімія*. 2014. 19, вип. 3. С. 60-69.
4. Медінець В.І., Біологічні наслідки поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки / Медінець В.І., Ковальова Н.В., Дерезюк Н.В., Снігирьов С.М., Черкез Є.А., Медінець С.В., Газетов Є.І. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 1-2 (27). С. 35-51.
5. Collection and preparation of bottom sediment samples for analysis of radionulides and trace elenets. IAEA-Techdoc-1360, Vienna, 2003. 130.

6. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерения на гамма спектрометре. МИ 214391 : рекомендация. Гос. система обеспечения единства измерений: Введ. 01.03.91 г.: Утв.21.12.90 / Гос. ком. СССР по управлению качеством продукции и стандартам. М. : Б. и., 1991. 18 с.
7. Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Юферов А.Ю. Программное обеспечение "Lsrn". Алгоритмические основы - функции обработки спектрометрической информации . Менделеево: ООО «ЛСРМ», 2017. 56 с.
8. Гулина Л.В., Гулин С.Б. Природные и техногенные радионуклиды в экосистеме соленого озера Кояшское (юго-восточный Крым). *Морський екологічний журнал*. 2011. 10. № 1. С. 19-25.
9. Гулин С. Б., Гулина Л. В., Сидоров И. Г. Определение возраста морских донных отложений с помощью ¹³⁷Cs и ⁴⁰K . *Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості*. 2013. №. 3. С. 56-62.
10. Гулин С.Б., Сидоров И.Г., Гулина Л.В. Биогенная седиментация в Черном море: радиотрассерное исследование . *Морской экологический журнал*. 2013. №12. С. 19-25.

References

1. Aktualnye problemy limanov severo-zapadnogo Prichernomor'ya. (2012). Adabovskiy V.V., Bolshakov V.N., Gopchenko Ye.D.; Edited by Tuchkovenko Yu.S., Gopchenko Ye.D. [Urgent problems of estuaries in the north-western Black Sea region]. Odessa. 223 [in Russian].
2. Loboda N.S., Gopchenko Ye.D. (2016). Vodnyi rezhim ta gidroekologichni kharakterystyky Kuyalnytskogo lymanu. [Water regime and hydroecological characteristics of the Kuyalnyk Estuary]. Odessa. 332 [in Ukrainian].
3. Ennan, A.A., Shikhaleeva, I.I., Adobovskiy, V.V., Kiryushkina, A.N.. (2014). Prichyny I posledstviya degradatsii Kuyalnytskogo limana (severo-zapadnoe Prichernomor'ye, Ukraina). [Reasons and consequences of the Kuyalnyk Estuary degradation] *Odessa National University Herald. Chemistry*. 3. 60-69 [in Russian].
4. Medinets, V.I., Kovalova, N.V., Derezyuk, N.V., Snigirov, S.M., Medinets, S.V., Gazyetov, Ye.I. (2017). Biologichni naslidky popovnennya Kuyalnytskogo lymanu morskoyu vodoyu z Odeskoyi zatoky [Biological consequences of the Kuyalnyk Estuary refilling with marine water from Odessa Bay]. *Man and environment. Issues of neoecology*. 1-2(27). 35-51 [in Ukrainian].
5. Collection and preparation of bottom sediment samples for analysis of radionuclides and trace elements. IAEA-TECHDOC-1360, Vienna, 2003. 130. [in English].
6. Aktivnost radionuklidov v obyomnykh obraztsakh. Metodika vypolneniya izmereniya na gamma spektrometre. MI 214391: rekomendatsiya. Gos,sistema obespecheniya edinstva izmerenij: Vved.01.03.91: Utv.21.12.90/Gos.kom.SSSR po upravleniyu kachestvom produktsii I standartam. (1991) [Activeness of radionuclides in volumatic samples. Methodology of measurements with gamma-spectrometer. MI 214391 : Recommendation. State system of provision for unification of measurements: Introduced 01.03.91: Approved 21.12.90 / State committee of the USSR on management of quality of production and standards]. М. 18 [in Russian].
7. Danilenko V.N., Kovalskiy E.A., Yuferov A.Yu. (2017). Programmnoye obespechenie "Lsrn". Algoritmicheskie osnovy – funktsii obrabotki spektrometricheskoy informatsii [Software "Lsrn". Algorithmic bases – functions of processing of spectrometric information]. Mendeleev. 56 [in Russian].
8. Gulina, L.V., Gulin, S.B. (2011). Prirodnye i tekhnogennye radionuklidy v ekosisteme solenogo ozera Koyashskoye (yugo-vostochnyi Krym) [Natural and technogenic radionuclides in the ecosystem of salt lake Koyashskoye (south-eastern Crimea)] *Marine ecological magazine*. 1. 19-25 [in Russian].
9. Gulin, S.B., Gulina, L.V., Sidorov, I.G. (2013). Opredelenie vozrasta morskikh donnykh otlozhenij s pomoschyu ¹³⁷Cs i ⁴⁰K [Determination of age of bottom sediments using ¹³⁷Cs and ⁴⁰K]. Collection of scientific papers of Sevastopol national university of nuclear energy and industry. 3. 56-62. [in Russian].
10. Gulin, S.B., Sidorov, I.G., Gulina, L.V. (2013). Biogennaya sedimentatsiya v Chernom more: radiotrassernoye issledovanie [Biogenic sedimentation in the Black Sea; radio-tracer study]. *Marine ecological magazine*. 12. 19-25 [in Russian].

Надійшла до редколегії 12.09.2017

УДК 504.05:550.424

Г.О. КРАВЧУК¹, канд. геол. наук, О. П. КРАВЧУК¹, канд. геол.-мін. наук,
Г. Г. ЗОЛОТОРЬОВ², М. Г. ЗОЛОТОРЬОВ²

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна
aokravchuk@gmail.com

²Український науковий центр екології моря (УкрНЦЕМ)
Французький бульвар, 89, Одеса, 65009, Україна
georg.zolotarev@gmail.com

ВПЛИВ КАДМІЮ НА БЕНТОСНІ ФОРАМІНІФЕРИ ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ (РАЙОН ДЕЛЬТИ ДУНАЮ)

Мета. Аналіз впливу значного вмісту кадмію на бентосні форамініфери шельфу Чорного моря (район дельти Дунаю). **Методи.** Польові, аналітичні, мікропалеонтологічні, літолого-геохімічні, морфологічні, біомінералогічні, математична обробка результатів. **Результати.** Проведені спостереження підтверджують можливість диференційованої оцінки забруднення важкими металлами на прикладі кадмію шельфової області Чорного моря. Ареали забруднення відрізняються зниженням видової розмаїтості форамініфер в порівнянні з незабрудненими районами. Форамініфери у відкладах із високим вмістом кадмію відрізняються пригнотленими формами з численними виродливостями. **Висновки.** Значна концентрація кадмію особливо впливає на зустрічальність та появу морфологічних аномалій розвитку форамініфер.

Ключові слова: Чорне море, шельф, бентосні форамініфери, забруднення, кадмій

Kravchuk A. O.¹, Kravchuk O. P.¹, Zolotarev G. G.², Zolotarev M. G.²

¹Odessa National I.I. Mechnikov University

²Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea (UkrSCES)

CADMIUM INFLUENCE ON BENTHIC FORAMINIFERA OF THE BLACK SEA SHELF (DANUBE DELTA REGION)

The work is devoted to application of the benthic foraminifera for an evaluation of an geoecological situation on a northwest shelf of the Black Sea. The awake role of organisms with carbonaceous function is marked during biological absorption of toxic bonds. The attributes of stressful situations on population and organismic level include a degree of a surviving of species and morphological changes of the foraminifera. These parameters applied for abjection of geographic ranges of a toxic stimulation, development and anomalous morphology of organisms. **Purpose.** The aim of this work is to analyze the effect of significant cadmium content on benthic foraminifera of the Black Sea shelf (Danube Delta region). **Methods.** Field studies provided for the selection, documentation and preparation of analytical samples. Micro-paleontological and lithologic-geochemical studies of bottom sediments were carried out in accordance with accepted methods. The method for studying foraminifera includes the following operations: sampling, separation, preservation and preparation for analysis, taxonomic identification, morphological analysis, biomineralogical studies and mathematical processing of results. **Results.** The conducted observations confirm the possibility of differentiated assessment of heavy metal contamination by the example of cadmium in the shelf Black Sea. Areas of pollution are characterized by a decrease in the species diversity of foraminifera compared to uncontaminated areas. In sediments with a high content of cadmium, foraminifera are characterized by depressed forms with numerous deformities. **Conclusions.** A significant concentration of cadmium strongly affects the occurrence of foraminifera and the appearance of morphological anomalies in their shells.

Key words: the Black Sea, shelf, benthic foraminifera, pollution, bioindication

Кравчук А. О.¹, Кравчук О. П.¹, Золоторев Г. Г.², Золоторев М. Г.²

¹Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова

²Украинский научный центр экологии моря (УкрНЦЭМ)

ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ НА БЕНТОСНЫЕ ФОРАМИНИФЕРЫ ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ (РАЙОН ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ)

Цель. Анализ влияния значительного содержания кадмия на бентосные фораминиферы шельфа Черного моря (район дельты Дуная). **Методы.** Полевые, микро-палеонтологические, литолого-геохимические, морфологические, биомінералогические, математическая обработка результатов. **Результаты.** Проведенные наблюдения подтверждают возможность дифференцированной оценки загрязнения тяжелыми металлами на

примере кадмія шельфової області Чорного моря. Ареали забруднення отримують зниженням видового різноманіття форамініфер по порівнянню з незабрудненими районами. Форамініфери в відкладеннях з високим вмістом кадмія відрізняються від забруднених формами з багаточисельними уродствами. **Висновки.** Значительна концентрація кадмія сильно впливає на зустрічальність форамініфер і появу морфологічних аномалій в їх раковинах.

Ключові слова: Чорне море, шельф, бентосні форамініфери, забруднення, кадмій

Вступ

Бентосні форамініфери є одним із найбільш чутливих індикаторів екологічних порушень в різноманітних районах Світового океану. В безпосередній близькості від джерел забруднення в серйозних випадках виділяються абіотичні зони або області з різким зниженням зустрічальності форамініфер та наявністю морфологічних аномалій в їх черепашках [6,15]. Загальний висновок більшості досліджень відзначають наявність негативної кореляції концентрацій важких металів у відкладах із кількістю і видовою різноманітністю форамініфер, а також позитивної кореляції між вмістом важких металів і зустрічальністю "спотворених" організмів. Неодноразово відзначалось, що наявність у відкладах насамперед кадмію супроводжується зниженням кількості форамініфер і відрізняються пригнобленими формами з чисельними вродливостями. Тому мета досліджень полягає в зіставленні зниження кількості форамініфер, враховуючи черепашки з аномальним розвитком, із збільшенням концентрацій кадмію в відкладах району дельти Дунаю.

Широкий діапазон змін у співтовариствах форамініфер при участі різноманітних джерел забруднення охарактеризований в загальноюючих роботах Дж.В.Мюрєя [12]; Е.Алве [6]; В.В. Янко, Дж. Кронфелда, А.Флексер [15]. Більшість сучасних публікацій присвячена впливу промислових і побутових стічних вод, збагачених органічними відходами. В меншому ступені вивчений вплив фізичних полів і наслідки хімічного забруднення морського середовища важкими металами, нафтовими вуглеводнями, отрутохімікатами [3-5,15].

Використання бентосних форамініфер в якості маркерів забруднення морського середовища запропоноване Дж.М. Ресігом [13] і Дж.Г. Воткінсом [14]. Вплив токсичних ефектів на розподіл форамініфер відзначав також Е.Р.Залесні [16] для району Санта-Моніка Бей у Каліфорнії.

Р.К.Банержи [7] порівнює розподіл форамініфер і важких металів (Cd, Co, Cr, Cu,

Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) у донних відкладах. Відзначено, що збільшення концентрацій Cd, Co, Pb супроводжується зниженням зустрічальності насамперед для *Ammonia* і *Elphidium*, які відрізняються чисельними вродливостями.

Коціоні Р. із співавторами [9] вивчали розподіл живих і мертвих бентосних форамініфер п'ятнадцятих ділянок лагуни Гора в Італії та визначали концентрації таких елементів, як V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Pb, Th, Cd та також виявили зв'язок негативного впливу Cd на бентосні організми.

Геоєкологічне картування було проведено В.В.Янко на полігонах біля узбережжя східного Середземномор'я. Вивчена залежність реакцій бентосних форамініфер від вмісту важких металів (Cd, Cr, Cu, Zn, As, Co, Ni, Ti, V) у донних відкладах забрудненої затоки Хайфа і відносно чистого району Атліт (контрольна ділянка, що примикає до затоки). Встановлено, що зниження кількості і різноманітності форамініфер, пригноблення росту форм, розвиток аномальної морфології черепашок узгоджуються із забрудненням осаdkів важкими металами [8, 15].

Експерименти В.Бреслер і В.Янко [8, 9] підтверджують біологічний вплив важких металів на цитоплазму форамініфер. Кадмій перешкоджає накопиченню кальцію і може проникати через мітохондрії, порушуючи дихальні функції організму. Проте, чутливість до кадмію різноманітних видів, індивідів, і навіть тканин змінюється в широких межах.

Подібна тенденція відзначена при вивченні живих і мертвих бентосних форамініфер в прибережних районах Корнуола у Великобританії. Напівкількісний аналіз мікропроб показав підвищення концентрацій ряду важких металів, включаючи Cd, у цитоплазмі форамініфер при зміні морфології черепашок. Передбачається, що важкі метали, відповідальні за морфологічні порушення форамініфер, подані мобільними реакційно-спроможними сполуками [15].

Проведені спостереження шельфо-

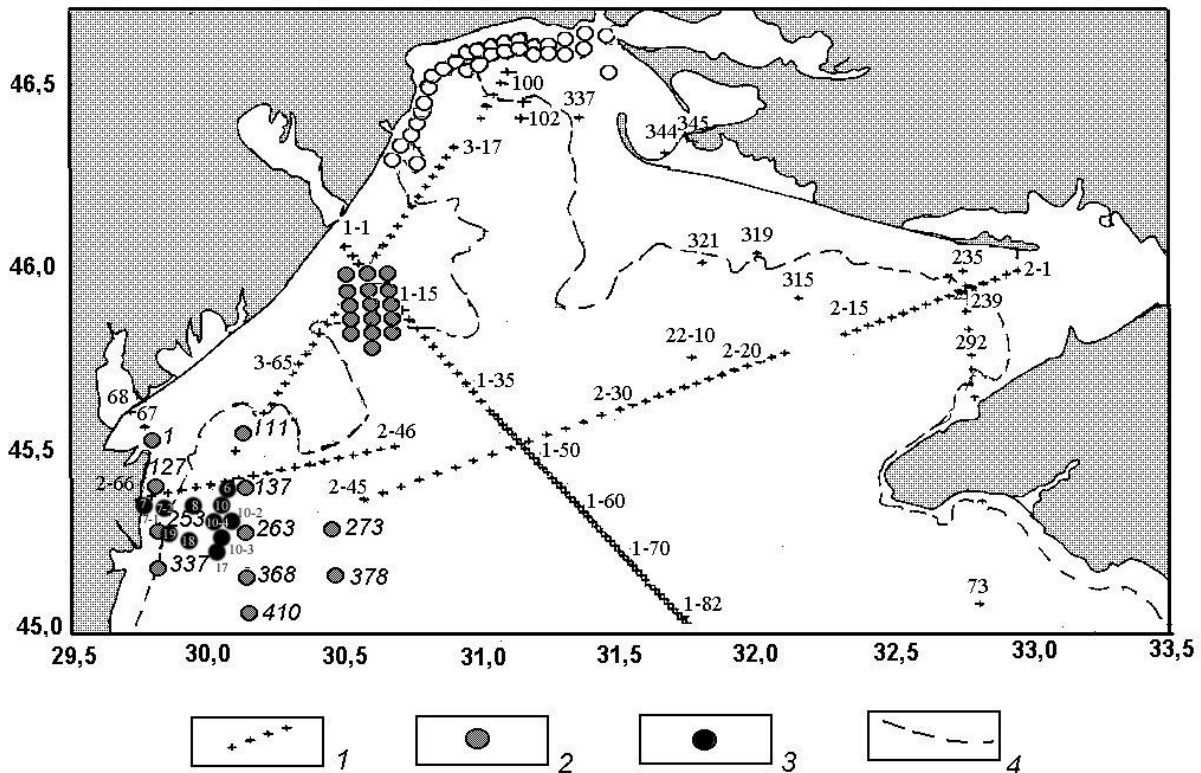
вої області Чорного моря за останні десятиріччя нашою групою дослідників ОНУ і УкрНЦЕМ також підтверджують можливість

диференційованої оцінки забруднення важкими металами на основі індикаторних видів [1-5].

Методика досліджень

Основний обсяг фактичного матеріалу отриманий у 1998-2016 роках під час експедиційних робіт на НДС «Аргон», НДС «Спрут», НДС «Орлік». Комплексні дослідження

рецентної мікрофауни, донних осадків і водяної товщі проведені в районі дельти Дунаю.



1 – Станції випробування з фондів Палеонтологічного музею ОНУ; 2 – Станції випробування на полігонах 981, 993 та 982-Дунай (рейс НДС «Аргон», НДС «Спрут»); 3 – Станції випробування 2016 року (рейс НДС «Орлік»); 4 – Контур прибережної зони шельфу на батиметричному рівні – 20 м.

Рис.1 – Схематична карта фактичного матеріалу для мікрофауністичних досліджень донних відкладів шельфу Чорного моря

Робоча схема польових досліджень передбачала відбір проб з поверхневого шару донних відкладів, візуальну ідентифікацію типу ґрунту, його літологічний склад, а також документацію і підготування аналітичних проб.

Відбір проб сучасних морських донних відкладів здійснюється за допомогою донного черпаку ДЧ-0.1 із площею захоплення 0,1 м². Зразки консервувалися в скляних або пластикових ємностях і групувалися по видах лабораторних досліджень. Проби води для гідрохімічних аналізів були відібрані скляними батометрами ємністю 6 літрів на двох горизонтах - біля поверхні моря й у придонному шарі. Зразки для форамініферового аналізу

консервувалися в буферній суміші 4% розчину формаліну і 20 г/л Na₂V₄O₇. Відібрані проби для визначення фракційного складу намулку зберігались у холодильній камері при температурі не вище 0°C. Гідрохімічні параметри вод (температура, солоність, рН, концентрація кисню) вивчені на борту судна по стандартних методиках [1, 2, 15]. Подальше літолого-геохімічне і мікропалеонтологічне вивчення донних відкладів проводилось з дотриманням стандартних методик.

Методика вивчення форамініфер включає такі операції: відбір зразків (1), сепарування, консервація і підготування до аналізу (2), виділення форамініфер (3), так-

сономічна ідентифікація (4), морфологічний аналіз (5), біомінералогічні дослідження (6) і математична обробка результатів (7).

Відділення живих форамініфер від сульфосильних і викопних форм у розмірних фракціях провадилося після промивання зразків на стандартному ситовому наборі. Розподіл форамініфер вивчався в 4 фракціях (0,063-0,125 мм; 0,125-0,25 мм; 0,25-0,5 мм і більш 0,5 мм). Максимальні кількості черепашок звичайно відзначаються у фракції 0.25-0.1 мм.

Результати досліджень

У наших попередніх дослідженнях було відзначено, що парагенетичні відношення хімічних елементів в геохімічній бар'єрній зоні Дунаю до початку літнього сезону ускладнені впливом тотального осадження продуктів річкового стоку [1-5]. Підвищена динамічність міграційних процесів наприкінці літнього сезону супроводжується оструктурюванням геохімічних асоціацій в донних осадах, але концентрування кадмію з іншими компонентами осадків має обмежений зв'язок. Відособлене положення кадмію в речовині осадків зберігається незалежно від часу спостережень. В процесі літньої активізації геохімічних процесів відзначається посилення зв'язку кадмію з органічною речовиною, що свідчить про можливість біологічного поглинання цього елемента. Особливості поведінки кадмію пояснюються умовами його міграції з переважанням реакційно-спроможних форм.

У воді Дунаю в розчиненому стані знаходиться до 50-60% кадмію [4]. Донні відклади шельфу біля дельти Дунаю містять кислоторозчинні форми кадмію (витяжка 0,1 н HNO_3), що складають від 25 до 95% валових концентрацій. За нашими даними, кадмій звичайно накопичується в надкларкових кількостях у карбонатних осадах. Парагенетичний зв'язок кадмію із біогенними карбонатами найбільше помітний у межах Мідієвого поля біля дельти Дунаю [4, 5]. З цього випливає, що найбільше мобільні і токсичні форми кадмію, не пов'язані з річковою суспензією, безперешкодно проходять геохімічний бар'єрний контур "ріка-море" і піддаються активному біологічному поглинанню по всьому харчовому ланцюзі від фітопланктону до бентосних організмів-фільтраторів. Кінцевою ланкою міграції кадмію в морському середовищі служить його фіксація в карбонатній речовині осадків.

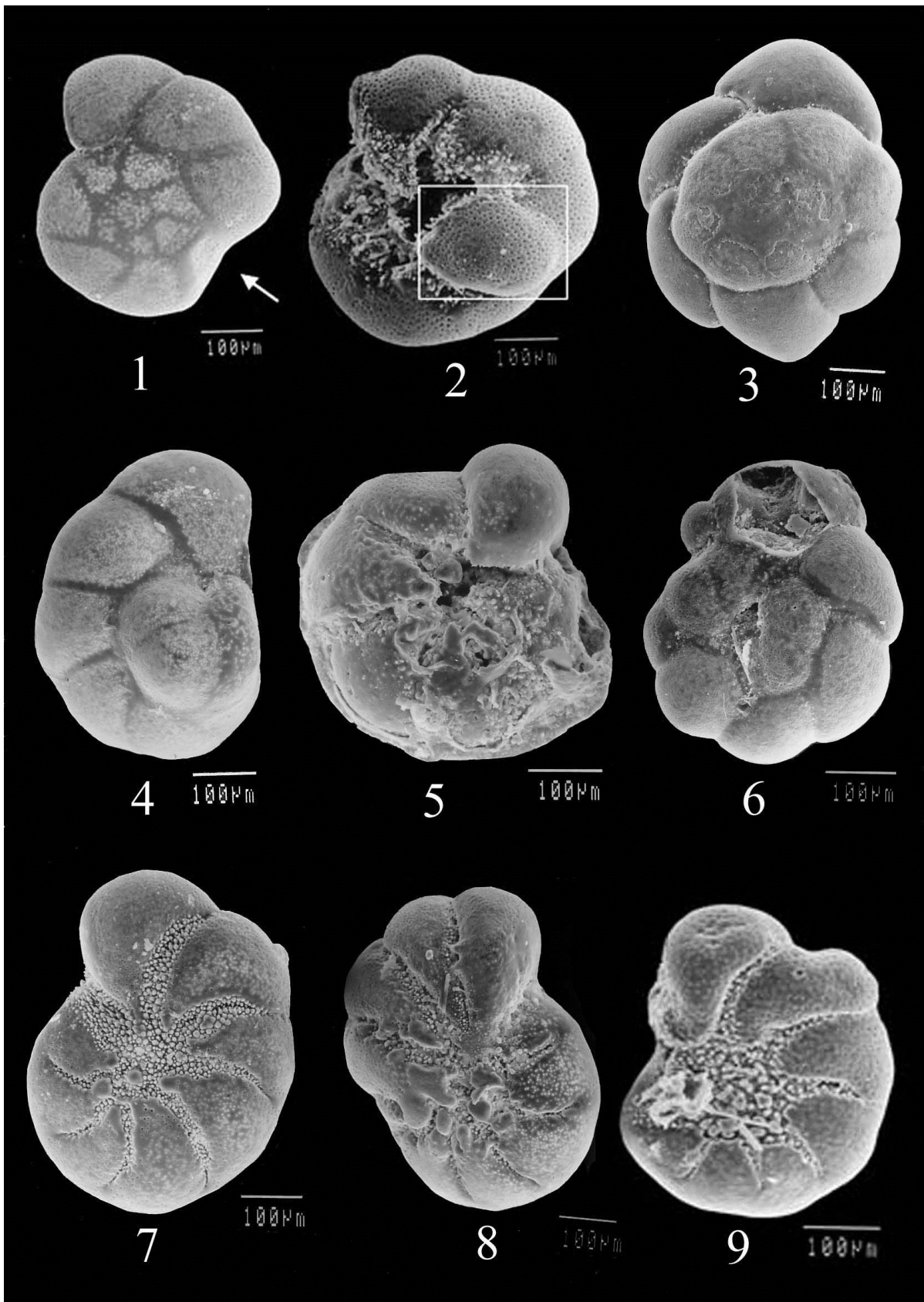
Для стратиграфічних і палеографічних досліджень достатньо вивчення форамініфер в піщаній фракції. При вирішенні таксономічних і екологічних задач рекомендується перегляд фракції крупного алевриту для виявлення ювенільних та пригноблених форм [2, 15].

Відбір живих особин провадиться вручну щіточкою під бінокляром. Живі (пофарбовані) і неживі (нефарбовані) особини підраховуються окремо. Зразки після перегляду оформляються в відповідну колекцію.

Зустрічальність бентосних форамініфер на шельфовій області залежить від довго-строкового впливу найбільше стійких параметрів середовища. В свою чергу, відсутність успадкованого формування структури бентосних співтовариств для рецентних форм відбиває ефекти короточасних порушень умов заселення.

В звичайних умовах організм реагує на вплив середовища за допомогою складної фізіологічної системи буферних гомеостатичних механізмів. Ці механізми підтримують оптимальне протікання процесів розвитку. Під впливом несприятливих умов вони можуть бути порушені, що призводить до аномалій. Зміни гомеостазу розвитку відбивають базові зміни функціонування живих істот і знаходять відображення в процесах, що протікають на різних рівнях, від молекулярного до організменого. Найбільше помітний вплив морського середовища на життєдіяльність форамініфер пов'язаний із зустрічальністю організмів, а також підвищення частоти морфологічних аномалій.

Зниження видової розмаїтості рецентних форамініфер в районі острову Зміїний характерне для переходу від зони пелітових мулів узмор'я Дунаю до донних відкладів Мідієвого поля (станції 98-111, 98-137 і 98-410, 7-8, 10-3, 10-4, 18). Зменшення виживання видів до граничного і небезпечного рівнів фіксується в межах субмеридіонального профілю, що відповідає фронтальній зміні геохімічного впливу Дунаю на бентосні співтовариства. Так при геоекологічних спостереженнях у серпні 2016 р. на станції 7-2 не було знайдено жодної форамініфери, а на станції 8 – кілька екземплярів *Ammonia tepida*. Значно зменшується зустрічальність на станціях



1-6 – *Ammonia tepida* (Cushman), 7,8 – *Haynesina anglica* (Murray), 9 – *Porosononion martcobi* Yanko.

Рис. 2 – Морфологічні аномалії розвитку в черепашках бентосних форамініфер

10, 10-3, 10-4. На станціях 7, 7-1, 6, 18, 19 спостерігається «карликовість» форм. Найбільш частіше зустрічаються види *Ammonia tepida* (Cushman), *Ammonia compacta* (Hofker), *Haynesina anglica* (Murray), *Porosonion martcobi* Yanko.

Мозаїчний розподіл морфологічних аномалій форамініфер в досліджуваному районі пов'язаний із нерівномірним і різноспрямованим надходженням дунайських вод. У віяловій системі рукавів Кілійської дельти переважають два головних напрямки стоку. Північно-східний стік розчинених речовин і суспензії проходить по Очаковському рукаві, але на узмор'ї напрямком потоку частково змінюється до півдня під впливом вітрів і течій.

Винос дунайських вод по Старо-Стамбульському рукаві має південно-східний напрямок. Ці особливості транспортування речовини в придельтовому районі є ймовірною причиною поділу ареалів ризику морфологічних змін організмів в північно-

західній (станції 98-127 і 98-111) і південно-східній (станції 98-263, 98-273, 98-368, 98-378 і 98-410) частинах полігону 982. На полігоні 2016 р. відокремлюється станція 10-2, яка характеризується максимальним вмістом кадмію (0,63 мг/кг) і найбільшою кількістю морфологічних аномалій черепашок форамініфер. На інших станціях морфологічні деформації черепашок також відповідають підвищенню концентрацій кадмію. Найчастіше виродливості зустрічаються у видів *Ammonia tepida* і *Haynesina anglica*. В першу чергу це тератоми (вздуття камер), які дуже добре видно на фото у *Ammonia tepida* (рис.2, фіг.2, 5) і *Haynesina anglica* (рис.2, фіг.7, 8). Зазвичай ще спостерігається наявність недорозвинених камер, як, наприклад, у *Ammonia tepida* на рис.2, фіг.1 і 6 та *Porosonion martcobi* на рис.2, фіг. 9, а також відхилення від нормального типу і розміру камер черепашок (рис.2, фіг.3, 4).

Висновки

За результатами досліджень дельти Дуная на протязі останніх 20 років на прикладі кадмію простежується тенденція до накопичення найбільше мобільних токсичних компонентів в карбонатних відкладах шельфу та фіксується значний вплив на організми із карбонатною функцією, а саме бентосні форамініфери. Значна концентрація кадмію особливо впливає на зустрічальність та появу морфологічних аномалій розвитку форамініфер.

До морфологічних змін найбільш схильні 2 види: *Ammonia tepida* (Cushman)

та *Haynesina anglica* (Murray). Переважним типом змін морфології форамініфер є наявність тератом («пухлин», викликаних вздуттям останніх камер), іноді недорозвинених камер. Отже, бентосні форамініфери, як організми із карбонатною функцією, належать до пріоритетних об'єктів вивчення екологічних порушень у морському середовищі та найбільшою мірою відповідають цілям виявлення короточасних подій, пов'язаних із сезонною мінливістю геохімічних оточень і техногенних аварій у шельфовій області.

Література

1. Кравчук Г.О. Вплив морського середовища на мінеральний склад бентосних форамініфер північно-західного шельфу Чорного моря. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2012, 1-2, 55-59.
2. Кравчук Г.О. Геоотоксикологічні дослідження морського середовища на основі аналізу морфологічних порушень бентосних форамініфер. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразін, Серія Екологія*.2013, 1054, 85-91.
3. Кравчук Г.О. Еколого-геохімічні аспекти сучасного осадконакопичення на шельфі Чорного моря. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2012, 3-4, 55-62.
4. Кравчук А.О. Бентосные фораминиферы как индикаторы загрязнения донных осадков в геохимическом контуре дельты Дуная. *Труды 2 Международного совещания «Геохимия биосферы»*, Новороссийск (Россия), 1999. С.152-155.
5. Кравчук О.П., Кравчук Г.О., Артем'єв О.В. Сезонні зміни геохімічних асоціацій мікроелементів в донних відкладах шельфу Чорного моря. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2014, 3-4, 56-63.
6. Alve E. Benthic foraminifera response to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 1995, 25, 190-203.
7. Banerji, R. K. Heavy metals and benthic foraminiferal distribution along Bombay coast, India. *Benthos'90, Sendai. Studies in Benthic Foraminifera*. Tokai University Press, 1992, 151-158
8. Bresler V., Yanko V. Chemical ecology: A new approach to study living benthic epiphytic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 1995, 25, (3), 267-279.
9. Bresler V., Yanko V. Factors influencing the acute toxicity of heavy metals in some Mediterranean benthic forami-

- nifera. *Env. Toxicology and Chemistry*, 1995, 14, 1687-1695.
10. Coccioni, R., Gabbianelli, G., Gentiloni Silverj, D., Fonti, P., Kaminski, M. A., Monechi, S. and Tateo, F. Benthic foraminiferal response to heavy metal pollution in the Goro Lagoon (Italy). *First Internat. Conf. Applications of Micropaleontology in Environmental Sciences*. Tel Aviv (Israel), 1997, 47-48.
 11. Kravchuk, A.O. Use of morphological abnormalities in benthic foraminifera in paleoenvironmental research. *Proceedings of the Second Plenary Conference. IGCP 610 Second Plenary Conference and Field Trip: "From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary"* (2013-2017), Baku (Azerbaijan), 12-20 October 2014. Editorial board of International Scientific Journal "Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins", Baku: "Nafta-Press", 2014, 73-75.
 12. Murray, J. Recent foraminifera from the North Sea (Forties and Ekofisk areas) and the continental shelf west of Scotland. *Journal of Micropaleontology*, 1985, 4, 117-125.
 13. Resig J.M. Foraminiferal ecology around ocean outfalls off southern California. *Waste Disposal in the Marine Environment*. London: Pergamon Press, 1960, 104 - 121.
 14. Watkins, J. G. Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall. *Micropaleontology*, 1961, 7, 199-206.
 15. Yanko V., Kronfeld A., Flexer A. The response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 1994, 24, 1 - 17.
 16. Zaiensny E.R. Foraminiferal ecology of Santa Monica Bay, California. *Micropaleontology*, 1959, 5 (1), 101-126.

References

1. Kravchuk, A. (2012). Influence of marine environment on mineral content of benthic foraminifera of the north-western shelf of the Black Sea. *Man and environment. Issues of Neoecology*. 1-2, 55-59. [In Ukrainian]
2. Kravchuk, A.O. (2013). Geotoxicological researches of the marine environment on the basis of the analysis of morphological violations in benthic foraminifera. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkov National University*, series "Ecology", 1054, 85-91. [In Ukrainian]
3. Kravchuk, A. (2012). Ecological-geochemical aspects of modern sedimentation on the Black Sea shelf. *Man and environment. Issues of Neoecology*, 3-4, 55-62. [In Ukrainian]
4. Kravchuk, A. (1999). Benthic foraminifera as indicators of bottom sediment pollution in the geochemical contour of the Danube delta. *Proceedings of the Second The International Meeting "Geochemistry of the Biosphere"*, Novorossiysk (Russia), 152-155. [In Russian]
5. Kravchuk A., Kravchuk O., Artemiev A. (2014). Seasonal changes of chemical associations in the sediments on the shelf of the Black Sea. *Man and environment. Issues of Neoecology*, 3-4, 55-63. [In Ukrainian]
6. Alve E. (1995). Benthic foraminifera response to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25, 190-203.
7. Banerji, R. K. (1992). Heavy metals and benthic foraminiferal distribution along Bombay coast, India. *Benthos'90, Sendai. Studies in Benthic Foraminifera*. Tokai University Press, 151-158.
8. Bresler V., Yanko V. (1995). Chemical ecology: A new approach to study living benthic epiphytic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 25, (3), 267-279.
9. Bresler V., Yanko V. (1995). Factors influencing the acute toxicity of heavy metals in some Mediterranean benthic foraminifera. *Env. Toxicology and Chemistry*, 14, 1687-1695.
10. Coccioni, R., Gabbianelli, G., Gentiloni Silverj, D., Fonti, P., Kaminski, M. A., Monechi, S. and Tateo, F. (1997) Benthic foraminiferal response to heavy metal pollution in the Goro Lagoon (Italy). *First Internat. Conf. Applications of Micropaleontology in Environmental Sciences*. Tel Aviv (Israel), 47-48.
11. Kravchuk, A.O. (2014). Use of morphological abnormalities in benthic foraminifera in paleoenvironmental research. *Proceedings of the Second Plenary Conference. IGCP 610 Second Plenary Conference and Field Trip: "From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary"* (2013-2017), Baku (Azerbaijan), 12-20 October 2014. Editorial board of International Scientific Journal "Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins". Baku: "Nafta-Press", 73-75.
12. Murray, J. (1985). Recent foraminifera from the North Sea (Forties and Ekofisk areas) and the continental shelf west of Scotland. *Journal of Micropaleontology*, 4, 117-125.
13. Resig J.M. (1960). Foraminiferal ecology around ocean outfalls off southern California. *Waste Disposal in the Marine Environment*. London: Pergamon Press, 104 - 121.
14. Watkins, J. G. (1961). Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall. *Micropaleontology*, 7, 199-206.
15. Yanko V., Kronfeld A., Flexer A. (1994). The response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 24, 1 - 17.
16. Zaiensny E.R. (1959). Foraminiferal ecology of Santa Monica Bay, California. *Micropaleontology*, 5 (1), 101-126.

Надійшла до редколегії 15.08.2017

УДК 556.3

С. А. ЧЕРКЕЗ¹, д-р геол.-мін. наук, проф., В. І. МЕДІНЕЦЬ¹, канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.,
В. Г. ТЮРЕМІНА², канд. геол.-мін. наук, В. М. ПРАВЕДНИЙ³

¹ Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,
e-mail: eacherkez@gmail.com

² ТОВ «Гідрогеосервіс», вул. Шкодова Гора, 2, Одеса, 65041, Україна

³ Клінічний санаторій імені Пирогова, Лиманна вулиця, 170, Одеса, 65013, Україна

ОЦІНКА ОБСЯГІВ СУБАКВАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ПІДЗЕМНИМИ ВОДАМИ

Мета. Вивчення гідродинамічних передумов формування і оцінка обсягів субаквального розвантаження водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіонарусу верхнього міоцену в Куяльницький лиман. **Методи.** В якості методичної основи використовувалась гідродинамічна модель, яка за співвідношенням рівнів (напорів) визначає зміни спрямованості і обсягів водообміну підземних вод з поверхневими водами лиману. **Результати.** За результатами багаторічних (1950 – 2016 рр) гідрогеологічних і гідрологічних спостережень встановлено, що водообмін підземних вод з поверхневими водами лиману, в залежності від часових змін гідрогеодинамічних умов, характеризується як висхідними, так і низхідними потоками. Результати розрахунків питомих витрат водообміну між водоносним горизонтом у відкладах верхньосарматського підрегіонарусу і поверхневими водами лиману, свідчать про те, що після тривалого (30 – 40 років) періоду низхідної фільтрації води з лиману, тільки з середини 90-х років минулого століття розпочався повільний процес поповнення лиману підземними водами. Станом на 2016 рік субаквальна складова підземного живлення лиману складає близько 20 % загального обсягу води в лимані. **Висновки.** При оцінці водного балансу Куяльницького лиману разом з традиційними чинниками формування його гідрологічного режиму (атмосферні опади, річковий і боковий стік, випар) необхідно враховувати просторово-часові зміни обсягів субаквальної складової підземного живлення лиману.

Ключові слова: Куяльницький лиман, гідрогеодинаміка, складові підземного живлення, водообмін

Cherkez Ye. A.¹, Medinets V. I.¹, Tyuremina V. G.², Pravedniy V. M.³

¹Odessa National I. I. Mechnikov University

²LTD «Gidrogeoservice»

³Clinical Sanatorium named after Pirogov

ASSESSMENT OF VOLUME OF THE KUYALNYK ESTUARY SUBAQUEOUS FEEDING WITH GROUNDWATER

Purpose. To study hydrodynamic prerequisites of forming and to assess the volume of subaqueous discharge of Upper-Sarmatian aquifer into the Kuyalnyk Estuary. **Objects and methods.** Hydrodynamic model determining changes in direction and volume of exchange between groundwater and surface water of estuary based on the ratio of levels (pressures) has been taken as the methodological basis. **Results.** It has been established based on many years' hydrogeological and hydrological observations (1950 - 2016) that water exchange between groundwater and surface water of the estuary, depending on changes of hydrogeodynamic conditions with time, is characterized by both up and down flows. The results of calculation of specific discharge of water exchange between Upper-Sarmatian aquifer and surface water of the estuary show that after a long (30 - 40 years) period of water down filtration from the estuary just after mid-90th of last century a slow process of estuary refilling with groundwater started. As of 2016, the subaqueous constituent of the estuary ground feeding makes around 20% of the total water volume in the estuary. **Conclusions.** Assessing water balance of the Kuyalnyk Estuary, together with traditional factors forming its hydrogeological regime (atmospheric precipitation, river discharge, surface run-off and evaporation), one should take into account spatial and temporal changes in subaqueous constituent of the estuary groundwater feeding.

Key words: Kuyalnyk Estuary, hydrogeodynamics, ground feeding constituents, water exchange

Черкез Е. А.¹, Мединец В. И.¹, Тюремина В. Г.², Праведный В. М.³

¹Одесский национальный университет имени И. М. Мечникова

²ООО «Гидрогеосервис»

³Клинический санаторий имени Пирогова

ОЦЕНКА ОБЪЕМОВ СУБАКВАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНА ПОД- ЗЕМНЫМИ ВОДАМИ

Цель. Изучение гидродинамических предпосылок формирования и оценка объемов субаквальной разгрузки водоносного горизонта в отложениях верхнесарматского подрегіонарусу верхнего миоцена в

Куяльницький лиман. **Методи.** В качестве методической основы использовалась гидродинамическая модель, которая по соотношению уровней (напоров) определяет изменения направленности и объемов водообмена подземных вод с поверхностными водами лимана. **Результаты.** По результатам многолетних (1950 - 2016 гг) гидрогеологических и гидрологических наблюдений установлено, что водообмен подземных вод с поверхностными водами лимана, в зависимости от изменений гидрогеодинамических условий во времени, характеризуется как восходящими, так и нисходящими потоками. Результаты расчетов удельных расходов водообмена между водоносным горизонтом в отложениях верхнесарматского подрегионаруса и поверхностными водами лимана свидетельствуют о том, что после длительного (30 - 40 лет) периода нисходящей фильтрации воды из лимана, только с середины 90-х годов прошлого века начался медленный процесс пополнения лимана подземными водами. По состоянию на 2016 год субаквальная составляющая подземного питания лимана составляет около 20 % общего объема воды в лимане. **Выводы.** При оценке водного баланса Куяльницкого лимана вместе с традиционными факторами формирования его гидрологического режима (атмосферные осадки, речной и боковой сток, испарение) необходимо учитывать пространственно-временные изменения объемов субаквальной составляющей подземного питания лимана.

Ключевые слова: Куяльницький лиман, гидрогеодинаміка, складові підземного живлення, водообмен

Вступ

Практично всі експерти і науковці, які в останні роки [1 - 5] займаються дослідженнями причин кризового стану екосистеми Куяльницького лиману, вважають, що визначальними складовими водного балансу, який формує сучасний гідрологічний режим лиману, є атмосферні опади, річковий і боковий стік та випаровування. Така складова водного балансу, як живлення лиману підземними водами, апріорі всіма дослідниками [1 - 4] приймається не більш як 1 - 2 % від загальної прибуткової частини водного балансу лиману. При цьому практично всі автори вищеперелічених робіт посилаються на оцінки Г.І. Швєбса [6], в якому були наведені орієнтовні (експертні) оцінки таких складових підземного живлення лиману, як приток з водоносного горизонту в алювіальних відкладах заплави, підрусловий стік в алювіальних відкладах прарусла ріки Куяльник, боковий приток ґрунтових вод зі схилів лиману і фільтраційні витрати морських вод скрізь акумулятивну форму пересипу. Аналіз наведених в цьому звіті даних показав, що вони базувались на обмеженій кількості пунктів (декілька колодязів в верхів'ях лиману і свердловин на ґрунтові води пересипу) і невеличкій тривалості спостережень. Але така складова підземного живлення, як приплив за рахунок субаквального розвантаження напірного водоносного горизонту у відкладах верх-

ньосарматського підрегіонарусу в лиман, не оцінювалась раніше ні авторами цього звіту, ні іншими дослідниками. В останні роки, за інформацією співробітників санаторію імені Пирогова доволі стабільно спостерігається аномальні рівні в свердловинах і перелив підземних вод на поверхню

Враховуючи вищевикладене, встановлення сучасних закономірностей режиму підземних вод і пов'язаних з ним особливостей формування складових підземного живлення за даними багаторічних спостережень являє собою актуальну задачу і має теоретичне і практичне значення не тільки для уточнення кількісних оцінок водного балансу Куяльницького лиману, але і для обґрунтування заходів щодо стабілізації його екологічного стану.

В зв'язку з повною невизначеністю динаміки і обсягів окремих складових підземного живлення лиману, ціллю статті є встановлення сучасних особливостей гідродинамічного режиму водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіонарусу і оцінка обсягів його субаквального розвантаження в лиман. *Зв'язок з науковими програмами.* Дослідження виконувалися у 2015-2017 рр. в рамках держбюджетної теми «Вивчити кризові зміни екосистеми Куяльницького лиману та обґрунтувати заходи щодо стабілізації його екологічного стану» (№ госрегистрации 0115U003221).

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом досліджень була підземна гідросфера лиману. Предмет досліджень – гідрогеологічні особливості формування живлення лиману за рахунок міжпластових підземних вод.

Загальна гідрогеологічна характеристика. Район Куяльницького лиману знаходиться в межах північної частини Причор-

номорського артезіанського гідрогеологічного басейну, який представляє собою напівроzkриту гідрогеологічну структуру зі складними гідрогеологічними умовами, які сформувалися в ході тривалої і складної історії розвитку Причорноморської западини. Для неї властивий моноклінальний характер залягання пластів осадових порід різного віку, а

підземні води розповсюджені у відкладах усіх стратиграфічних комплексів – від архею – протерозою до сучасних утворень [7,8].

Найбільш суттєве значення для оцінок підземного живлення Куяльницького лиману мають водоносні горизонти у відкладах плейстоцену, пліоцену і частково верхнього міоцену, які за глибиною розташування відносяться до зони активного водообміну [9,10]. В межах Північно-Західного Причорномор'я нижня границя цієї зони розташована приблизно на глибині 100 -150 м і визначається за глибинами водоносних горизонтів, води яких містять солей більше 3 г/дм³. Ще нижче розташована середня гідродинамічна

зона зі сповільненим водообміном і охоплює нижню частину водоносних горизонтів у відкладах сарматського регіоярису, палеогену та верхньої крейди (≈ 400 м) зі змістом солей 30 – 35 г/дм³. Нижня гідродинамічна зона охоплює нижньокрейдові і більш давні водоносні горизонти зі суттєво більшим змістом солей.

Однією із загальних рис осадової товщі зони активного водообміну є часта зміна невитриманості по площі і потужності водомістких відкладів і водотривких шарів, що призводить до різних умов живлення, циркуляції і розвантаження підземних вод (рис. 1). Відповідно до геологічної будови і гідрогеологіч-



Рис. 1 – Геологічна будова Куяльницької ділянки пересипу і схилу східного берегу лиману

них особливостей району до зони активного водообміну відносяться наступні водоносні горизонти: в сучасних лиманно-морських відкладах заплави, кіс, пляжів і Хаджибейсько-Куяльницького пересипу, в межах якої виділяються підгоризонт у верхній частині розрізу та другий підгоризонт – в відкладах прарусла річки Куяльник; в сучасних алювіально-делювіальних відкладах днищ балок і ярів долини Куяльницького лиману; в еолово-

делювіальних відкладах середнього та верхнього плейстоцену вододільної рівнини; у відкладах куяльницького ярусу і середньочетвертинної надзаплавної тераси; у відкладах понтичного регіоярису; у відкладах меотичного регіоярису; у відкладах верхньосарматського підрегіоярису.

В межах вертикального розрізу верхньої гідродинамічної зони можливо виділити її частину з відкритим розвантаженням потоків

підземних вод, які дренуються вище рівня Куяльницького лиману, і частину зони з закритим розвантаженням підземних вод, які дренуються нижче рівнів поверхневих вод. Відкрите розвантаження підземних вод у межах долини Куяльницького лиману характеризується низхідним потоком вод у четвертинних, куяльницьких і понтичних відкладах. Закрите розвантаження підземних вод відбувається нижче рівня поверхневих вод і характеризується висхідним потоком у меотичних відкладах і в залежності від гідрогеодинамічних умов висхідним-низхідним потоком у верхньосарматських відкладах.

Базовою гідродинамічною передумовою, яка обумовлює спрямованість взаємодії суміжних горизонтів підземних вод між собою, а також з водами Куяльницького лиману, є співвідношення їх напорів, рівня лиману та фільтраційні властивості водотривких шарів. Субаквальні виходи напірних, наприклад, «верхньосарматських» вод зустрічаються на різних глибинах в Одеському заливі, Сухому, Дністровському, Куяльницькому та інших лиманах Північно-Західного Причорномор'я [11,12].

Матеріали гідрогеологічних спостережень. На жаль, існуючі в межах басейну Куяльницького лиману мережі гідрогеологічних об'єктів (свердловини, колодязі, підземні джерела), в яких проводяться спостереження за ключовими характеристиками режиму підземних вод (рівень, хімічний склад, температура) завжди були розташовані досить нерівномірно. Найбільша кількість свердловин (експлуатаційні і спостережні) на водоносний горизонт у відкладах верхньосарматського підрегіоюрусу облаштовані на території клінічного санаторію імені Пирогова і заводу розливу мінеральних вод «Куяльник» (рис. 2), в яких з середини 50-х років минулого століття Гідрогеологічною станцією санаторію і службою контролю за якістю води заводу проводяться режимні спостереження.

Для аналізу змін гідродинамічного стану водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіоюрусу і оцінки обсягів його субаквального розвантаження нами використовувалися такі дані:

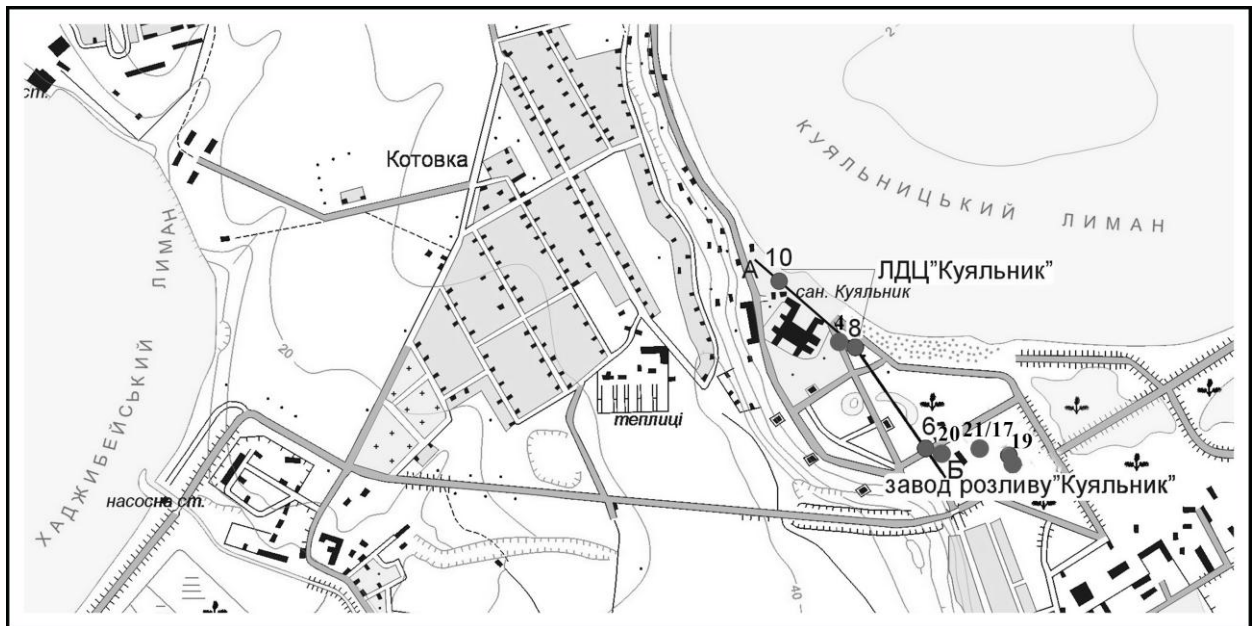


Рис. 2 – Схема розташування експлуатаційних і спостережних свердловин санаторію імені Пирогова і заводу розливу мінеральних вод «Куяльник»

- багаторічних спостережень (1950 – 2016 рр) рівнів води в спостережних і експлуатаційних свердловинах, які розташовані в районі санаторію і заводу розливу мінеральних вод «Куяльник» (рис. 2);

- вимірів рівнів води у відкладах верхньосарматського підрегіоюрусу на період буріння свердловин на ділянці с. Нова Еметівка, які розташовані на відстані близько 20 км

- від санаторію «Куяльник» – св. 3087 (1971 р.), св. 4175 (1977 р.) і св. 4931 (1990 р.);

- багаторічних спостережень (1950 – 2016 рр.) рівнів води в лимані в районі санаторію «Куяльник».

Статистична обробка і аналіз даних гідрогеологічних і гідрологічних спостережень виконувалась в програмі «Statistica». В основу аналізу покладено графічне представлення середньомісячних багаторічних коливань рі-

внів водоносного горизонту і води в лимані. Кількісна оцінка обсягів субаквального розвантаження водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіоярису, як

складової підземного живлення лиману, виконувались гідродинамічним методом за формулою Дарсі [13].

Результати та обговорення

Водоносний горизонт у відкладах верхньосарматського підрегіоярису розкритий багаточисельними свердловинами, колодязями і джерелами на глибинах від 26 до 125 м на схилах і вододілах та від 5 до 88 м – в заплавах лиману і крупних балках. Водомісткими є піски, черепашки і вапняки. По всій території розповсюдження водоносний горизонт характеризується п'єзометричним напором над кривлею і різними абсолютними відмітками. Статичний рівень, в залежності від місця розташування свердловин, встановлюється на різних глибинах: на вододілах і схилах від 23 до 76 м, в долинах від 0,7 до 13 м. Рівні води в свердловинах, які розташовані в долині лиману, встановлюються за звичай нижче відмітки поверхні заплави. Гідродинамічний стан верхньосарматського водоносного горизонту визначається умовами його залягання і режимом експлуатації.

В районі санаторію Куяльник абсолютні відмітки п'єзометричної поверхні водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіоярису починаючи з середини 50-х років минулого століття коливались в дуже широких межах. В середині 70-х років зниження напорів в свердловинах досягли свого мінімуму за весь період спостережень – 18 м нижче рівня моря (рис. 3) і на 12 м нижче рівня води в лимані (рис. 4). В подальшому, до середини 90-х років минулого століття відбувається відновлення рівнів водоносного горизонту до відміток $\sim -3,0 \div -2,0$ м з середньою швидкістю до 0,5 м/рік. З початку 2000-х років швидкість відновлення напорів зменшується, але в деякі періоди спостерігається самовплив води із свердловин.

Питомі витрати ($q = \Delta H / M_0 * K_0 * 1m^2$) висхідної або низхідної фільтрації між водоносним горизонтом у відкладах верхньосарматського підрегіоярису і водами лиману визначаються значенням різності напорів ($\Delta H = H_v - H_d$) у водоносному горизонті (H_v) і води в лимані (H_d), потужністю розподільного шару водотривких і слабопроникних відкладів (M_0) і його узагальненим коефіцієнтом фільтрації (K_0). У випадку перевищення напорів водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіоярису над рівнем води в лимані має відбуватися поповнення лиману внаслідок висхідної фільтрації і навпаки, як-

що рівні води в лимані перевищують напори водоносного горизонту відбувається низхідна фільтрація більш солоних вод лиману у водоносний горизонт. Негативним проявом цього процесу являється збільшення мінералізації підземних вод у відкладах верхньосарматського підрегіоярису, яке спостерігається в районі Куяльницького лиману починаючи з 60-х років минулого століття [8], коли рівень води в лимані перевищував величини напорів водоносного горизонту на 10 – 12 м. З середини 90-х років минулого століття співвідношення напорів підземних вод і рівнів лиману почало змінюватися в бік створення гідродинамічних передумов висхідної фільтрації і поповнення лиману підземними водами (рис. 3, 4).

Разом з тим, слід враховувати, що висхідна фільтрація в Куяльницький лиман внаслідок наявності розподільного шару водотривких і слабопроникних відкладів (глини верхнього сармату, алювіальні піски і глинисті мули, які заповнюють ерозійний виріз лиману) має незначні швидкості і може зменшуватися і ускладнюватися за рахунок наявності початкових градієнтів, визначення яких досить складно. До того ж, можливий прояв і специфічних фізико-хімічних процесів (дифузія, абсорбція, іонний обмін, мембранні ефекти та інше), які найбільш вірогідні власно при затрудненому водообміні і можуть перевищувати швидкість конвективної складової переносу хімічних компонентів.

Враховуючи відсутність даних з детальної геолого-літологічної будови відкладів, що заповнюють ерозійний виріз лиману (співвідношення піскових і глинистих порід), а також невизначеність деяких параметрів, які характеризують процеси фільтрації і масообміну для розрахунків обсягів розвантаження водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіоярису в лиман прийняті такі допущення:

- товща розподільного шару водотривких і слабопроникних відкладів потужністю M_0 між покрівлею водомісткого пласту напірних вод і поверхнею дна лиману має квазіоднорідну будову, яка складається з двох шарів: глини верхнього сармату з коефіцієнтом фільтрації $K = 0,001$ м/добу потужністю 25 – 30 м (до глибин ерозійного вирізу) і товщі

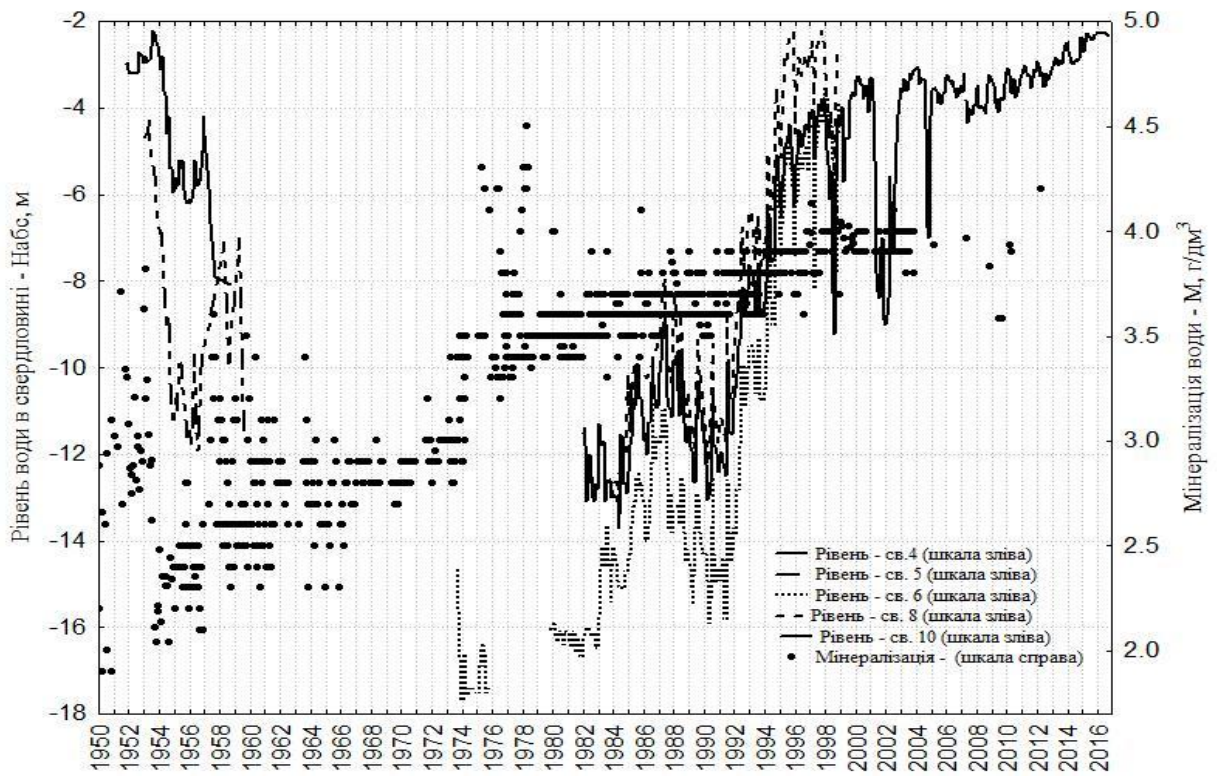


Рис. 3 – Динаміка середньомісячних рівнів і мінералізації водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіонарусу в свердловинах санаторію імені Пирогова і заводу розливу мінеральних вод «Куяльник»

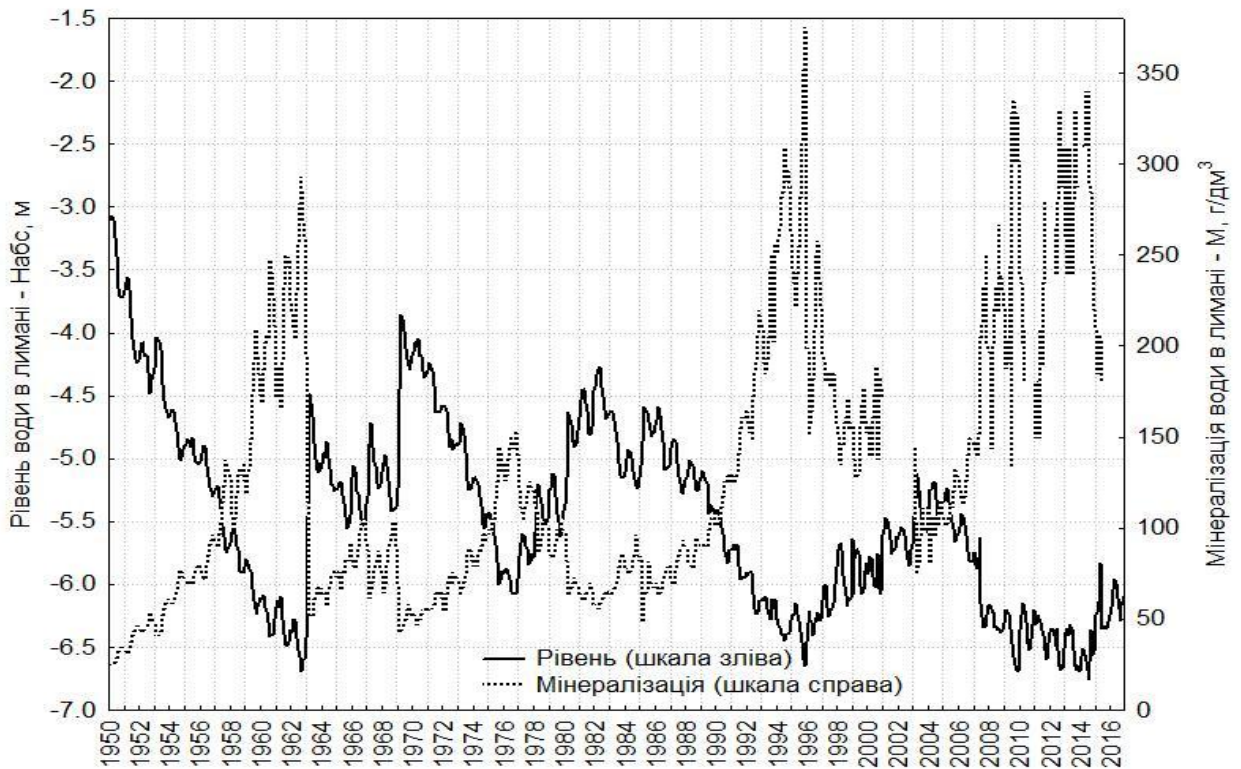


Рис. 4 – Динаміка середньомісячних рівнів і мінералізації води в Куяльницькому лимані за період 1950 – 2016 рр. [5, 14, 15]

алювіальних і лимано-морських відкладів з коефіцієнтом фільтрації K в діапазоні 0,005 – 1,0 м/добу і потужністю 35 – 40 м;

- враховуючи збільшення потужності водотривкого шару і зменшення потужності алювіальних і лимано-морських відкладів в північному напрямку узагальнений коефіцієнт фільтрації розподільного шару водотривких і слабопроникних відкладів прийнято середньозваженим мінімальним $K_0 = 0,005$ м/добу.

Результати розрахунків питомих витрат висхідної або низхідної фільтрації між водоносним горизонтом і поверхневими водами лиману, які наведені на рисунку 5 свідчать про те, що після стійкого періоду негативних показників питомих витрат водообміну тільки з середини 90-х років минулого століття розпочався процес поповнення лиману за рахунок міжпластових підземних

вод. Разом з тим, в період наявності від'ємних показників питомих витрат q , які отримані для низової частини лиману (санаторій «Куяльник»), показники q для району с. Нова Еметівка на той же період мають позитивні значення. Це свідчить, по-перше, про просторову неоднорідність напрямку і обсягів процесу водообміну і, по-друге, про негативний вплив зниження п'єзометричних рівнів (пружних запасів) водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіонарусу в районі санаторію «Куяльник». Їх зниження, яке спостерігається з початку 50-х до середини 90-х років минулого століття, може бути обумовлено не тільки експлуатацією водоносного горизонту свердловинами в районі санаторію, але і природною циклічністю змін п'єзометричних рівнів.

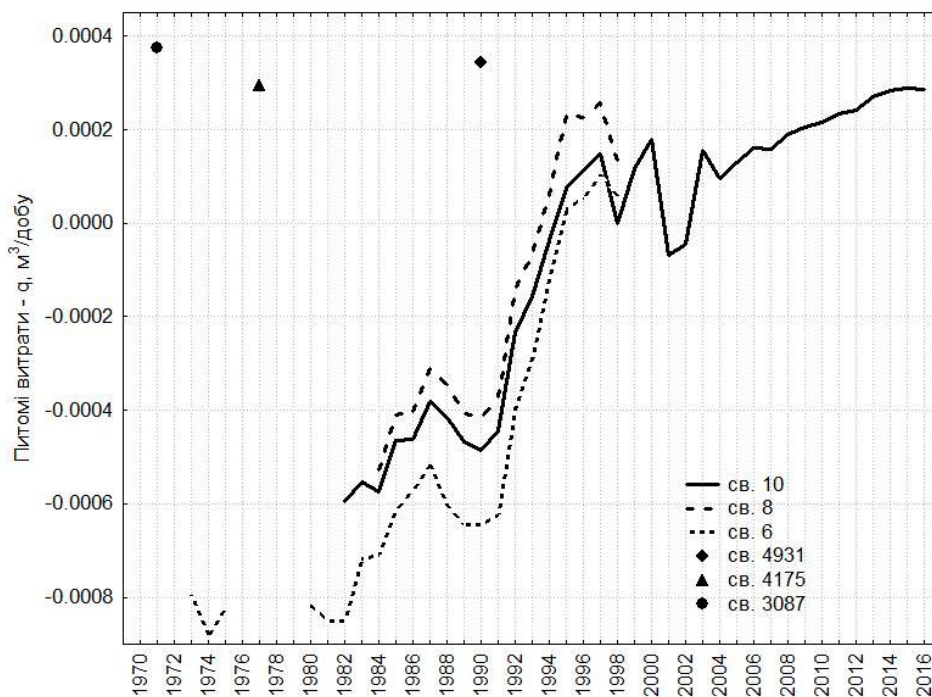


Рис. 5 – Розрахункові питомі фільтраційні витрати водообміну між водоносним горизонтом у відкладах верхньосарматського підрегіонарусу і поверхневими водами лиману

Загальний розрахунковий обсяг живлення лиману за рахунок субаквального розвантаження водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіонарусу (Q) при площі водної поверхні лиману, яка коливалась за нашими даними, від 40 до 50 км² в 2016 році складав:

$$Q_{40} = 0,00029 \text{ м}^3/\text{добу} * 40 * 10^6 \text{ м}^2 * 365 \text{ діб} = 4234000 \text{ м}^3;$$

$$Q_{50} = 0,00029 \text{ м}^3/\text{добу} * 50 * 10^6 \text{ м}^2 * 365 \text{ діб} = 5292500 \text{ м}^3.$$

Такий обсяг живлення є еквівалентом підйому рівня лиману приблизно на 11 см. Важливо підкреслити, що всі розрахунки отримані для умов використання мінімальних значень параметрів фільтраційних властивостей порід і реальних гідрогеодинамічних показників режиму підземних вод і рівня води в лимані.

В порівнянні з обсягами лиману в 2016 році 15 – 20 млн. м³ [4] отримана складова підземного субаквального живлення лиману складає біля 20 %, що значно перевищує загальноприйняті 1 – 2 % [1 – 4, 6].

Висновки

1. Вперше проведений детальний аналіз динаміки рівнів водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського під регіонарусу і води в Куяльницькому лимані за багаторічний період свідчить про те, що водообмін підземних вод з поверхневими водами лиману, в залежності від часових змін гідрогеодинамічних умов, характеризується як висхідними, так і низхідними потоками.

2. Показано, що максимальні питомі витрати низхідної фільтрації реєструвались в середині 70-х років минулого століття, коли зниження напорів в свердловинах досягли свого мінімуму за весь період спостережень. Починаючи з середини 90-х років розпочався повільний процес поповнення лиману за ра-

хунок висхідної фільтрації підземних вод з відкладів верхнього сармату, обсяги якої поступово збільшувалися і в останні роки складають 4 – 5 млн. м³ в рік відповідно для площі лимана 40-50 км².

3. Проведенні дослідження вказують на те, що при оцінці водного балансу Куяльницького лиману необхідно враховувати просторово-часові зміни обсягів не тільки субквальної складової підземного живлення лиману, а також інших його складових.

4. Окремих досліджень потребує вивчення чинників формування режиму водоносного горизонту у відкладах верхньо-сарматського під регіонарусу та інших водоносних горизонтів активного водообміну.

Література

1. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / В. В. Адабовский В. Н. Большаков, Е. Д. Гопченко ; отв. ред.: Ю. С. Тучковенко, Е. Д. Гопченко ; Одесский гос. экологический ун-т. Одесса : ТЭС, 2012 . 223 с.
2. Адабовский В.В., Богатова Ю.И. Особенности современного гидролого-гидрохимического режима Куяльницького лимана и прогнозная оценка его составляющих в условиях возможного пополнения водоема морскими и пресными водами. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2013. №3. С.127-137.
3. Эннан А. А., Шихалеев И. И., Шихалеева Г. Н. , Адабовский В. В., Киришкина А. Н. Причины и последствия деградации Куяльницького лимана (северо-западное Причерноморье, Украина). *Вісн. Одес. нац. ун-ту. Хімія*. 2014. Т. 19, вип. 3. С. 60-69.
4. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: Монографія / За ред. Н. С. Лободи, Є. Д. Гопченка. Одеса : ТЕС, 2016. 332 с.
5. Медінець В.І. Ковальова Н.В., Дерезюк Н.В., Снігір'єв С.М., Черкез Є.А., Медінець С.В., Газетов Є.І. Біологічні наслідки поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 1-2 (27). С. 35-51.
6. Геоэкологический анализ ситуации и разработка схем мероприятий по улучшению водно-солевого режима Куяльницького лимана // Отчет о научно-исследовательской работе. Под ред. Г.И. Швевса. Одесский государственный университет имени И.И. Мечникова. Одесса, 1995. 195 с.
7. Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України. Навчальний посібник. Київ: Фірма «ІНКОС», 2009. 614 с.
8. Геология шельфа УССР. Лиманы / Молодых И.И., Усенко В.П., Палатная Н.Н. и др. Киев: Наук. думка, 1984. 176 с.
9. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в нарушенных условиях / Шестопапов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др; Отв. ред. Шестопапов В.М.; АН УССР. Ин-т геологических наук. – Киев : Наук. Думка, 1991. 528 с.
10. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Методы изучения водообмена / Шестопапов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др; Отв. ред. Шестопапов В.М.; АН УССР. Ин-т геологических наук. Киев : Наук. Думка, 1991. 272 с.
11. Гончар Г.Я. Північно-західна частина Чорного моря – область розвантаження підземних вод. *Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів в межах УРСР*. Видавництво Київського університету. Вип. 5. 1972. С 91-96.
12. Гончар Г.Я. Гідродинамічні та гідрохімічні градієнти підземних вод північно-західного Причорномор'я. *Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів в межах УРСР*. Видавниче об'єднання «Вища школа». Вип. 8. Київ. 1975. С 67-73.
13. Гідрогеологія. Под ред. В.М. Шестакова и М.С. Орлова. М., Изд-во МГУ, 1984. 317 с.
14. Черкез Е.А., Шмуратко В.И., Вахрушев О.А. Ротационно-фильтрационная модель водного баланса Куяльницького лимана. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення»* 12-14 вересня 2012 р. Україна, м.Одеса. ОДЕКУ. 2012. С. 47 – 51.
15. Додин В.В., Погосян А.Р., Праведный В.Н., Черкез Е.А., Медінець В.И., Бунык О.А. Ротационная динамика и уровни воды Куяльницького лимана и верхнесарматского водоносного горизонта . *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Лимани північно-західного Причорномор'я: сучасний*

гідроecологічний стан, проблеми водного та ecологічного менеджменту та шляхи їх вирішення» 1-3 жовтня 2014 р., Одеса: ОДЕКУ, 2014. С. 75-77.

References

1. Aktualnye problemy limanov severo-zapadnogo Prichernomor'ya. (2012). Adabovskiy V.V., Bolshakov V.N., Gopchenko Ye.D.; Edited by Tuchkovenko Yu.S., Gopchenko Ye.D. [Urgent problems of estuaries in the north-western Black Sea region]. Odessa. 223 [in Russian].
2. Adabovskiy V.V., Bogatova Yu.I. (2014). Osobennosti sovremennogo gidrologogo-gidrohimičeskogo rezhima Kuyal'nitskogo limana i prognoz'naya otsenka ego sostavlyayuschikh v usloviyakh vozmožnogo popolneniya vodoyoma morskimi i presnymi vodami [Features of modern hydrological and hydrochemical regime of the Kuyalnyk Estuary and forecast of its constituents under conditions of possible refilling of the water-body with marine or fresh water]. Ukrainian hydrometeorological magazine. 3. 127-137. [in Russian].
3. Ennan A.A., Shikhaleev I.I., Shikhaleeva G.N., Adobovskiy V.V., Kiryushkina A.N. (2014). Prichiny i posledstviya degradatsii Kuyal'nitskogo limana (severo-zapadnoe Prichernomor'ye, Ukraina) [Reasons and consequences of the Kuyalnyk Estuary degradation] Odessa National University Herald. Chemistry. 3. 60-69 [in Russian].
4. Loboda N.S., Gopchenko Ye.D. (2016). Vodnyi rezhim ta gidroecologični kharakterystyky Kuyal'nitskogo lymanu. Monograph. [Water regime and hydroecological characteristics of the Kuyalnyk Estuary]. Odessa. 332 [in Ukrainian].
5. Medinets V.I., Kovalova N.V., Derezyuk N.V., Snigirov S.M., Medinets S.V., Gazyetov Ye.I. (2017). Biologični naslidky popovnennya Kuyal'nitskogo lymanu morskoyu vodoyu z Odeskoyi zatoky [Biological consequences of the Kuyalnyk Estuary refilling with marine water from Odessa Bay]. Man and environment. Issues of neoecology. 1-2(27). 35-51 [in Ukrainian].
6. Shwebs G.I. (1995). Geoecologičeskyy analys situatsii i razrabotka schem meropriyatiy po uluchsheniyu vodno-solevogo regima Kuyal'nitskogo limana. [Geoecological analysis of situation and development of water-salt regime of Kuyalnik estuary improvement actions]. Odessa State I.I. Mechnikov University: Odessa. 195 [In Russian]
7. Kamzist Zh.S., Shevchenko O.L. (2009). Gidrogeologiya Ukrainy. Navchalnyi posibnyk [Hydrogeology of Ukraine. Learning guide]. Kyiv. 614 [in Ukrainian].
8. Molodykh I.I., Usenko V.P., Palatnaya N.N. et al. (1986). Geologiya shelfa USSR. Limans . [Geology of the shelf of Ukrainian SSR. Estuaries]. Kyiv. 176 [in Russian].
9. Shestopalov V. M. (1991). Vodoobmen v gidrogeologičeskikh strukturah Ukrainy: Vodoobmen v narushennykh usloviyakh. [Water exchange in hydrogeological structures of Ukraine : Water exchange under damaged conditions]. Kyiv. 528. [in Russian].
10. Shestopalov V.M. (1991) Vodoobmen v gidrogeologičeskikh strukturah Ukrainy: Metody izucheniya vodoobmena [Water exchange in hydrogeological structures of Ukraine : Water exchange under damaged conditions]. Kyiv. 272. [in Russian].
11. Gonchar G.Ya. (1972) Pivnichno-zakhidna chastyna Chornogo morya – oblast rozvantazhennya pidzemnykh vod [North-western Black Sea – area of groundwater discharge]. Geology of coast and bottom of the Black and Azov Seas within the Ukrainian SSR boundaries. Kyiv. 5. 91-96 [in Ukrainian].
12. Gonchar G.Ya. (1975) Gidrodinamichni ta gidrokhimichni gradiyenty pidzemnykh vod pivnichno-zakhidnogo Prichernomor'ya [Hydrodynamic and hydrochemical gradients of groundwater in the north-western Black Sea area]. Geology of coast and bottom of the Black and Azov Seas within the Ukrainian SSR boundaries. Kyiv. 8. 67-73 [in Ukrainian].
13. Shestakov V.M., Orlov M.S. (1984) Gidrogeologiya [Hydrogeology]. M. 317 [in Russian].
14. Cherkez Ye.A., Shmuratko V.I., Vakhrushev O.A. (2012) Rotatsionno-filtratsionnaya model vodnogo balansu Kuyal'nitskogo limana [Rotation and filtration model of the Kuyalnyk Estuary water balance]. Materials of all-Ukrainian scientific and practical conference «Estuaries of the north-western Black Sea area: urgent hydroecological problems and the ways to solve them». Odessa. 47-51 [in Russian].
15. Rotatsionnaya dinamika i urovni vody Kuyal'nitskogo limana i verkhnesarmatskogo gorizonta (2014). V.V.Dodin., A.R.Pogosyan, V.N.Pravednyi, Ye.A.Cherkez, V.I.Medinets, O.A.Bunyak [Rotation dynamics and water levels of the Kuyalnyk Estuary and the Upper-Sarmatian Aquifer]. Materials of all-Ukrainian scientific and practical conference «Estuaries of the north-western Black Sea area: current hydroecological situation, problems of water and environmental management and the ways to solve them». Odessa. 75-77 [in Russian].

Надійшла до редколегії 17.09.2017

UDC: 630*561.24

I. M. KOVAL^{1,3}, assist. prof., PhD, A. BRÄUNING², prof., Dr., E. E. MELNIK³,
V. O. VORONIN¹

¹V. N. Karazin Kharkiv National University,
Svobody Sq. 6, 61077, Ukraine,

Koval_Iryna@ukr.net

²Institute of Geography, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Wetterkreuz 15, 91058 Erlangen, Germany

³Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky
Pushkinska st. 86, Kharkiv, 61024, Ukraine

DENDROCLIMATOLOGICAL RESEARCH OF SCOTS PINE IN STAND OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Purpose of this research was to detect influence of climatic change on pine radial increment in stand in the Left-bank Forest-steppe of Ukraine as example 100-years-old stand at State Enterprise 'Kharkiv forest scientific research station'. **Methods.** Dendrochronological. Method of correlation function and multiple regressions (response function) were used to analyze the influence of climatic factors on tree radial increment. For this purpose computer program RESPO was used. **Results.** Tree ring series were built and were used for correlation analysis between climatic factors and pine radial increment for two periods: 1960-1988 and 1988-2016. Years of minimum (1933, 1942, 1956, 1972, 1976, 1976, 1987, 1992, 2002, 2006 та 2012) and maximum (1933, 1942, 1956, 1972, 1975, 1976, 1979, 1979, 1979, 1987, 1992, 2002 та 2012) of radial increment were detected. Depressions of pine radial increment were as a result of negative weather conditions: low and high winter and early-spring temperature, droughts during vegetation period. Maximums of radial increments were depended on favorable weather conditions for pine radial growth. Correlation and Response analysis for two periods showed that increase of temperature and precipitation, excluding winter precipitation, changed response of forest ecosystems to climatic change: if in first period (1960-1988) radial increment limited by April temperature and together July temperature positively influenced on radial growth, in second period (1988-2016) June temperature negatively influenced on radial increment. Slight increase precipitation during vegetation period could not soften impact if high temperature during vegetation period on tree radial increment. **Conclusions.** At comparison 1960-1988 and 1988-2016 it was detected that during first period positive influence of summer temperature on radial growth was distinctive and for second period one started to limit increment (negative influence) were detected. Slight increase of precipitation for vegetation period in second period significantly didn't influence on pine radial growth. In second period increase of winter temperature and number of thaws negatively influenced on soil moisture, decreased of tree ring widths.

Key words: radial increment, pine, climatic change

Коваль І. М.^{1,3}, Браунінг А.², Мельник Є. Є.³, Воронин В. О.¹

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

²Інститут географії, університет Фрідріха_Александра міст Ерлангена та Нюрнберга

³Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького

ДЕНДРОКЛІМАТОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В НАСАДЖЕННІ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Мета. Виявлення впливу змін клімату на радіальний приріст сосни в Лівобережному степу на прикладі 100-річного соснового насадження ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція». **Методи.** Дендрохронологічні. **Результати.** Створено деревно-кільцеві хронології, які використано у встановленні зв'язків між кліматичними чинниками та радіальним приростом сосни за два періоди: 1960-1988 та 1988-2016 рр. Кореляційний аналіз та функція відгуку за два періоди показали, що при збільшенні температур та кількості опадів (виняток – зимові опади) змінилася реакція лісових екосистем на зміни клімату: так, якщо в першому періоді (1960-1988 рр.) радіальний приріст обмежували квітневі температури, водночас позитивно впливали липневі температури, то у другому періоді (1988-2016 рр.) червневі температури вже негативно впливали на приріст. Незначне збільшення кількості опадів за вегетаційний період не змогли пом'якшити вплив високих температур вегетаційного періоду на радіальний приріст. **Висновки.** При порівнянні 1960-1988 та 1988-2016 рр. виявлено, що якщо для першого періоду характерний позитивний вплив літніх температур на радіальний приріст, то для другого періоду вони починають обмежувати приріст. Незначне збільшення кількості опадів за вегетаційний період у другому періоді не змогло пом'якшити вплив високих температур на радіальний приріст дерев.

Ключові слова: радіальний приріст, сосна звичайна, зміни клімату

Коваль І. М.^{1,3}, Браунинг А.², Мельник Е. Е.³, Воронин В. О.¹

¹Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

²Институт географии при Университете им. Фридриха-Александра городов Эрлангена и Нюрнберга

³Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Г. Высоцкого

ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В НАСАЖДЕНИИ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Цель. Выявление влияния изменений климата на радиальный прирост сосны в Левобережной степи Украины на примере 100-летнего соснового насаждения ГП «Харьковская лесная научно-исследовательская станция». **Методы.** Дендрохронологические. **Результаты.** Созданы древесно-кольцевые хронологии для установления связей между климатическими показателями и радиальным приростом сосны за два периода: 1960-1988 та 1988-2016 гг. Корреляционный анализ и функция отклика за два периода показали, что при увеличении температур и количества осадков (исключением стали зимние осадки) изменилась реакция лесных экосистем на вариации условий природной среды. Так, если в первом периоде (1960-1988 гг.) радиальный прирост ограничивали апрельские температуры, в то же время на прирост положительно влияли летние (июльские) температуры, то во втором периоде летние температуры (июньские) стали негативно влиять на прирост деревьев. Незначительное увеличение количества осадков за вегетационный период не смогло смягчить влияние высоких температур вегетационного периода на радиальный прирост. **Выводы.** При сравнении 1960-1988 и 1988-2016 гг. выявлено, что для первого периода характерно положительное влияние летних температур на радиальный прирост, однако для второго периода они начинают ограничивать прирост деревьев. Незначительное увеличение количества осадков за вегетационный период не смогло смягчить влияние высоких температур вегетационного периода на радиальный прирост.

Ключевые слова: радиальный прирост, сосна обыкновенная, изменения климата

Introduction

For the past 100 years temperature increases by 0.4-0.6°C in Ukraine [1]. This climatic change will be able to move natural habitats and borders of forest areas, changes of dominant tree species and level of resistance of forest ecosystems [3]. As result of growing of stands in relatively favourable climatic and soil conditions, to reveal complex of factors limited tree growth sometimes enough difficult because it changes during calendar year.

In previous studies it was elicited tree ring formation in stands growing in conditions of temperate climate are limited by temperatures of the growing period, early spring and winter, as well precipitation for the growing period [4, 5, 6, 8, 9].

The current increase of average temperature caused to necessity of adaptation of forest ecosystems to new conditions. Study of change of response of forest ecosystems to change of climate is very important. By reason of tree rings record not only information about changes in natural environment, also the tree response to these changes. So tree rings will able to be as biological indicators and integral factor of state of forest ecosystems.

Aim of this study was elicitation of influence of climate change on pine radial growth in stands of the Left-bank Forest-steppe in Ukraine on example 100 year old pine stand in South forestry.

Materials and methods

Dendrochronological methods were used [2, 10, 11, 12]. Pine cores were collected in 100 years old pine stand growing at the State Enterprise 'Kharkiv forest scientific research station' (quarter №159, board №2, latitude 50°03'27"N, longitude 36°21'08"E). Main taxation indices of planting: average height of trees is 24 m, average diameter trees is 42sm, estimated productivity II, type of forest B₂-dC (fresh pine-oak subor), degree of density 0.6, tree volume for 1 ha / 310 m³.

Cores were taken by Pressler borer at 1.3 m of trunk of dominant and undamaged

trees. The widths of early and late wood were measured using LINTAB (measuring system is widely used in dendrochronology) and the TSAP software in dendrochronological laboratory at Institute of Geography, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Dating of tree rings was carried out to determine calendar date of formation for each tree ring. Quality of tree ring dating was checked using the program COFECHA [9, 10]. Common tree ring chronology was built on the base of tree ring chronologies for tree ring width for each tree by averaging ones.

Indexing of tree-ring chronologies was realized using the program ARSTAN to move away age trend. This makes it possible to analyze response of pine radial growth to climatic factors using the program RESP from the program set DPL [10]. We used index tree ring STANDART to analyze influence of climate on pine radial growth because the best results were gotten with this tree ring index chronology.

Correlation analysis and multiple regressions were used for revelation of influence of climate on radial growth by the program RESPO. Values of STANDART chronology were used as independent variables while the aver-

age monthly air temperature values and the average monthly precipitation values for 1959-2016 for the period from June to September of the current year, have been applied as variables. The data of the Kharkiv meteorological station at the airport (49 ° 55'N, 36 ° 17'E, 152 m altitude) for the period 1959-2016 was used. The average monthly temperature and monthly precipitation values for the Kharkiv meteorological station are presented on fig. 1. The most warm (21.9 °C) and humid (70 mm) month was July, and the coldest month – January (-4.6 °C). The minimum precipitation was noted in March.

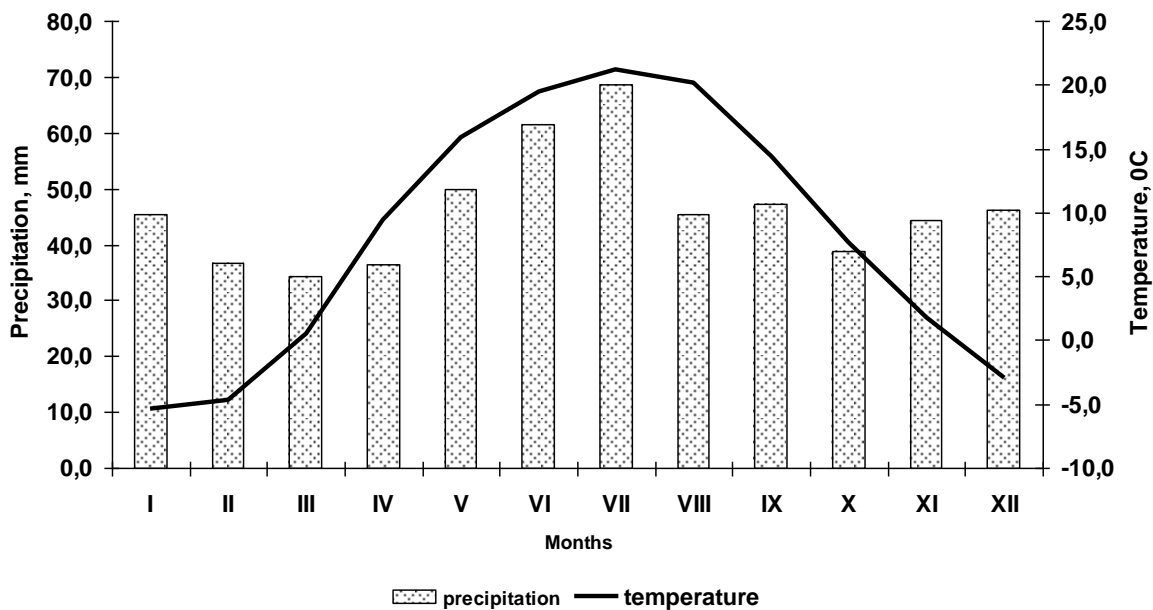


Fig. 1 – Climatogram of Kharkiv Meteorological Station

Results and discussion

The dynamics of the pine radial growth for all types of wood is presented in Fig. 1. The years of minimum and maximum growth, which are called the pointer years, in which about 90% of trees have the same growth trend are revealed. Years of minimal growth: 1933, 1942, 1956, 1972, 1976, 1976, 1987, 1992, 2002, 2006, and 2012; years of maximum growth: 1933, 1942, 1956, 1972, 1975, 1976, 1979, 1979, 1987, 1992, 2002, and 2012 (Fig. 2).

Depression of the pine radial growth was due to negative weather conditions (low and high winter and early spring temperature; droughts during the growing season). Maximum radial growth was as result favorable weather conditions (Fig. 2, 3, 4).

Climatic indicators during two periods (1960-1988 and 1988-2016) were compared. In

the last years of 1988-2016, compared with 1960-1988, the average annual temperature increased by 1.2 °C, during the growing season – by 0.9 °C, during the winter – by 1.7 °C and in March – at 2.1 °C. Low increase in precipitation for growing period (by 19 mm), and at the same time, the winter precipitation decreased by 15 mm were noted (Table 1). The biggest changes occurred for winter and early autumn temperatures.

For 2009-2016 a significant increase in temperatures during the growing season was noted, which negatively affected the radial increment (Fig. 1, 2.). Deviation from the norm of this temperature was 9% (1.7 °C), while the indices of radial growth decreased by 4% during this period.

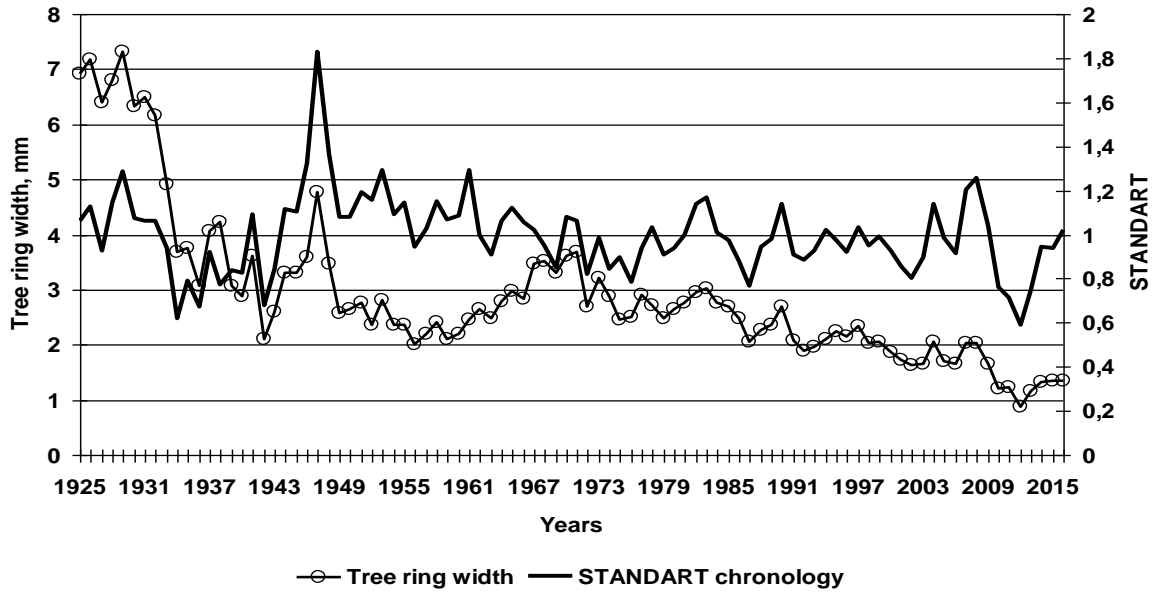


Fig. 2 – Dynamics of the tree ring chronology and the index tree ring STANDART chronology

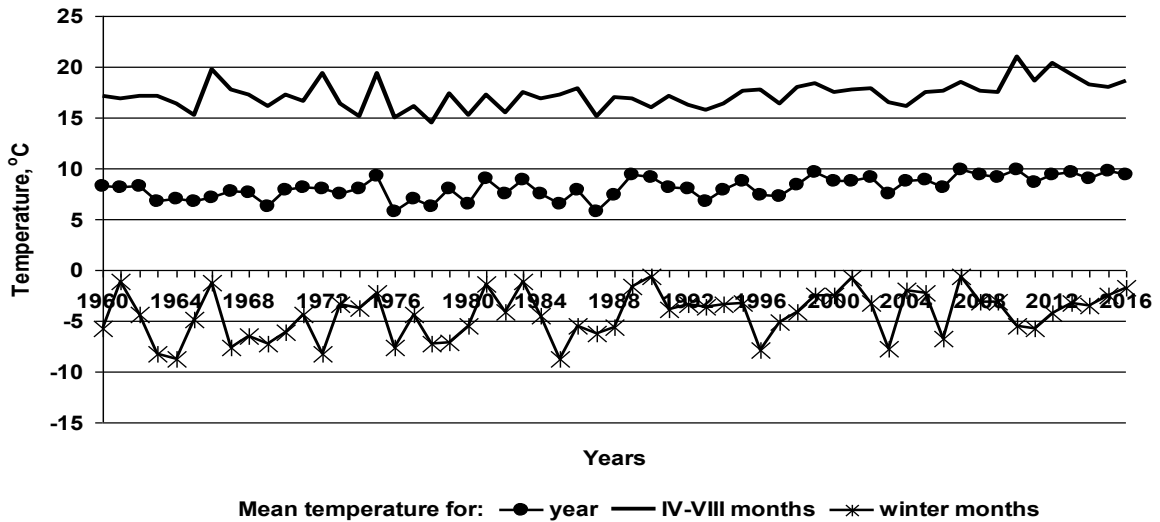


Fig. 3 – Dynamics of temperature (data of the Kharkiv meteorological station)

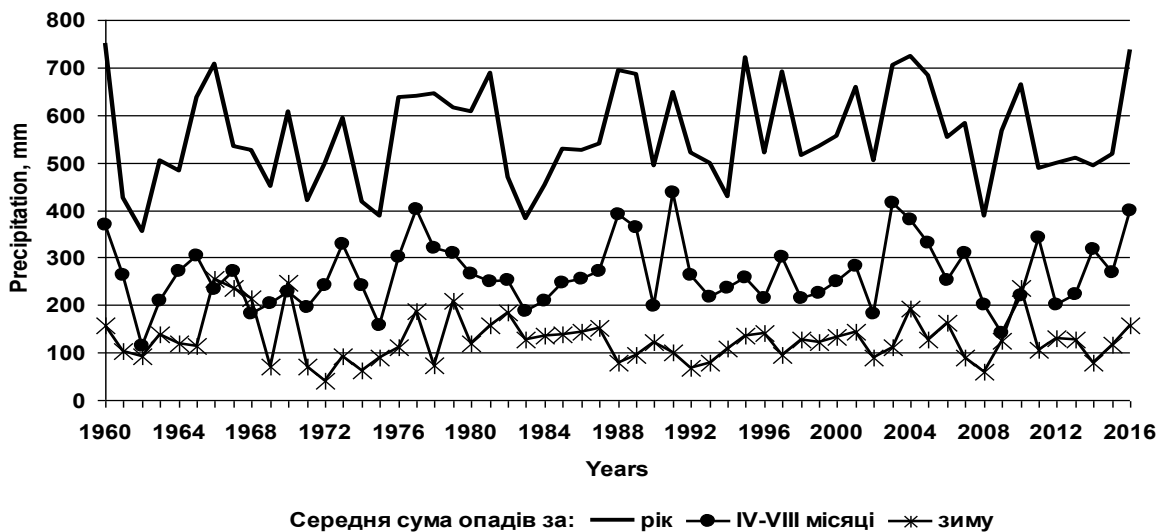


Fig. 4 – Dynamics of precipitation (data of the Kharkiv meteorological station)

Table 1

Difference between climatic factors and STANDART index chronology for two periods:
1960-1988 and 1988-2016

	Periods, years		Difference in% between first and second periods
	1960-1988	1988-2016	
Average temperature (°C)			
Year	7,5	8,7	14
IV-VIII months	16,8	17,7	5
winter	-5,3	-3,6	32
III month	-0,67	1,8	63
Precipitation (mm)			
year	542	579	7
IV-VIII months	258	277	7
winter	134	119	-11
Index tree ring chronology STANDART			
	0,98	0,95	-4

The correlation coefficient (0.44) between tree ring chronologies for all trees allows realization of correlation analysis between radial growth and climatic factors (Table 2).

The coefficient of autocorrelation of the first order, which characterizes how closely

tree ring width of the annual ring of this year is related to the tree ring width of the previous year [11], was high (Table 2). This indicates the favorable forest and climatic conditions for growing pine stands.

Table 2

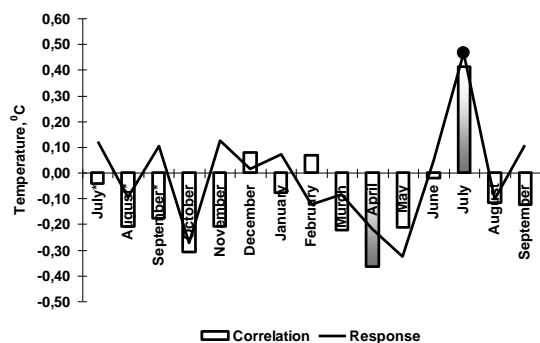
Statistics of tree-ring chronology of pine annual tree ring width and pine index tree-ring chronology

	Interval, years	Average, mm / relative units	Average sensitivity	Standard deviation	Autocorrelation 1st order	Number tree rings, pieces	Internal correlation coefficient
Radial growth	1925-2016	2,63	0,21	1,62	0,88	810	0,44
S*	1925-2016	1,00	0,133	0,179	0,57	809	

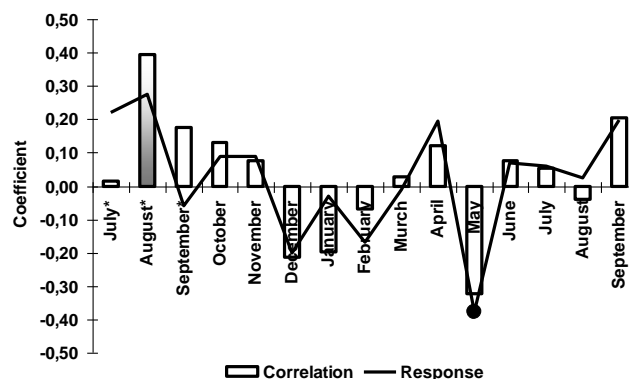
*-STANDART index-tree chronology

The correlation analysis and the response function for two periods showed that with the increase of temperatures and precipitation (the exception is winter precipitation), the reaction of forest ecosystems to the influence of climate changes, as in 1960-1988, the radial growth was limited the low April and high July temperatures, then later, in 1988-2016 negatively affected the radial increase of September tem-

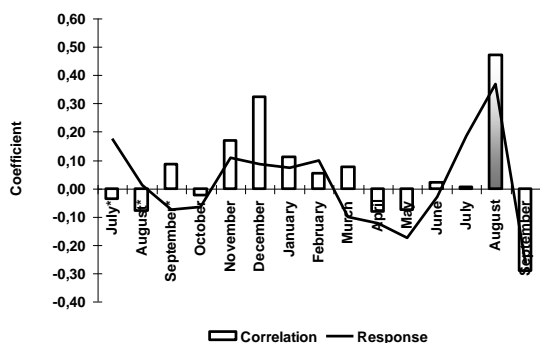
peratures of the previous year which are influence on winter wet accumulation, and the negative influence of June temperatures. There was a slight increase in precipitation, but on the background of high temperatures negative correlations between the indices of radial growth and precipitation became more in the second period than in the first one (Fig. 5).



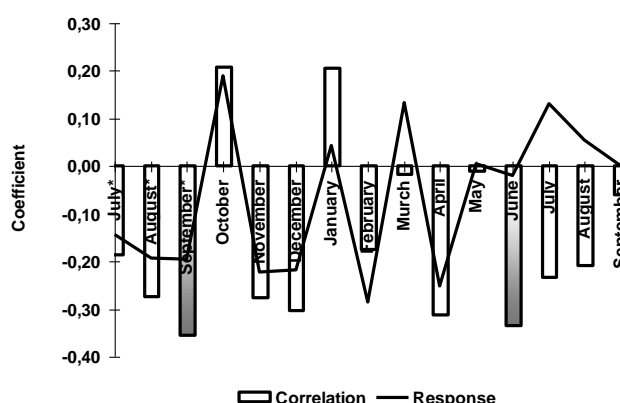
a) Temperatures for the first period of 1960-1988



b) Temperatures for the second period of 1988-2016



c) Precipitation for the first period of 1960-1988



d) Precipitation for the second period 1988-2016

Fig. 5 – Correlation analysis and analysis of the response function for the average monthly temperatures and the STANDART index chronology for annual tree ring widths. Significant correlations at 0.05 level are indicated by gray columns, and significant correlations between temperatures and radial growth are marked by black circles

In the first period of 1960-1988, there was a positive effect of precipitation on radial growth in the 1960-1988 because on the background of low winter temperatures there was moisture accumulation in the soil, but in the next years 1988-2016 this influence became opposite - negative, which is probably due to an increase in winter and early spring temperatures, which did not contribute to the formation of a constant snow cover. As a result of thawing during the winter there was no moisture

accumulation at the level of the past 1960-1988., which negatively affected the formation of tree ring widths.

D.V. Tishin [7] also showed an increase in the negative effects of winter precipitation on radial growth, due to the increase in winter temperatures and flooding over the past years. Such a reaction of radial growth to the influence of winter precipitation can be due not only to climate fluctuations, but also to changes in groundwater levels.

Conclusions

At comparison 1960-1988 and 1988-2016, it was revealed that for the first period, the positive influence of summer temperatures on the radial growth is characteristic, while for the second period they begin to limit the radial growth. A slight increase in precipitation for growing period could not mitigate the negative influence of high temperatures on the formation of tree rings. In the second period, the

increase of the negative influence of winter precipitation on growth, which was caused by an increase in winter temperatures and thaw, was found to have a negative effect on the wet accumulation of soil and the formation of annual pine rings.

Acknowledgements. The authors are most grateful to Iris Burchardt from Dendrochronological laboratory at Institute of

Geography at Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg, who helped a lot with

measurement and dating tree rings.

Література

1. Дідух Я. Екологічні аспекти глобальних змін клімату. Причини, наслідки, дії. *Вісн. НАН України*. 2009, № 2. С. 34-44.
2. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеоздат. 1974. 170 с.
3. Букша І. Ф., Гожик П. Ф., Ємельянова Ж. Л., Трофимова І. В., Шершевський А. І.; ред.: В. В. Васильченко, М. В. Рапцун. Україна та глобальний парниковий ефект. Ч. 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату. К.: Агентство з раціон. використ. енергії та екол., 1997. 206 с.
4. Коваль І.М. Вплив клімату та забруднення на динаміку радіального приросту сосни звичайної в лісостеповій зоні. *Вісник Харківського Національного Аграрного Університету імені В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»*. 2013. Вип. 1. С. 209-212.
5. Коваль І.М., Бологов О.В., Нусбаум С.А., Юзвинський Г.А. Радіальний приріст дуба звичайного та ясеня звичайного як індикатор стану лісових екосистем в умовах Новоград-Волинського фізико-географічного району. *Лісівництво і агролісомеліорація*: зб. наук. праць. Харків: Вид-во УкрНДЛЛ-ГА. 2015. Вип. 126. С. 202-211.
6. Коваль І.М., Токарева Н.А., Невмивка М.В., Воронін В.О. Динаміка радіального приросту дерев, пошкоджених пожежею, в соснових насадженнях Лісостепової зони Харківщини. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія "Екологія"*, вип.15, 2016. С. 81-88.
7. Тишин Д.В., Чижикова Н.А., Чугунов Р.Г. Радіальний приріст сосни (*Pinus Sylvestris* L.) верхових болот як індикатор локальних змін клімату. *Лесной вестник*. №5. 2014. 177-182.
8. Bräuning Achim, Maaike De Ridder, Nikolay Zafirov, Ignacio García-González; Dimitar Petrov Dimitrov and Holger Gärtner Tree-ring features: indicators of extreme event impacts. *IAWA Journal*. 2016. Vol. 37 (2), 206.
9. Grissino Mayer Henri D. Evaluating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-ring research*. 2001. Vol. 57(2), 205-221.
10. Holmes, R.J. Dendrochronology Program Library-Users Manual; University of Arizona: Tucson, AZ, USA. 1994, 51.
11. Holmes, R.L., Adams R.K, Fritts H.C. Tree ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin, with procedures used in the chronology development work, including users manuals for computer programs COFECHA and ARSTAN. Chronology Series VI Laboratory of Tree-Ring Research. Tucson: University of Arizona. 1986
12. Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences. Edward R. Cook and Leonardas A. Kairiukstis (editors). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis, 1990. 394.
13. Koval Iryna. Climatic signal in earlywood, latewood and total ring width of Crimean pine (*Pinus nighra* subsp. *Pallasiana*) from Crimean Mountains, Ukraine. *Baltic Forestry*. 2013. Vol. 19(2), 245-251.
14. Maxime, C. & Hendrik, D. Effects of climate on diameter growth of cooccurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* along an altitudinal gradient. *Trees*. 2011. 25:2, 265-276.
15. Orwig, D.A. & Abrams, M.D. 'Variation in radial growth responses to drought among species, site, and canopy strata. *Trees*. 1997. 11:8, 474-484.
16. Pilcher, J.R. & Gray, B. The relationships between oak tree growth and climate in Britain. *Journal of Ecology*. 1982. 70:1, 297-304.

References

1. Didukh. Ya. (2009) Ekologichni aspekty hlobal'nykh zmin klimatu. Prychyny, naslidky, diyi [Ecological aspects of global of climativ changes]// Herald of the NAS of Ukraine. 2, 34-44 [In Ukrainian].
2. Bitvinskask T.T. (1974). Dendroklimaticheskie issledovaniya [Dendroclimatological research]. L.: Gidrometeoizdat. 170 p. [In Russian].
3. Buksha I. F., Hozhyk P. F., Yemel'yanova Zh. L., Trofymova I. V., Shershevskyy A. I. (1997). Ukrayina ta hlobalnyy parnykovyy efekt [Ukraine and Global greenhouse effect]. Ch. 2. Vrazlyvist' i adaptatsiya ekolohichnykh ta ekonomichnykh system do zminy klimatu [Sensitivity and adapation of ecological and economic systems to climatic changes]. K.: Ahent-stvo z ratsion. vykoryst. enerhiyi ta ekol. 206 p. [In Ukrainian].
4. Koval I.M. (2013). Vplyv klimatu ta zabrudnennya na dynamiku radial'noho pryrostu sosny zvychaynoyi v lisostepoviy zoni [Influence of climate and pollution on dynamics of radial growth of Scots pinein Forest - Steppe zone]. Bulletin of Kharviv National Agrarian University after V.V. Dokuchayev. 1, 209-212 [In Ukrainian].

5. Koval I.M., Bolohov O.V., Nusbaum S.A., Yuzvynskyy H.A. (2015). Radialnyy pryrist duba zvychnohto ta yasena zvychnohto yak indykator stanu lisovykh ekosystem v umovakh Novohrad-Volynskoho fizyko-heohrafichnoho rayonu [Radial increment of oak and ash trees as indicator of forest ecosystems condition in Novograd-Volynsky physiographic region // Forestry and Forest Melioration: Kharkiv: UkrNDILHA. – 2015. №. 1266 202-211 [In Ukrainian].
6. Koval I.M., Tokareva N.A., Nevmyvka M.V., Voronin V.O. (2016). Dynamika radialnoho pryrostu derev, poskodzhennykh pozhezheyu, v sosnovykh nasadzhennyakh Lisostepovoyi zony Kharkivshchyny [Dynamic of radial growth trees damaged by fire in pine stands in forest-steppe zone of Khariv region.] . *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University . Series Ecology* .15, 81-88. [In Ukrainian].
7. Tyshyn D.V., Chyzykova N.A., Chuhunov R.H. (2014). Radialnyy pryrost sosny (Pinus Sylvestris L.) verkhovykh bolot kak yndykator lokal'nykh yzmenenyy klymata [High-moor bogrine (Pine (pinus Sysvestris L.. Radial growth as indivcator of local climate changes // Forestry Bulletin. № 5, 177-182. [In Russian].
8. Bräuning Achim, Maaike De Ridder, Nikolay Zafirov, Ignacio García-González; Dimitar Petrov Dimitrov and Holger Gärtner (2016) Tree-ring features: sndicators of extreme event impacts . *IAWA Journal*. 37 (2), 206.
9. Grissino Mayer Henri D. (2001) Evaluating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA . *Tree-ring research* Vol. 57(2), 205-221. [in English].
10. Holmes, R.J. (1994) *Dendrochronology Program Library-Users Manual*; University of Arizona: Tucson, AZ, USA. 1994, 51. [in English].
11. Holmes, R.L., R.K Adams, H.C. Fritts (1986) *Tree ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin, with procedures used in the chronology development work, including users manuals for computer programs COFECHA and ARSTAN*. *Chronology Series VI Laboratory of Tree-Ring Research* . Tucson : University of Arizona. [in English].
12. *Methods of Dendrochronology* (1990). *Applications in the Environmental Sciences* / Edward R. Cook and Leonardas A. Kairiukstis (editors). Doredrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis, 394. [in English].
13. Koval Iryna (2013). Climatic signal in earlywood, latewood and total ring width of Crimean pine (Pinus nighra subsp. Pallasiana) from Crimean Mountains, Ukraine . *Baltic Forestry*. 19(2), 245-251. [in English].
14. Maxime, C. & Hendrik, D. (2011). 'Effects of climate on diameter growth of cooccurring Fagus sylvatica and Abies alba along an altitudinal gradient' // *Trees* 25:2, 265-276. [in English].
15. Orwig, D.A. & Abrams, M.D. (1997). 'Variation in radial growth responses to drought among species, site, and canopy strata'. *Trees* 11:8, 474-484. [in English].
16. Pilcher, J.R. & Gray, B. (1982). The relationships between oak tree growth and climate in Britain. *Journal of Ecology* 70:1, 297-304. [in English].

Надійшла до редколегії 14.09.2017

УДК 502.33

Н. Б. КРАВЧЕНКО, Є. І. ЗЕЛЕНСЬКА, М. В. ЛУКІЄНКО

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

пл. Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна,

e-mail: nbk75757@gmail.com

ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ З ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕКРЕАЦІЙНОЇ ЗОНИ

Мета. Дослідити соціально-екологічний стан та шляхи фінансового забезпечення відновлення та реконструкції рекреаційної зони Холодногірського району м. Харкова. **Методи.** Польовий, атомно-абсорбційної спектрофотометрії, математичний та аналітичний методи обробки інформації, метод комплексної рейтингової оцінки, умовно-опитувальний метод, концепція повної економічної цінності природного блага. **Результати.** Виявлено, що екологічний стан природних компонентів на території об'єкта дослідження дозволяє створити умови для якісного відпочинку мешканців району, які, в свою чергу, готові здійснювати: одноразові внески на відновлення території парку; сплачувати щорічні благодійні внески; особисто приймати участь у відновленні території парку. **Висновки.** Задовольнити потреби різних категорій відвідувачів допоможе створення багатофункціонального парку на території дослідження. Зіставлення постійних одноразових витрат на заходи та сукупного розміру інвестицій з боку мешканців району свідчить про позитивний чистий ефект від реконструкції парку.

Ключові слова: комплексна рейтингова оцінка, екологічна інвестиція, соціологічне опитування, природні компоненти, навколишнє середовище

Kravchenko N. B., Zelenskaya E. I., Lukienko M. V.

V.N. Karazin Kharkiv National University

ENVIRONMENTAL MEASURES TO OPTIMIZE THE FUNCTIONING OF THE RECREATIONAL ZONE

Purpose. To study the socio-ecological state and ways of financial support for the restoration of the recreational zone of the Kholodnogorsky district of Kharkov. **Methods.** Field, atomic absorption spectrophotometry, mathematical and analytical methods of information processing, the method of integrated rating evaluation, the conditionally questioned method, the concept of the full economic value of the natural good. **Results.** It was revealed that the ecological state of natural components on the territory of the object of study allows creating conditions for qualitative rest of the inhabitants of the district, which in turn are ready to make: one-time contributions for restoration of the park area were revealed by 28% of respondents; 16% of respondents found their annual charity contributions; Personally, 43.5% of respondents have taken part in the restoration of the park's territory. **Conclusions** To meet the needs of different categories of visitors will help create a multi-functional park on the research site. Comparison of constant one-time costs for measures and total investment by the residents of the district indicates a positive net effect from the reconstruction of the facility.

Keywords: comprehensive rating evaluation, environmental investment, sociological survey, natural components, environment

Кравченко Н. Б., Зеленская Е. И., Лукненко М. В.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

ПРИРОДООХРАННІХ МЕРОПРИЯТІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕ- КРЕАЦІЙНОЇ ЗОНИ

Цель. Исследовать социально-экологическое состояние и пути финансового обеспечения восстановления рекреационной зоны Холодногорского района г. Харькова. **Методы.** Полевой, атомно-абсорбционной спектрофотометрии, математический и аналитический методы обработки информации, метод комплексной рейтинговой оценки, условно-опросный метод, концепция полной экономической ценности природного блага. **Результаты.** Вывявлено, что экологическое состояние природных компонентов на территории парка позволяет создать условия для качественного отдыха жителей района, которые, в свою очередь, готовы осуществлять: одноразовые взносы на восстановление территории парка; платить ежегодные благотворительные взносы; лично принимать участие в восстановлении территории парка. **Выводы.** Удовлетворить потребности различных категорий посетителей поможет создание многофункционального парка. Сопоставление постоянных единовременных затрат на мероприятия и совокупного размера инвестиций со стороны жителей района свидетельствует о положительном чистом эффекте от реконструкции парка.

Ключевые слова: комплексная рейтинговая оценка, экологическая инвестиция, социологический опрос, природные компоненты, окружающая среда

Вступ

Ядром екологічної системи міста є парки – природні і культурно-просвітницькі комплекси, які мають величезне біологічне і ландшафтно-естетичне значення, забезпечують умови для відпочинку населення і проведення культурно-масових, спортивно-оздоровчих заходів, організації ігор та розваг.

У ХХ ст. світове будівництво парків розвивалося досить інтенсивно. Значний вклад в теорію садово-паркового мистецтва внесли зарубіжні вчені Саймондс, О. В. Богів, Т. Б. Дубяго, Ю. І. Курбатов. Наприклад, Д. О. Саймондс чітко позначив умови, необхідні для органічного включення архітектурних форм в природний ландшафт, а Ю. І. Курбатов класифікував сукупність візуальних характеристик ландшафтів [7].

У наукових роботах вітчизняних вчених Л. І. Рубцової, Л. Л. Коханової, О. Л. Липи, В. І. Білоуса досліджуються флористичні складові парків України. Парки, як фрагменти природного ландшафту, які потребують захисту від антропогенного впливу, розглядаються у наукових роботах українських вчених В. І. Гетьмана, О. М. Байрак.

Вітчизняний автор Р. М. Жукова, чий роботи також відображають підхід до вивчення парків як закладів дозвілля, звернула увагу на естетичні аспекти впливу паркового середовища на людину. Дисертаційне дослідження Л. О. Кобанець присвячене управлінню розвитком рекреаційної діяльності в природних парках, а Т. І. Ткаченко взагалі розглядає парки культури та відпочинку як сегмент індустрії гостинності [13,5].

Якщо брати до уваги розвиток благоустрою паркових зон міста Харкова, то найстарішим серед 27 парків і садів міста є сад імені Т. Г. Шевченка. У XVII-XVIII століттях територія цього саду представляла собою природну діброву, яка з півночі прикривала підступи до Харківської фортеці. На початку XIX століття частина цієї території відійшла до Харківського університету, засаджена деревами

та чагарниками і отримала назву Університетського саду. Також у 1907 році відкрито міський парк, який має назву ЦПКВ ім. Горького, закладений учнями і студентами навчальних закладів міста Харкова.

Але проблема стану і розвитку парків окремих районів міста залишається актуальною. В більшості випадків парки та інші зони відпочинку у районах міста потребують реконструкції, оскільки з моменту їх формування змінились вимоги до планування, оформлення, функціональності таких об'єктів.

В останні роки в Україні розробляються системи заходів з матеріальної підтримки організацій, діяльність яких пов'язана із розвитком рекреаційної інфраструктури, створюються сприятливі умови для залучення іноземних і вітчизняних інвестиційних та кредитних коштів у розвиток матеріально-технічної бази галузі.

Актуальним є використання світового досвіду щодо відновлення природних територій та очисткою їх від наслідків економічного, туристичного використання в минулі роки, а також пошук необхідних для цього джерел фінансування.

Мета роботи. Дослідити соціально-екологічний стан та шляхи фінансового забезпечення відновлення та реконструкції рекреаційної зони Холодногірського району м. Харкова.

Для реалізації поставленої мети визначені наступні завдання:

- надати загальну характеристику рекреаційної зони району, як об'єкту дослідження;
- оцінити екологічний стан природних компонентів на території об'єкту дослідження;
- визначити готовність відвідувачів природного об'єкту та мешканців району здійснювати інвестиції у його відновлення та реконструкцію;
- розрахувати чистий ефект від реконструкції рекреаційної зони.

Методи дослідження

З метою отримання порівняльної характеристики об'єкту дослідження – рекреаційної зони у Холодногірському районі міста, застосований метод комплексної рейтингової оцінки [6]. Об'єктами порівняння

виступали парки культури та відпочинку у різних районах міста.

Розрахунок комплексні рейтингові оцінки для кожного з об'єктів проводився за соціально-економічними показниками, які визначені під час анкетування як важли-

ві для споживачів. Показники оцінювались в балах (від 1 до 6), окрім показника «рекреаційне навантаження» (чол./га) [10]. За базу порівняння обрано кращі значення показників.

Для оцінки екологічного стану природних компонентів на території об'єкту дослідження проведено ряд власних польових та лабораторних досліджень.

Польові дослідження полягали у відборі проб питної води з підземного джерела на території об'єкта дослідження, вимірюванні масових концентрацій шкідливих речовин в повітряному середовищі газоаналізатором ОКСИ-5М, відборі проб ґрунту на різній відстані від автомагістралі.

Відбір проб питної води з підземного джерела відбувався на протязі 2015-2017 рр. Проби води відбирали 2 сезона – навесні та восени зі зливної труби в бутилі по 1,5 л води. Для визначення показників якості води використані методи: органолептичний метод – для визначення запаху та смаку; фотометричний метод – для визначення кольоровості та мутності; колориметричний метод – для визначення нітратів у воді; комплексонометричний метод або метод титрування – для визначення загальної жорсткості; метод визначення хлоридів; ваговий (арбітражний) метод сульфатів [3].

Лабораторний аналіз проб питної води проводився методом атомно-абсорбційної спектроскопії на приладі МРА-915МД на основі таких показників: запах, кольоровість, каламутність, електропровідність, водневий показник (рН), загальна лужність та вміст хімічних елементів. Метод дозволяє визначити на даному атомно-абсорбційному спектрофотометрі до 70 елементів, переважно металів (марганець, залізо, алюміній, цинк, кадмій, мідь, свинець, хлориди, сульфати, аміак, нітрити та ін.).

Нормативна база оцінки якості води формується на основі загальних вимог до складу та властивостей води і значень гранично допустимих концентрацій речовин у воді водних об'єктів. Загальні вимоги визначають допустимий склад та властивості води, які оцінюються за фізичними, бактеріологічними та узагальненими хімічними показниками.

Для аналізу складу та якості атмосферного повітря на території об'єкта дослідження був використаний газоаналізатор ОКСИ-5М призначений для еколого-теплотехнічних вимірювань об'ємної концентрації кисню (O_2), CO , NO , NO_2 і SO_2 в

димових газах і в повітрі, температури димових газів (T) а також для отримання розрахунковим шляхом концентрації діоксиду вуглецю (CO_2).

Відбір зразків атмосферного повітря проводився на території досліджуваного об'єкту на відстані 5, 10 м і 50 м від автомагістралі на протязі 25 хв зі швидкістю приладу $50 \text{ дм}^3/\text{хв}$. з одночасним визначенням температури повітря, яке проходить через барометр, та атмосферного тиску. Якість атмосферного повітря на території України регулюється низкою національних та міжнародних документів [4,16].

Дослідження забруднення ґрунтів на території об'єкту дослідження важкими металами проходили в декілька етапів: підготовчий, польовий, лабораторний. На підготовчому етапі був здійснений пошук, систематизація, аналіз та узагальнення наукової літератури.

Відбір проб ґрунту відбувався на протязі 2015-2017 р.р. Зразки ґрунту відбиралися на відстані 5, 10 м і 50 м від автомагістралі та глибині 0-10 см. Загалом було відібрано 6 зразків ґрунту для аналізу на 5 елементів, а саме: Cr, Pb, Zn, Cu, Cd. Підготовка зразків ґрунту до хімічного аналізу проводилась згідно до ГОСТ 17.4.4.02-84. Доставлені в лабораторію проби ґрунту доводились до повітряно-сухого стану. Висушування ґрунту проводились у сухому, захищеному від доступу парів аміаку, кислот та інших газів приміщенні протягом 2-3 діб, звільнивши попередньо від сторонніх домішок. Нормування важких металів у ґрунті здійснювалося згідно з ГОСТ 17.4.1.02-83 [11].

Методика обґрунтування екологічної інвестиції

В роботі використаний досвід обґрунтування екологічної інвестиції, отриманий в Німеччині при формуванні природної території поблизу м. Берліну наприкінці 90-х років ХХ століття [12] на основі методу аналізу витрат-результатів.

Для оцінки результатів екологічних інвестицій з боку відвідувачів парку та мешканців району шляхом здійснення внесків на відновлення та реконструкцію об'єкту, використана концепція повної економічної цінності природного блага [1], згідно якої визначалась цінність від прямого та опосе-

редкованого використання об'єкта дослідження.

Обґрунтування екологічної інвестиції проводилось у послідовності:

1. По-перше, за допомогою умовно-опитувального методу [12] визначалась готовність мешканців і відвідувачів об'єкту сплачувати на його відновлення та реконструкцію.

Згідно умовно-опитувального методу нами передбачено: створення гіпотетичного ринку, обрання форми опитування, формування опитувальних листів та проведення опитування. Опитування респондентів проводилось за допомогою анкети шляхом безпосереднього спілкування та по електронній пошті. В анкетуванні взяли участь 250 осіб – мешканців Холодногірського району м. Харкова та 100 відвідувачів об'єкту дослідження. Таким чином, був сформований гіпотетичний ринок екологічного блага.

Формою опитування обрано відкрите питання, коли опитуваним пропонувалось назвати суму, яку вони готові сплатити для відновлення території. Під час опитування респондентам надавався опис якісних характеристик і особливостей об'єкту, опис форми внесків. На основі обробки всіх визнаних дійсними опитувальних листів, підсумована середня готовність платити.

2. По-друге, отримані результати узагальнені на всю генеральну сукупність, тобто результати опитування обмеженого числа людей були перенесені на кількість населення району. При цьому визначені наступні умови:

- в якості генеральної сукупності до уваги брали усю кількість дорослого населення району;

- метод перенесення результатів опитування на генеральну сукупність – шляхом

множення середньої готовності платити на загальну кількість дорослого населення;

- обрано часовий період – один рік.

3. Визначили загальну економічну цінність природного блага з урахуванням дисконтування результатів на 25% у зв'язку із похибками умовно-опитувального методу.

4. В роботі підраховані сукупні витрати на озеленення парку та придбання обладнання для дитячих та спортивних ділянок, виходячи з потреб мешканців району. Інші витрати – на проектні роботи, реабілітацію та облаштування каптажу джерела питної води, облаштування вхідної зони та паркових доріжок системою освітлення та інші, передбачаються за рахунок Департаменту житлового господарства Харківської міської ради, оскільки об'єкт знаходиться на їх балансі.

5. Розраховали чистий ефект шляхом віднімання з повної економічної цінності природного об'єкту загальних витрат на його відновлення та реконструкцію:

де:

$$NB = TB - TC = TB - \left[\frac{\sum_{t=0}^T VC_t \times (1+r)^{-t}}{r} + FC \right]$$

TB – загальна вигода (сукупні результати);

TC – загальні витрати на заходи;

VC – змінні витрати;

FC – постійні витрати;

P_t – порядковий номер року;

T – кількість років експлуатації;

r – ставка дисконту;

Оскільки в роботі враховуються тільки постійні одноразові витрати (на озеленення, придбання обладнання та інші), чистий ефект розрахований за формулою:

$$NB = TB - TC = TB - FC$$

Як правило, для прийняття рішення щодо впровадження проекту необхідний позитивний чистий ефект.

Результати дослідження

Порівняльна характеристика рекреаційної зони Холодногірського району м.Харкова. На сьогодні майже кожен район міста Харкова має свою окрему зону відпочинку: у Шевченківському районі розташовані парк імені Горького та Сад імені Шевченка; у Московському районі – парк «Перемога»; у Комінтернівському районі – парк «Машинобудівників»; у Жовтневому районі головною зоною відпо-

чинку для мешканців району є парк імені Квітки-Основ'яненка; рекреаційна зона у Холодногірському районі міста створена воїнами Харківського гарнізону та мешканцями району. В інших районах – Київському, Фрунзенському, Індустріальному та Червонозаводському парки відсутні.

Ці території створені ще в радянський період, частина з них реконструйовано, особливо в центральних районах міста. Але

більшість з них без достатнього фінансування перетворилися на подобу лісопарків, які продовжують активно використовуватися городянами як прогулянкові зони. Відповідальність за міські зони відпочинку м. Харкова несуть райдержадміністрації або підприємства та організації міста, на які покладаються обов'язки по благоустрою рекреаційної території.

В якості об'єкта дослідження обрана рекреаційна зона у Холодногірському районі – парк «Юність» (30 га). Парк заснований в 1978 році. Над проектом парку працювали архітектори Ю. Шуліка, С. Міскова, А. Зобенко [11].

Для отримання порівняльної характеристики об'єкту дослідження за допомогою методу комплексної рейтингової оцінки, об'єктами для порівняння виступали парки міста: парк імені Горького та Сад імені Шевченка; парк «Перемоги»; парк «Машинобудівників»; парк імені Квітки-Основ'яненка.

Під час анкетування серед мешканців району та відвідувачів парку визначені важливі, з точки зору споживачів, показники: віддаленість від джерел забруднення, наявність садово-паркового обладнання, доступність розташування, рекреаційне навантаження та інші. Показники оцінювались в балах (від 1 до 6), окрім показника «рекреаційне навантаження» (чол./га). За базу порівняння обрано кращі значення показників (табл.1).

Розраховані комплексні рейтингові оцінки для кожного з об'єктів порівняння дозволили визначити місце досліджуваного об'єкту серед інших. Парк «Юність» займає 2 місце за рейтингом, найкращими за рейтингом є парки Шевченківського району – парк імені М. Горького та сад імені Тараса Шевченка. Віддаленість від джерел забруднення, доступність розташування, наявність на території дитячої двох'ярусної фортеці, а також наявність підземного джерела з питною водою – все це приваблює відвідувачів й досі, хоча парк практично не зберіг свій первинний вигляд. **Оцінка екологічного стану природних компонентів на території дослідження**

Дослідження питної води з підземного джерела на території об'єкту дослідження проведено: за хімічним складом, за показниками якості, за органолептичними показниками. Результати дослідження проб води наведені у табл. 2.

Результати проведених досліджень свідчать, що питна вода з підземного дже-

рела за показниками якості відповідає вимогам СанПін 2.1.4.1074-01. Концентрації мікроелементів в усіх зразках води не перевищують ГДК. Кадмій знаходиться в концентраціях менше чутливості приладу. Результати також свідчать, що життєво важливі елементи знаходяться у питній воді у низьких концентраціях. Це, в першу чергу, стосується марганцю, міді й, особливо, цинку. Аналіз зовнішнього вигляду, кольоровості, смаку та присмаку, запаху, мутності показав, що якість води, відповідає встановленим нормам. Також можна відзначити тенденцію до незначного підвищення вмісту шкідливих елементів у весінній період, що зумовлено потраплянням їх у водонесні горизонти через ґрунт при сніготаненні.

Дослідження атмосферного повітря на території об'єкту за допомогою газоаналізатору ОКСИ-5М свідчать, що концентрації хімічних речовин знаходяться менше чутливості приладу. Тому в роботі використано дані спостережень Харківського регіонального центру гідрометеорології (ПОСТ-1 та ПОСТ-2) [9]. Згідно отриманих даних концентрації хімічних речовин не перевищують ГДК. Результати дослідження вмісту мікроелементів в ґрунтах, наведені в табл.3.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що вміст мікроелементів в ґрунтах на території рекреаційної зони не перевищує ГДК.

Результати соціологічного опитування можливих рекреантів

Для отримання оцінки об'єкта рекреації з точки зору споживачів та виявлення середньої готовності здійснювати внески на відновлення території об'єкту, проведено соціологічне опитування за допомогою анкетування. В анкетуванні взяла участь 250 осіб – мешканців Холодногірського району м. Харкова та 100 відвідувачів об'єкту.

Готовність сплачувати одноразові благодійні внески виявили 28% з 250 мешканців, при цьому середнє значення готовності платити становить на рівні 116,45 грн. на 1 особу на рік. Необхідно відзначити, що майже 28,5% осіб з числа опитаних готовності сплачувати не виявили, а 43,5% виявили готовність особисто приймати участь у відновленні території парку.

Респондентам також було запропоновано сплачувати внески щорічно, для утримання території рекреаційної зони. Готовність сплачувати щорічні благодійні внески виявили 16% з 250 мешканців району,

Таблиця 1 Комплексна рейтингова оцінка парків культури та відпочинку м. Харкова

Показник, за яким оцінювався об'єкт	Коефіцієнт порівняльної значущості, Si	Оцінка показника Xij					База порівняння, Xoi	
		Шевченківський район		Холодногірський район	Новобаварський район	Слобідський район		Московський район
		парк імені М. Горького	Сад імені Тараса Шевченка	парк «Юність»	парк імені Квітки Основ'яненко	парк імені Машинобудівників		парк «Перемоги»
Площа паркової території району, га	-	130	75	30	5,8	100	45	*)
Кількість населення району, тис.чол.	-	231,6		91,3	142,0	150,0	304,8	*)
Рекреаційне навантаження, чол./1 га парку	1	1126		3043	24 482	1500	6773	1126
Віддаленість від джерел забруднення (забудови, транспорту, заводів)	3	5		5	3	2	4	5
Наявність садово-паркового обладнання	5	6		4	4	3	3	6
Наявність несанкціонованих смітників	6	6		4	4	4	4	6
Доступність розташування парку для населення району	2	6		5	5	5	5	6
Наявність об'єктів рекреаційної інфраструктури: атракціони, дитячі та спортивні майданчики	5	6		3	2	4	3	6
Елементи культурно-розважального характеру: фестивалі, концерти, ярмарки, наявність сайту	7	6		2	4	2	3	6
Наявність системи орієнтування (картою-схемою парку)	8	6		2	2	2	3	6
Гідрологічні умови	4	0		5	0	0	0	5
Комплексна оцінка Kj	-	0		8,265	27 487	8,294	11,386	-
Рейтинг джерел (база – еталонний показник)	-	1		2	5	3	4	-

*) в ранжуванні не враховується

Таблиця 2

Результати дослідження проб води з джерел на території об'єкту дослідження

Показник	Фактичні значення					СанПін 2.1.4.1074-01 [36]
	2015		2016		Весна 2017	
	весна	осінь	весна	осінь		
За показниками якості						
pH	6,7	7,1	7,7	8,37	7,0	6,0 – 8,5
Жорсткість загальна, мг/л	9,0	7,4	7,4	7,2	8,2	<10
Загальна лужність, ммоль/дм ³	5,9	6,5	6,2	5,92	6	0,5-6,5
За вмістом хімічних елементів						
Назва речовини	Вміст, мг/дм ³					ГДК речовин для води водних об'єктів господарсько-питного призначення, мг/л [7]
Залізо загальне	0,02	0,11	0,13	0,16	0,10	0,3
Хлориди	44,0	44,7	48,4	66,4	48,4	350,0
Аміак	0,15	0,06	0,08	0,04	0,11	2,0
Нітрити	0,04	0,02	0,04	0,01	0,08	3,3
Свинець	0,01	0,01	0,002	0,01	0,01	0,03
Мідь	0,05	0,04	0,07	0,031	0,14	1,0
Цинк	0,01	0,01	0,014	0,204	0,11	5,0
Хром загальний	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,5
Марганець	0,01	0,01	0,12	0,01	0,15	0,1
Кадмій	0,006	0,006	0,001	0,01	0,006	0,001
Нікель	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1
Алюміній	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,5
Органолептичні показники якості води						
Показники	Одиниця ви-міру		Фактичне значення		Нормативне значення [36]	
Запах	бали		не має		від 0 до 5	
Смак та присмак	бали		не має		від 0 до 5	
Прозорість	бали		30		-	
Мутність	мг/л		не має		1,5	

Таблиця 3

Вміст мікроелементів в ґрунтах на території об'єкту дослідження

Назва речовини	Концентрація забруднюючої речовини, мг/кг					ГДК [29]
	Весна 2015	Осінь 2015	Весна 2016	Осінь 2016	Весна 2017	
	1 проба	2 проба	3 проба	4 проба	5 проба	
Хром	0,009	0,007	0,006	0,004	0,011	6,0
Свинець	0,818	0,666	0,021	0,008	0,0026	6,0
Цинк	4,759	2,664	4,024	2,510	2,018	23,0
Мідь	0,18	1,369	0,674	0,63	0,32	3,0
Кадмій	0,021	0,025	0,011	0,014	0,08	0,7

при цьому середнє значення готовності платити виявилась на рівні 26,5 грн. на 1 особу на рік.

Для визначення напрямків розвитку парку респондентам пропонувалося назвати конкретні заходи, які здатні з їх точки зору підвищити привабливість території (табл. 4).

Результати опитування свідчать:

- основними відвідувачами парку є мешканці району та інших прилеглих районів (96% та 4% відповідно);
- більшість мешканців району відвіду-

ють лише один парк, найчастіше той, що розташований в районі їх проживання, і тільки 8% відвідувачів – ще й інші парки;

- на момент опитування 62% відвідувачів – особи пенсійного віку, 43% з яких відвідують парк із дітьми дошкільного віку; студентів та школярів старшого віку – 18%;
- основними цілями при відвідуванні парків є: «сімейний відпочинок»–29%; перебування «на природі» – 22%; прогулянки з друзями – 20%; відвідування атракціонів – 14%.

Таблиця 4

Заходи щодо підвищення привабливості території дослідження

Заходи	Ступінь важливості проблеми (місце)
Облаштування вуличного освітлення	1
Облаштування місць відпочинку садово-парковим обладнанням	2
Створення дитячих майданчиків, фізкультурно-оздоровчих зон	3
Оновлення тротуарів, пішохідних доріжок	4
Облаштування каптажу джерела питної води	5
Озеленення території	6
Збільшення числа сміттєвих контейнерів	7
Поліпшення якості прибирання території	8
Облаштування стоянки для автомобілів відвідувачів	9
Облаштування майданчиків для вигулу собак	10

Таким чином, пілотне опитування показало що, необхідно створювати багатофункціональний парк.

Визначення сукупної економічної цінності об'єкта дослідження та чистого ефекту від реконструкції об'єкту

Для узагальнення результатів проведеного опитування і визначення сукупної економічної цінності досліджуваного природного блага, обрано величину генеральної сукупності – кількість населення Холодногірського району міста віком від 18 років, оскільки за даними опитування основними відвідувачами об'єкту є мешканці району. Результати, отримані при опитуванні респондентів, перенесені на генеральну сукупність шляхом множення середньої готовності платити на кількість населення району.

Кількість населення віком від 18 років у досліджуваному районі визначена у кількості 74 550 осіб, враховуючи наступні

фактори: чисельність населення віком від 18 років у м. Харків станом на 01.01.2016 року складала 1 222 125 осіб [2]; чисельність населення Холодногірського району на 01.01.2016 р. міста складає 6,1% від чисельності населення міста [15].

Результати розрахунку економічної цінності досліджуваного природного об'єкта наведено у табл. 5. При використанні умовно-опитувального методу можливо знецінення узагальненої оцінки інвестицій за рахунок інформаційних ефектів, впливу інтерв'юера, форми опитування, ефекту запам'ятовування на 25 % та 12,5 % [12].

Визначено орієнтовний перелік заходів щодо відновлення та реконструкції території: проведення санітарної очистки території; придбання обладнання архітектурно-декоративного освітлювання, дитячого ігрового комплексу «Метелик» та гімнастичного комплексу «Юніор»; придбання пісочниць фанерних, гойдалок, тенісних

Таблиця 5

Сукупний розмір інвестицій з боку мешканців району та відвідувачів об'єкту

Група споживачів	Індивідуальні оцінки, грн./рік на 1 особу		Кількість споживачів, осіб	Узагальнені оцінки, грн./рік	
	Одноразовий внесок	Щорічні внески		Одноразовий внесок	Щорічні внески
Мешканці району	116,45	26,5	74 550	8 681 347	1 975 575
Девальвація оцінки на 12,5 %	101,89	23,19	74 550	7 595 900	1 728 815
Девальвація оцінки на 25 %	87,34	19,88	74 550	6 511 197	1 482 054

столів, лавочок; придбання вуличних смітників та біотуалетів; придбання зелених насаджень, рокаріїв, квітників; придбання системи автополиву. Сукупні витрати на обладнання складають 1 262 850 грн. без урахування додаткових витрат на встановлення та експлуатацію. Результати розрахунку чистого ефекту від проекту наведено у табл. 6.

Результати розрахунків свідчать, що готовність мешканців сплачувати одноразові внески на відновлення та реконструкцію парку значно перевищують витрати на придбання обладнання за потребами респондентів. Також виявлено категорію мешканців району (16% респондентів), яка згодна сплачувати щорічні благодійні внески

Таблиця 6

Річний чистий ефект від відновлення та реконструкції об'єкту дослідження

Сценарії	Чиста вигода, грн.
За умови девальвації готовності платити на 12,5%	6 116 292
За умови девальвації готовності платити на 25%	5 248 157

Висновки

Відкриті зелені території є важливою частиною міської екосистеми і набувають все більшого значення для якості життя в урбанізованому суспільстві. Актуальним є збереження екологічно ефективних ділянок міста і відновлення перетворених територій.

Завдяки віддаленості від джерел забруднення, доступності розташування, наявності на території дитячої двох'ярусної фортеці, а також підземного джерела з питною водою, рекреаційна зона у Холодногірському районі міста й досі приваблює відвідувачів, хоча парк практично не зберіг свій первинний вигляд.

Проведений лабораторний аналіз проб води з джерела питної води, ґрунтового покриття та атмосферного повітря показав, що екологічний стан природних компонентів на території об'єкта дослідження дозволяє створити умови для якісного відпочинку мешканців Холодногірського району міста Харкова.

За результатами соціологічного опитування виявлено:

- готовність здійснювати одноразові внески на відновлення території парку виявили 28% респондентів. При цьому, середнє значення готовності платити складає 116,45 грн. на 1 особу на рік. Сукупний розмір одноразових внесків споживачів парку «Юність» складає 8 681 347 грн.;

- готовність сплачувати щорічні благодійні внески виявили 16% респондентів. При цьому, середнє значення готовності платити складає 26,5 грн. на 1 особу на рік. Сукупний розмір щорічних внесків споживачів парку «Юність» складає 1 975 575 грн./рік;

- не виявили готовності сплачувати внески 28,5% респондентів, готовність особисто приймати участь у відновленні території парку виявили 43,5% респондентів.

Задовольнити потреби різних категорій відвідувачів допоможе створення бага-

тофункціонального парку на території дослідження. За допомогою опитування респондентів визначений перелік заходів щодо відновлення та реконструкції території.

Зіставлення постійних одноразових витрат на заходи та сукупного розміру інвестицій з боку мешканців району свідчить про позитивний чистий ефект від реконструкції об'єкту.

Література

1. Глушакова В. Г. Макара С. В. Экономика природопользования: учебник для академического бакалаврата. 2 изд. Москва: издательство Юрайт, 2016. 450 с.
2. Державна служба статистики України. URL: <http://database.ukrcensus.gov.ua/Mult/Dialog/Saveshow.asp> (Дата звернення 02.09.2017)
3. Державні санітарні правила і норми «Гігієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною». ДСанПін 2.2.4 – 171-10. 2010. Київ: Державні санітарні норми та правила, 2010. 49 с.
4. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами). ДСП 201-97. Київ: МОЗ України. 1997. 92 с.
5. Ковтун В.Д. Типологія парків: стан та перспективи розвитку в Україні. Фундаментальні і прикладні дослідження рекреаційно-дозвілєвої сфери в контексті євроінтеграційних процесів: матеріали міжнар. наук. практ. конф. Ч. 2. Київ.: Видавничий центр КНУКіМ, 2008. С. 160-165.
6. Мельник Л. Г. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням. Підручник / за заг. ред. д.е.н., проф. Л. Г. Мельника та к.е.н., проф. М. К. Шапочки. Суми : «Університетська книга», 2005. 759 с.
7. Микулина О. М. История садово-паркового искусства и эволюция среды: дис. М., 1979. 32 с.
8. Місце садово-паркового мистецтва в культурній спадщині України XVIII-XIX ст. Мат-ли VI Всеукраїнської наук. конф. з історичного краєзнавства «Історичне краєзнавство у відродженні духовності, культури, багатотікових національних традицій України». Львів: 1993. 166 с.
9. Національна доповідь «Про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2011 році». URL: <http://www.menr.gov.ua/dopovidi> (Дата звернення 22.08.2017)
10. Офіційний сайт Харківської міської ради. URL: <http://www.city.kharkov.ua/ru/gorodskaya-vlast/ispolnitelnyie-organyi.html>. (Дата звернення 22.08.2017)
11. Охрана природы. Грунты. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02. Москва: 2006. 4 с. (Международный стандарт).
12. Пахомова Н. Г., Рихтер А. К. Экономика природопользования и охраны окружающей среды. Санкт-Петербург: СПбУ, 2001. 220 с.
13. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 2.1.4.1074-01 [Действующий от 2.01.02]. Москва: 2002. 62 с.
14. Проектування садів і парків. URL: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-49/20.htm> (Дата звернення 02.09.2017)
15. Стратегія розвитку міста Харкова до 2020 року URL: <http://www.city.kharkov.ua/assets/files/docs/zakon>. (Дата звернення 12.08.2017)
16. Якість повітря. Характеристики і настанови щодо вимірювання якості повітря: ДСТУ ISO 6879–2003. [Чинний від 01.10.2004]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 12 с. (Національний стандарт України).

References

1. Glushakova V. G. Makar S. V. (2016). Jekonomika prirodopol'zovanija. [Economics of nature management]. Moskva: Jurajt, 450. [in Russian].
2. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrayiny (2016). [State Statistics Service of Ukraine]. Available at: <http://database.ukrcensus.gov.ua/Mult/Dialog/Saveshow.asp> [In Ukrainian].
3. Derzhavni sanitarni pravyla i normy «Hihiyenichni vymohy do pytnoyi vody, pryznachenoyi dlya spozhyvannya lyudynoyu». DSanPin 2.2.4 – 171-10. (2010). [State sanitary rules and norms "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption". DSanPin 2.2.4 - 171-10. 2010] Kyiv: Derzhavni sanitarni normy ta pravyla, 49. [In Ukrainian].
4. Derzhavni sanitarni pravyla okhorony atmosferneho povitrya naselenykh mist' (vid zabrudnennya khimichnymy i biolohichnymy rehovynamy). (1997). [State sanitary rules for the protection of atmospheric air of populated areas (from pollution by chemical and biological substances). Particleboard 201-97] DSP 201-97. Kyiv: MOZ Ukrainy. 92. [In Ukrainian].

5. Kovtun, V. D. (2008). Typolohiya parkiv: stan ta perspektyvy rozvytku v Ukraini. Fundamental'ni i prykladni doslidzhennya rekreatsiyno-dozvillyevoi sfery v konteksti yevroin-tehratsiynykh protsesiv: materialy mizhnar. nauk. prakt. konf. Ch. 2. [Typology of parks: the state and prospects of development in Ukraine. Fundamental and applied researches of the recreational and leisure sphere in the context of Euro-integration processes: materials international. sciences practice conf. Part 2] Kyiv.: Vydavnychyy tsentr KNUKiM, 160-165. [In Ukrainian].
6. Mel'nyk, L. H. (2005). Osnovy ekolohiyi. Ekolohichna ekonomika ta upravlinnya pryrodokorystuvannam.[Principles of Ecology. Ecological Economics and Environmental Management]. Sumy : Universytet-s'ka knyha, 759. [In Ukrainian].
7. Mikulina, O. M. (1979). Istoriya sadovo-parkovogo isskustva i ehvolyuciya sredey [The history of landscape art and the evolution of the environment]. dis. M. 32. [in Russian].
8. Mistse sadovo-parkovoho mystetstva v kul'turniy spadshchyni Ukrainy XVIII-XIX st. (1993). Mat-ly VI Vseukrayins'koyi nauk. konf. z istorychnoho kraysnavstva. Istorychne kraysnavstvo u vidrodzhenni dukhovnosti, kul'tury, bahatovikovykh natsional'nykh tradytsiy Ukrainy" [Historical ethnography in the revival of spirituality, culture, centuries-old national traditions of Ukraine]. L'viv. 166. [In Ukrainian].
9. Natsional'na dopovid' «Pro stan navkolyshn'oho pryrodnogo seredovyscha v Kharkivs'kiy oblasti u 2011 rotsi» (2012). [National report "On the state of the environment in the Kharkiv region in 2011"]. Available at: <http://www.menr.gov.ua/dopovidi> [In Ukrainian].
10. Ofitsiynyy sayt Kharkivs'koyi mis'koyi rady.(2017). [Official site of the Kharkiv city council]. Available at: <http://www.city.kharkov.ua/ru/gorodskaya-vlast/ispolnitelnyie-organyi.html>. [In Ukrainian].
11. Ohrana prirody. Trunti. Klassifikacija himicheskikh veshhestv dlja kontrolja zagryaznenija: GOST 17.4.1.02. (2006) [Protection of Nature. Soil. Classification of chemicals for pollution control: GOST17.4.1.02]. Moskva: 4. (Mezhdunarodnyj standart). [In Ukrainian].
12. Pahomova, N. G., Rihter, A. K. (2001). Jekonomika prirodopol'zovanija i ohrany okruzhajushhej sredey. [Economics of nature management and environmental protection]. Sankt-Peterburg: SPBU, 220. [In Russian].
13. Pit'evaja voda. Gigienicheskie trebovanija k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodospobzhenija. Kontrol' kachestva: SanPiN 2.1.4.1074-01 (2002). [Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control: SanPiN 2.1.4.1074-01]. [Dejstvujushhij ot 2.01.02]. Moskva: 62. [In Russian].
14. Proektuvannya sadiv i parkiv. [Designing gardens and parks.]. Available at: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-49/20.htm> [In Ukrainian].
15. Stratehiya rozvytku mista Kharkova do 2020 roku. [The development strategy of the city of Kharkov until 2020]. Available at: <http://www.city.kharkov.ua/assets/files/docs/zakon>. [In Ukrainian].
16. Yakist' povitrya. Kharakterystyky i nastanovy shchodo vymiryuvannya yakosti povitrya: DSTU ISO 6879-2003.(2004). [Air quality. Characteristics and guidelines for measuring air quality: DSTU ISO 6879-2003.] [Chynnyy vid 01.10.2004]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy,12. (Natsional'nyy standart Ukrainy). [In Ukrainian].

Надійшла до редколегії 12.09.2017

УДК: 911.6:504.75

Г. В. ТИТЕНКО, канд. геогр. наук, доц., **Ю. Д. ЮРЧЕНКО**
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
майдан Свободи, 6, 61022, Харків, Україна
e-mail: titenko@karazin.ua

«ЗЕЛЕНІ МАРШРУТИ» У СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ м. ХАРКОВА

Мета. Обґрунтування та створення «зелених маршрутів» на території міста Харків у системі екологічного менеджменту міських територій, для задоволення попиту населення. **Методи.** Польові, критерії Greenways, атомно-абсорбційної спектрофотометрії. **Результати.** Створено науково-інформаційне підґрунтя для створення «зелених маршрутів» та пропозиції щодо критеріїв їх виділення. Виконана комплексна оцінка стану навколишнього середовища для оцінки умов задля побудови «зелених маршрутів». Результати хімічного аналізу проб ґрунту та дослідження вмісту оксиду вуглецю та діоксиду сірки у повітрі показали, що в жодній пробі не виявлено перевищень за ГДК. **Висновки.** На основі запропонованих критеріїв та результатів комплексної оцінки природного середовища виділено 8 умовних «зелених маршрутів» для території міста Харків, складено їх схеми та надано описання. Рекомендовано синхронізацію розроблених маршрутів з планувальною структурою міста та, за можливості, внесення їх, як додатку до генерального плану міста

Ключові слова: «зелені маршрути», місто, приміська зона, критерії, показники, екологічний менеджмент території

Titenko A.V., Yurchenko Yu. D.

V. N. Karazin Kharkiv National University

"GREEN ROUTES" IN THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT CITY TERRITORIES IN THE EXAMPLE OF KHARKOV

Purpose. Substantiation and creation of "green routes" on the territory of the city of Kharkiv in the system of ecological management of urban areas, to meet the demand of the population. **Methods.** Fields, Greenways criteria, atomic absorption spectrophotometry. **Results.** The scientific and informational basis for creation of "green routes" and suggestions on criteria of their selection have been created. Complex assessment of the state of the environment was carried out to assess the conditions for the construction of "green routes". The results of the chemical analysis of soil samples and the study of the content of carbon monoxide and sulfur dioxide in the air showed that no sample exceeded the MPC in any sample. **Conclusions** Based on the proposed criteria and results of the integrated environmental assessment, 8 conventional "green routes" have been identified for the territory of the Kharkiv city, their schemes and descriptions have been prepared. It is recommended to synchronize the developed routes with the planning structure of the city and, if possible, make them as an annex to the city master plan.

Key words: "green routes", city, suburban area, criteria, indicators, ecological management of territory

Титенко А. В., Юрченко Ю. Д.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

«ЗЕЛЕННЫЕ МАРШРУТЫ» В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ г. ХАРЬКОВА

Цель. Обоснование и создание «зеленых маршрутов» на территории города Харьков в системе экологического менеджмента городских территорий для удовлетворения спроса населения. **Методы.** Полевые, критерии Greenways, атомно-абсорбционной спектрофотометрии. **Результаты.** Создано научно-информационную основу для создания «зеленых маршрутов» и предложены критерии для их выделения. Выполнена комплексная оценка состояния окружающей среды для оценки условий построения «зеленых маршрутов». Результаты химического анализа проб почвы и исследования содержания оксида углерода и диоксида серы в воздухе показали, что ни в одной пробе не обнаружено превышений ПДК. **Выводы.** На основе предложенных критериев и результатов комплексной оценки природной среды выделено 8 условных маршрутов для территории города Харьков, составлены их схемы и даны описания. Рекомендовано синхронизацию разработанных маршрутов с планировочной структурой города и, по возможности, внесение их, как приложения в генеральный план города

Ключевые слова: «зеленые маршруты», город, пригородная зона, критерии, показатели, экологический менеджмент территории

Вступ

На сьогодні людство все більш прагне до екологічно комфортних умов проживання. Створюються екологічні громадські організації, активісти організують різні екологічні проекти та населення все більше цікавиться питаннями чистого атмосферного повітря, ґрунту, водних ресурсів, озеленення міст. Тому не дивно, що зараз у світі сформувався запит на еко-умови в місті в міському середовищі. Такий запит у формі статі «Де знаходиться найбільш зелене місто в світі?» представлений на сайті британським журналістом Хейлі Бірч [1].

Закордонні фахівці активно займаються розвитком екологічних міст. Екологічне місто – це новий тип міста, в якому природне середовище знаходиться в стані екологічної рівноваги з урбанізованою середовищем.

Праця китайських науковців *The Development of Eco Cities in China* (Springer, 2016) є прикладом актуальності розвитку еко-міст [2]. Вона являє собою поглиблене дослідження і резюме існуючої практики і теорії для будівництва еко-міст в Китаї в контексті швидкої урбанізації країни. У праці стверджується, що до 2020 року 60 % населення Китаю буде жити в містах. І еволюція від «зелених міст» до «еко міст», а згодом в «розумні міста» має вирішальне значення для сталого розвитку Китаю. Також у праці коротко викладається досвід Китаю в будівництві «еко міст» в якості скоординованого розвитку економіки, суспільства, ресурсів і навколишнього середовища, з метою здійснення сталого, стійкого розвитку країни.

Питанням розвитку екологічних міст також займається Європейська асоціація *Greenways*. Європейська Асоціація Зелених Шляхів (*European Greenways Association – EGWA*) була заснована в 1997 році у Бельгії. Найактивніші її учасники: Бельгія, Іспанія, Великобританія, Франція, Ірландія, Чехія.

Європейська Асоціація Зелених Шляхів взаємодіє з європейськими організаціями з питань розвитку і покращення політики Євросоюзу в секторі стійкого розвитку, охорони оточуючого середовища, рівномірного розвитку регіонів і працевлаштування. Приймає участь в організації і пропаганді Європейського Тижня Стійкого Транспорту (Мобільності) – Європейському Тижню Мобільності, що організовується щорічно 16-22

вересня у більш як 1300 європейських містах і районних центрах.

Ініціатором руху «зелені маршрути» вважаються Сполучені Штати Америки: саме тут вперше з'явилося поняття «грінвейз» у 50-ті роки XX ст. у контексті рекреаційних стежок (пішохідних та велосипедних), що слугували просуванню активного способу життя і немоторизованих засобів транспорту. В 1987 році, завдяки спільній ініціативі президентської комісії у справах рекреації (*President's Commission on American Outdoors*) і активності Президента Національного Географічного Товариства Гілберта Гросвенора, було оголошено про створення мережі «зелених маршрутів» по цілій Америці. Сьогодні в США існує більше 18 тис. км зелених маршрутів, діють сотні громадських організацій, що займаються розвитком ідеї «зелених маршрутів» на різних рівнях. Реалізація ініціативи «зелених маршрутів» підтримується природо-оохоронними установами і органами самоуправління, створюються робочі місця для координаторів маршрутів. Всі ці ініціативи здійснюються широким партнерством публічного, комерційного і громадського секторів. В країнах Західної Європи ідея «зелених маршрутів» стала поширюватися в кінці XX ст. «Зелені шляхи» в країнах Євросоюзу – це туристичні рекреаційні коридори, створені для пересування немоторизованими транспортними засобами. Це незалежні, не пов'язані з автотрасами маршрути вздовж старих історичних доріг, природних екологічних коридорів чи забутих, не використовуваних комунікаційних сполучень (напр., закинуті залізничні колії). Метою є просування активного стилю життя, покращення здоров'я людей і стану природного середовища, зменшення забруднення, створення екологічно чистих доріг для щоденного використання [3].

Концепція європейського еко-міста передбачає поряд з іншими факторами та умовами створення екологічно комфортних умов проживання у місті та пересування містом. З цією метою у великих містах організують «зелені маршрути», що сприяють залученню людей до активного стилю життя, покращенню здоров'я людей і стану природного середовища. Основною метою місь-

кого зеленого маршруту є безпечний рух, відпочинок та ознайомлення з визначними пам'ятками.

Мета дослідження – Обґрунтування

Методи дослідження

Міський зелений маршрут – це багатофункціональна доріжка (для пішоходів, велосипедистів, ролерів, людей на інвалідних візках), яка проходить вздовж річки, струмка, покинутої залізничної гілки або природного коридору в межах міста (парк, зелена територія, тощо). Основною метою міського зеленого маршруту є безпечний рух, відпочинок, та ознайомлення з визначними пам'ятками [3].

Критерії побудови Greenways :

– як мінімум 90 % маршруту складає ущільнена поверхня;

– маршрут являє собою трасу для пересування немоторизованими транспортними засобами, відокремлену від дороги для автотранспорту;

– кути нахилу на маршруті по відношенню до горизонталі (близько 0 чи з незначним відхиленням) дозволяють користуватися маршрутом людям з різними фізичними можливостями, у тому числі з обмеженими, що пересуваються на інвалідних візках;

Зелені маршрути призначені виключно для немоторизованого пересування, розроблені з врахуванням умов навколишнього середовища та якості життя населення прилеглих територій. Дані маршрути повинні відповідати стандартам за шириною, нахи-

та створення «зелених маршрутів» на території міста Харків у системі екологічного менеджменту міських територій, для задоволення попиту населення.

лом та станом поверхні для того, щоб вони були і зручними і безпечними для користувачів з різними можливостями (Ліллеська декларація, 12 вересня 2000 року) [4].

Використано генеральний план міста Харкова розроблений Українським державним науково-дослідним інститутом проектування міст «ДІПРОМІСТО» імені Ю. М. Білокося.

Аналіз проб повітря на вміст оксиду вуглецю та діоксиду сірки проведений відповідно до методики визначення концентрації в повітрі газів і парів шкідливих речовин [5] за допомогою газоаналізатора УГ-2, ГОСТ 12.1.005 – 88 [6], ГОСТ 12.1.014-7979 [7], ГОСТ 12.1.016 – 79 [8].

Відбір проб ґрунту здійснений відповідно до ДСТУ ISO 10381 [9]. Для дослідження стану ґрунту визначено загальний вміст важких металів у ґрунті, кислотність ґрунту, відповідно до керівництва з хімічного аналізу ґрунтів [10].

Визначення нітратного азоту, амонійного азоту і загального розчинного азоту в повітряно-сухих ґрунтах з застосуванням розчину хлориду кальцію для екстрагування проводилось відповідно до ДСТУ ISO 14255:2005 [11].

Результати дослідження

Для задоволення попиту населення у екологічно комфортних умов проживання в місті Харків пропонується створити зручну логістику міста. Це буде можливо завдяки кластеру – «зелені маршрути».

При створенні «зеленого маршруту» необхідно подбати про те, щоб маршрут мав естетичну виразність ландшафту, був доступним для відвідувачів (зручність транспортного зв'язку), мав картосхему з позначкою маршруту та зупинками (цікаві екскурсійні об'єкти) і організованими еколого-культурними, інформаційно-просвітницькими природоохоронними заходами.

Пріоритетним напрямком раціонального природокористування урбанізованих територій, як відомо, є оцінка природного

середовища. Як і повітря, важливим компонентом, що формується в умовах урбанізації геосистеми є ґрунт [12, 13].

Для організації «зелених маршрутів» розроблено критерії та виділено показники оцінки (табл. 1), на основі яких оцінено заплановані вісім маршрутів. Аналізуючи результати оцінки, варто зазначити, що усі запропоновані «зелені маршрути» безпечні та задовольняють потреби населення у соціальних, рекреаційних та екологічних показниках.

На території міста запропоновано 8 умовних маршрутів (табл. 2), з урахуванням генерального плану міста Харкова [14] та складані їх схеми у комп'ютерній програмі SAS.Planet (рис. 1). При оцінці забруд-

Таблиця 1

Критерії та показники оцінки «зелених маршрутів»

Показники оцінки	Критерії оцінки
Соціальні	Можливість використання у транспортній логістиці
	Зручність розташування
	Популярність
	Наявність зручностей (лавки, скриньки для сміття)
	Протяжність тропи
	Рельєф (нахил, звилістість)
Рекреаційні	Естетична виразність ландшафту
	Наявність дитячих та спортивних майданчиків
	Доглянутість території
	Наявність інфраструктури культурно-розважального типу
	Наявність фонтанів
Екологічні	Віддаленість від джерел забруднення
	Наявність зелених насаджень
	Якісний стан повітря
	Якісний стан ґрунту

Таблиця 2

Розміщення «зелених маршрутів»

Номер «зеленого маршруту»	Розміщення «зелених маршрутів»
1	Сквер «Стрілка», Нетеченська набережна, сквер ім. Тихонова
2	Сад імені Тараса Шевченка
3	Сажин Яр, Ботанічний сад
4	Журавлівський парк
5	Молодіжний парк
6	Парк Машинобудівників
7	Парк імені Василя Юр'єва
8	Бульвар Жасміновий

нення стану навколишнього середовища на зеленому маршруті взято зразки ґрунту на кожному маршруті, та проведено їх дослідження на вміст хрому, цинку, кадмію, свинцю, азоту амонійного, азоту нітратного та визначено рН водний. Визначено вміст оксиду вуглецю та діоксиду сірки у повітрі. Наведемо дані дослідження трьох «зелених маршрутів».

Характеристика «зеленого маршруту» №1: Зелений маршрут №1 прокладено по території скверу «Стрілка» та Нетеченській набережній, які розташовані у центрі міста Ха-

ркова. Довжина маршруту становить 1,4 км, приблизний час проходження складає 20 хвилин.

Маршрут починається від майдану Конституції, дістатися якого можна автомобілем, автобусним і маршрутним таксі та тролейбусом. На майдані Конституції зупинкою рекреаційно-культурного значення слугує пам'ятник Незалежності «Україна, що летить». Далі маршрут пролягає через пішохідні переходи до вулиці Університетська 10, по Покровському сквері, проходить через сквер Тихонова, повертає через трам-

вайні шляхи до річки Лопань, та прямує вздовж неї. По провулку Банний, проходить до скверу «Стрілка», далі перетинаючи річку по Мар'їнському мосту прямує вздовж

річки Харків по Нетеченській набережній та завершається біля автобусної зупинки «Набережна Червоношкільна» (рис. 2).

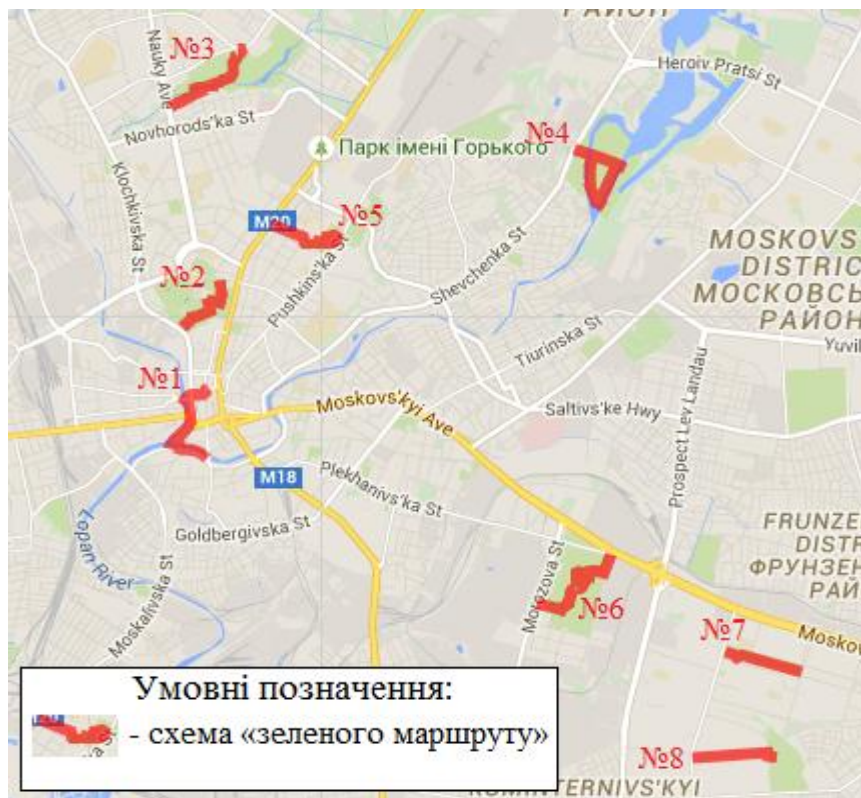


Рис. 1 – Схема розміщення «зелених маршрутів» на території міста Харкова

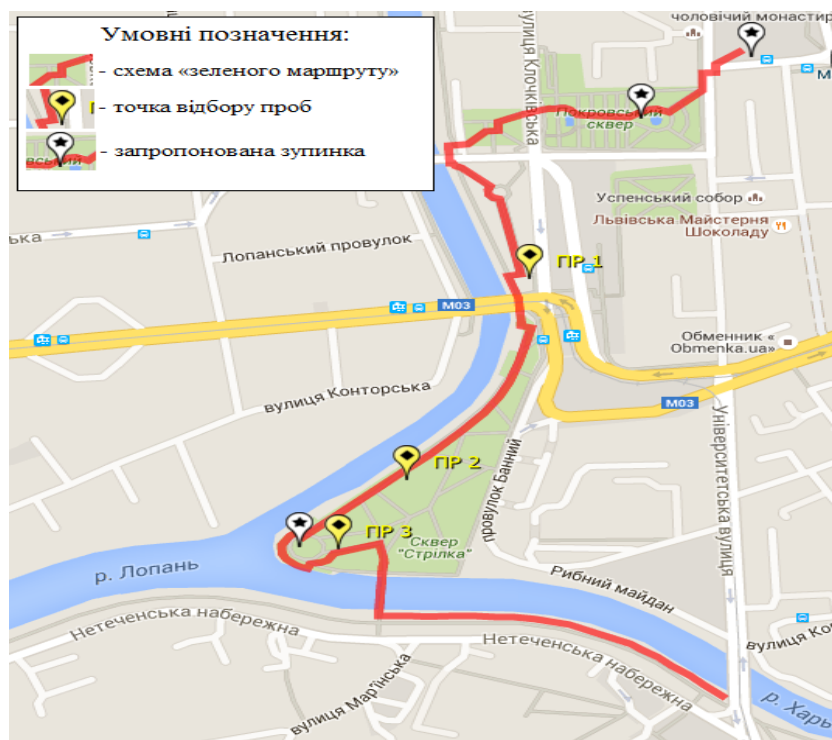


Рис. 2 – Схема розміщення «зеленого маршруту» №1

На маршруті у трьох точках відібрано проби та проведено хімічний аналіз, результати наведені у табл. 3.

З аналізу отриманих результатів хімічного аналізу проб ґрунту з маршруту №1 слід зазначити, що у пробах не виявлено перевищень за ГДК. рН водний складає від 7,19 до 7,36, що перевищує 7,00 і реакція є слабо лужною. На лужних ґрунтах можливо вирощувати великий асортимент декоративних рослин, серед яких ясен, клен, тополя, дуб та інші.

На маршруті у трьох точках виміряні концентрації оксиду вуглецю та діоксиду сірки у повітрі, результати наведені у табл. 4. Аналізуючи отримані результати масової концентрації вмісту оксиду вуглецю та діоксиду сірки у повітрі з першого маршруту, варто зазначити, що вміст оксид вуглецю не перевищує ГДК, а вміст діоксиду сірки навіть нижчий за рівень виявлення.

Характеристика «зеленого маршруту» №2 (рис.3): Зелений маршрут №2 прокла-

Таблиця 3

Результати хімічного аналізу проб ґрунту маршруту №1

Речовини	ГДК, мг/кг	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Хром, мг/кг	6	0,011	0,009	0,021
Цинк, мг/кг	23	6,433	7,1086	6,6672
Кадмій, мг/кг	2	0,0126	0,0142	0,0097
Свинець, мг/кг	20	0,664	0,5931	0,608
Азот амонійний, мг/кг		10,6	9,12	9,99
Азот нітратний, мг/кг		2,7	2,58	2,66
рН водний,		7,28	7,36	7,19

Таблиця 4

Вміст речовин у повітрі з маршруту №1

Речовини	ГДК, мг/м ³	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Оксид вуглецю, мг/м ³	20	10	9	10
Діоксид сірки, мг/м ³	10	Нижче порогу виявлення	Нижче порогу виявлення	Нижче порогу виявлення

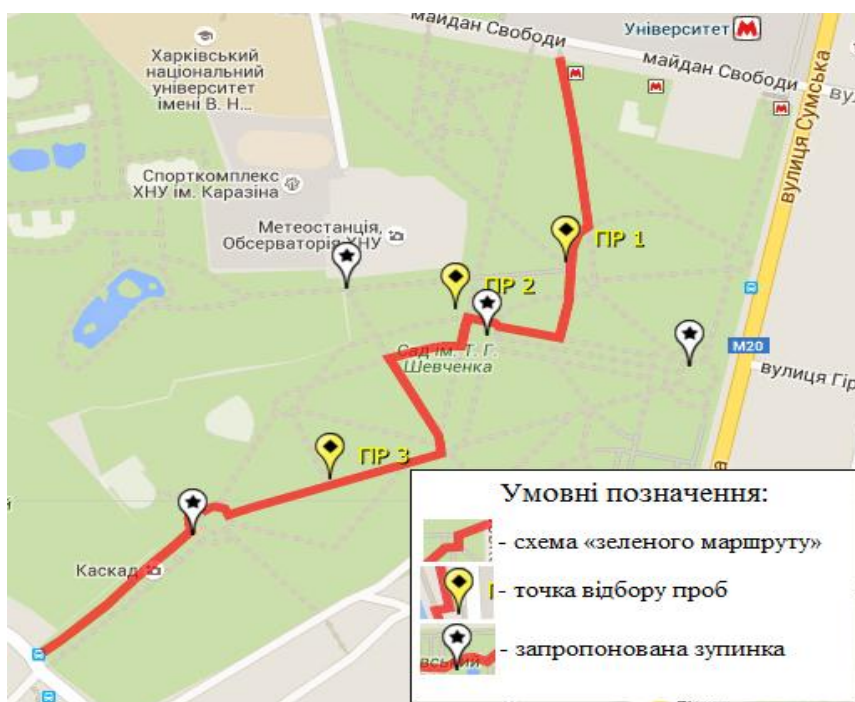


Рис. 3 – Схема розміщення «зеленого маршруту» №2

дено біля площі Свободи міста Харкова по території саду ім. Т. Г. Шевченко. Довжина маршруту становить 1,6 км, приблизний час проходження складає 25 хвилин.

Маршрут починається, від майдану Свободи, біля виходу станції метро Університет. Далі прямує через сад імені Т. Г. Шевченко, де зупинкою рекреаційного значення є фонтан. За бажанням можна відвідати харківський зоологічний парк, прямувати

до пам'ятника Тарасові Шевченку. Далі маршрут прямує до ботанічного саду, повз фонтан «Каскад» та оглядовий майданчик, де можна зробити зупинку. Маршрут завершується на автобусній або трамвайній зупинці (рис. 3.).

На маршруті також у трьох точках відібрано проби методом конверту та проведено хімічний аналіз, результати наведені у табл. 5.

Таблиця 5

Результати хімічного аналізу проб ґрунту з маршруту №2

Речовини	ГДК, мг/кг	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Хром, мг/кг	6	0,008	0,001	0,013
Цинк, мг/кг	23	5,403	6,11	5,829
Кадмій, мг/кг	2	0,0165	0,0156	0,0133
Свинець, мг/кг	20	1,336	1,204	1,181
Азот амонійний, мг/кг		5,96	6,58	5,6
Азот нітратний, мг/кг		1,68	1,74	4,56
pH водний,		7,32	7,4	7,44

Аналізуючи отримані результати хімічного аналізу проб ґрунту з першого маршруту слід зазначити, що у пробах не виявлено перевищень за ГДК, pH водний складає від 7,32 до 7,44, що перевищує 7,00 тобто реакція є слабо лужною. На лужних ґрунтах можливо вирощувати великий асо-

ртимент декоративних рослин, серед яких ясен, клен, тополя, дуб та інші.

На маршруті у трьох точках виміряно масові концентрації вмісту оксиду вуглецю та діоксиду сірки у повітрі аналіз, результати наведені у табл. 6.

Таблиця 6

Вміст хімічних елементів у повітрі маршруту №2

Речовини	ГДК, мг/м ³	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Оксид вуглецю, мг/м ³	20	9	10	10
Діоксид сірки, мг/м ³	10	Нижче порогу виявлення	Нижче порогу виявлення	Нижче порогу виявлення

За результати вмісту оксиду вуглецю та діоксиду сірки у повітрі з маршруту № 1, варто зазначити, що вміст оксид вуглецю не перевищує ГДК, а вміст діоксиду сірки навіть нижчий за рівень виявлення.

Характеристика «зеленого маршруту» №3 : Зелений маршрут №3 прокладено по території Саржиного Яру та Ботанічного саду. Довжина маршруту становить 1,4 км, приблизний час проходження складає 18 хвилин.

Маршрут починається від проспекту Науки, прямує по сходинам вниз до яру повз річки Саржинка, оминаючи джерело мінеральної води Харківська-1, далі проходить через спортивні майданчики через ботанічний

сад, підіймається вгору вузькою стежкою до канатної дороги де виходить на вулицю Отакара Яроша, автобусну зупинку.

На маршруті у трьох точках також відібрано проби ґрунту та проведено хімічний аналіз, результати наведені у табл. 7.

Аналізуючи отримані результати хімічного аналізу проб ґрунту з першого маршруту слід зазначити, що у пробах не виявлено перевищень за ГДК, pH водний складає від 7,32 до 7,44, що перевищує 7,00 тобто реакція є слабо лужною. На маршруті у трьох точках виміряне концентрації оксиду вуглецю та діоксиду сірки у повітрі результати наведені у табл. 8.

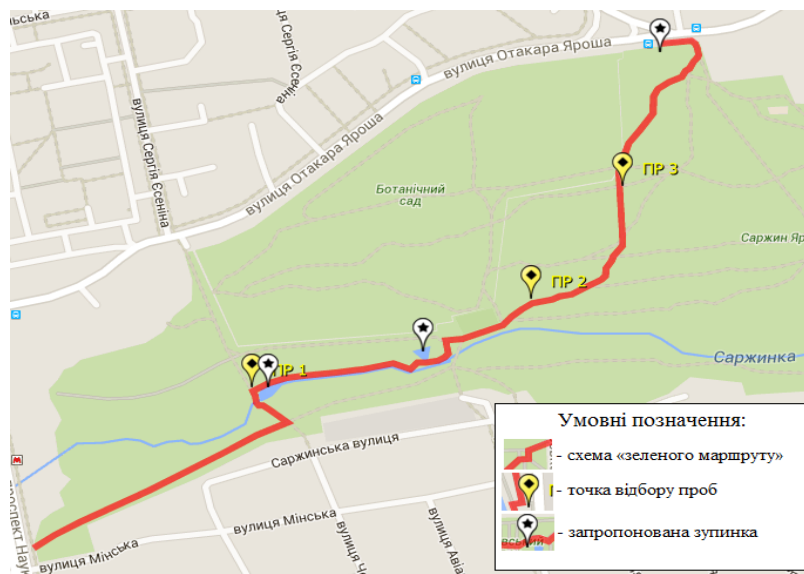


Рис. 4 – Схема розміщення «зеленого маршруту» №3

Таблиця 7

Результати хімічного аналізу проб ґрунту з маршруту №3

Речовина	ГДК, мг/кг	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Хром, мг/кг	6	0,006	0,0104	0,002
Цинк, мг/кг	23	7,744	7,931	6,876
Кадмій, мг/кг	2	0,0018	0,0025	0,0046
Свинець, мг/кг	20	0,224	0,346	0,401
Азот амонійний, мг/кг		3,42	3,8	3,19
Азот нітратний, мг/кг		0,97	0,88	0,93
pH водний,		7,42	7,45	7,5

Таблиця 8

Вміст хімічних елементів у повітрі маршруту №3

Речовина	ГДК, мг/м ³	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Оксид вуглецю, мг/м ³	20	8	9	9
Діоксид сірки, мг/м ³	10	Нижче порогу виявлення	Нижче порогу виявлення	Нижче порогу виявлення

Для всіх маршрутів хром, цинк, кадмій, свинець в ґрунтових пробах містяться в кількості, що не перевищує ГДК, але результати вмісту цинку у пробах з прокладених стежок Журавлівського та Молодіжного парку, різко відрізняються від інших та є найбільшими. Значення рН водного у ґрун-

тах на 8 маршрутах становить від 5,96 до 7,55. Відповідно до цих значень ґрунти діляться на: близькі до нейтральної кислотності, нейтральні та слаболужні ґрунти.

В пробах повітря на усіх 8 маршрутах вміст діоксиду сірки (SO₂) та оксиду вуглецю (CO) не перевищує ГДК.

Висновки

На першому етапі розробки кластеру «зелені маршрути» у системі еко-міста має

бути опрацьованя науково-інформаційного підґрунтя задля створення «зелених марш-

рутів» та пропозиції щодо критеріїв їх для виділення для певних умов міської території. Нами використано критерії Greenways та запропоновано власні критерії побудови «зелених маршрутів».

Далі виконується оцінка навколишнього середовища для оцінки умов задля побудови «зелених маршрутів». В м. Харкові результати хімічного аналізу проб ґрунту «зелених маршрутів» показали, що в жодній пробі не виявлено перевищень за ГДК. Дослідження вмісту оксиду вуглецю та діоксиду сірки у повітрі показало, що їх значення також в межах норми. Це цілком відповідає меті організації «зелених маршрутів» та опосередковано свідчить про

слухний вибір просторово-територіальної комбінації факторів та умов.

На основі запропонованих критеріїв та за результатами оцінки природного середовища рекомендовано безпосереднє планування маршрутів. Таким чином виділено 8 умовних маршрутів для території міста Харків, складені їх схеми та надано описання.

Як наслідок проведеного дослідження рекомендовано синхронізацію розроблених маршрутів з планувальною структурою міста та, за можливості, внесення їх, як додатку до генерального плану міста з метою поліпшення збалансованості територіально-функціональної структури міста та мінімізації екологічних ризиків для стану здоров'я населення.

Література

1. Where is the world's greenest city? URL: <https://www.theguardian.com/cities/2015/apr/02/where-is-the-worlds-greenest-city-ecofriendly>.
2. Liu J., Sun W., Hu W. The Development of Eco Cities in China. Singapore: Springer Singapore, 2016. 329 p.
3. Зелені шляхи URL: <http://www.greenways.com.ua/about-project/>.
4. Greenways URL: <http://www.aevv-egwa.org/greenways/>.
5. Клименко В. Г., Цигічко О. Ю. Забруднення атмосферного повітря: Методична розробка для студентів-географів. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. 26 с.
6. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны – ГОСТ 12.1.005-88 – [Действует с 1989], 159 с. (государственный стандарт).
7. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками – ГОСТ 12.1.014-7979 – [Действует с 1986], 5 с. – (государственный стандарт).
8. Воздух рабочей зоны. Требования к методике измерения концентраций вредных веществ – ГОСТ 12.1.016-79. [Действует с 1982], 12 с. (государственный стандарт).
9. Якість ґрунту відбирання проб – ДСТУ ISO 10381[Чинний від 2004-11-30].2006. 20 с. – (Держспоживстандарт України).
10. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
11. Визначення нітратного азоту, амонійного азоту і загального розчинного азоту в повітряно-сухих ґрунтах з застосуванням розчину хлориду кальцію для екстрагування – ДСТУ ISO 14255:2005 [Діє з 2005], 24 с. (державний стандарт України).
12. Колесников С. И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Биоэкологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. *Научная мысль Кавказа*. 2000. № 4. С. 31–39.
13. Каверина С. А. Геоэкологическая оценка трансформации почвенного покрова трансформированных территорий (на примере Орско-Новотроицкого промузла): автореф. дис. на соискание учёной степени канд. географ. наук: спец. 25.00.36. «Геоэкология». Барнаул, 2007. 19 с.
14. Генеральный план міста Харкова. Департамент містобудування, архітектури та генерального плану Харківської міської ради. 2016. URL:<http://uga.kharkov.ua/uk/public-information/genplan-mista-harkova.html>.

References

1. Where is the world's greenest city? (2015). Available at: <https://www.theguardian.com/cities/2015/apr/02/where-is-the-worlds-greenest-city-ecofriendly>. [in English].
2. Liu J., Sun W., Hu W. (2016). The Development of Eco Cities in China. Singapore: Springer Singapore. 329. [in English].
3. Zeleni shlyakhy(2016). [Greenways.] Available at: <http://www.greenways.com.ua/about-project/>. [In Ukrainian]
4. Greenways. (2016). Available at:<http://www.aevv-egwa.org/greenways/>. [in English].
5. Klymenko V. H., Tsyhichko O. Yu. (2010). Zabrudnennya atmosferneho povitrya: Metodychna rozrobka dlya studentiv-heohrafov. [Pollution of atmospheric air: methodical development for students-geographers]. Kharkiv: V. N. Karazin KhNU. 26. [In Ukrainian]

6. Obshchie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozduhu rabochej zony (1989). [General sanitary and hygienic requirements for the air of the working area - GOST 12.1.005-88], 159. [In Russian]
7. Metod izmereniya koncentracij vrednyh veshchestv indikatornymi trubkami (1986). GOST 12.1.014-7979 – [Method for measuring concentrations of harmful substances by indicator tubes - GOST 12.1.014-7979], 5. [In Russian]
8. Vozduh rabochej zony. Trebovaniya k metodike izmereniya koncentracij vrednyh veshchestv – GOST 12.1.016-79.(1089). [Air working area. Requirements for measuring the concentration of harmful substances - GOST 12.1.016-79], 12. [In Russian]
9. Yakist' gruntu vidbyrannya prob – DSTU ISO 10381.(2004). [Chynnyy vid 2004-11-30]. [Quality of soil sampling - DSTU ISO 10381 [Effective from 2004-11-30].20. [In Ukrainian]
10. Arynushkyna E. V. (2970). Rukovodstvo po khymychemskomu analyzu pochv. [Guide to the chemical analysis of soils]. M: Izd-vo MGUM. 487. [In Russian]
11. Vyznachennya nitratnoho azotu, amoniynoho azotu i zahal'noho rozchynnoho azotu v povitryano-sukhykh gruntakh z zastosuvannyam rozchynu khlorydu kal'tsiyu dlya ekstrahuvannya – DSTU ISO 14255:2005 (2005). [Determination of nitrate nitrogen, ammoniacal nitrogen and total soluble nitrogen in air-dry soils with the use of a solution of calcium chloride for extraction - DSTU ISO 14255: 2005], 24. [In Ukrainian]
12. Kolesnikov S. I., Kazeev K. SH., Val'kov V. F. (2000). Bioehkologicheskie aspekty zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami.[Bioecological aspects of soil contamination with heavy metals]. Scientific thought of the Caucasus. 4. 31–39. [In Russian]
13. Kaverina S. A. (2007). Geohkologicheskaya ocenka transformacii pochvennogo pokrova transformirovannyh territorij (na primere Orsko-Novotroickogo promuzla). [Geoecological assessment of the transformation of the soil cover of the transformed territories (on the example of the Orsk-Novotroitsky industrial complex)]. Barnaul. 19. [In Russian]
14. Heneral'nyy plan mista Kharkova. (2016). [General plan of Kharkiv city.] Available at:<http://uga.kharkov.ua/uk/public-information/genplan-mista-harkova.html>. [In Ukrainian]

АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

УДК 504.064.4

Т. А. САФРАНОВ, д-р. геол.-мін. наук, проф., **Т. П. ШАНИНА** канд. хім. наук, доц.,
В. Ю. ПРИХОДЬКО, канд. геогр. наук, доц., **О. А. ФІЛАТОВА**
Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016
e-mail: safranov@ukr.net, tatyana.shanina@gmail.com, vks26@ua.fm

КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

Мета. Обґрунтування структури кластера у сфері поводження з твердими побутовими відходами для окремих регіонів України. **Результати.** Розроблена структура кластера у сфері поводження з твердими побутовими відходами для Одеської та Херсонської областей України, який представлений трьома рівнями. **Висновки.** Кластеризація є засобом комплексного вирішення проблеми поводження з твердими побутовими відходами. Розроблена структура кластера у сфері поводження з твердими побутовими відходами для окремих регіонів України дозволяє визначити взаємозв'язок вказаної сфери з іншими галузями в економіці регіонів і вирішити проблему утворення та накопичення твердих побутових відходів з одержанням вторинних матеріальних ресурсів.

Ключові слова: тверді побутові відходи, поводження з відходами, кластери

Safranov T. A., Shanina T. P., Prykhodko V. Y., Filatova A. A.

Odessa State Environmental University

THE CLUSTERING AS A NECESSARY CONDITION TO SOLVE THE PROBLEM OF MUNICIPAL SOLID WASTE TREATMENT

The problem of dealing with solid household waste (SHW) is the most urgent component of ensuring national security for Ukraine, since the amount of accumulated waste is considered as one of the factors of a progressive ecological and economic crisis. In the face of growing shortages of raw materials, the effective management of solid waste becomes one of the most important areas of resource conservation. The problem of solid waste is relevant to the southern regions of Ukraine, because the volumes of waste accumulated in the region are considered as one of the factors of progressive ecological stress and reduction of recreational potential. **Purpose.** Justification of cluster structure in the sphere of municipal solid waste treatment for certain regions of Ukraine. **Results.** The cluster structure in the sphere of municipal solid waste treatment in Odessa and Kherson regions is developed. The cluster structure is represented by three levels: developers of technological and logistic chains; points and the city recycling center, waste sorting enterprises; organizations and institutions that provide business entities first and second levels. **Conclusions.** The clustering is way of a complex solution of the municipal solid waste treatment problem. The developed structure of the cluster in the sphere of municipal solid waste treatment for certain regions of Ukraine allows to define interrelation of the specified sphere with other branches of regional economy and to solve a problem of generation and accumulation of municipal solid waste with secondary material resources receiving.

Key words: municipal solid waste, waste treatment, cluster

Сафранов Т. А., Шанина Т. П., Приходько В. Ю., Филатова А. А.

Одесский государственный экологический университет

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

Цель. Обоснование структуры кластера в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами для отдельных регионов Украины. **Результаты.** Разработана структура кластера в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами для Одесской и Херсонской областей Украины. **Выводы.** Кластеризация является способом комплексного решения проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами. Разработанная структура кластера в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами для отдельных регионов

© Сафранов Т. А., Шанина Т. П., Приходько В. Ю., Филатова О. А., 2017

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2017-28-11>

України дозволяє визначити взаємозв'язок вказаної сфери з іншими галузями економіки регіонів і вирішити проблему утворення та накопичення твердих побутових відходів з використанням вторинних матеріальних ресурсів.

Ключові слова: тверді побутові відходи, управління відходами, кластери

Вступ

Проблема поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) є найбільш актуальною складовою забезпечення національної безпеки для України, оскільки обсяги накопичених відходів розглядаються як один із чинників прогресуючої еколого-економічної кризи. Середньорічна маса відходів, що утворюються в Україні, у 2,1 рази перевищує аналогічний показник для країн ЄС. Майже весь обсяг ТПВ (утилізується лише 6%) захоронюється на полігонах і сміттєзвалищах, яких налічується майже 6 тис., з них 16% є перевантаженими, а 24% не відповідають нормам екологічної безпеки [1]. Вкрай незадовільно проводиться робота по санації існуючих сміттєзвалищ та їх рекультивативації. Переважна кількість існуючих полігонів були створені у 80-х роках ХХ ст. та розраховані на 15-20 років експлуатації, отже, значною мірою вичерпали свій ресурс. За таких умов місця захоронення ТПВ стають потужним джерелом техногенного навантаження на довкілля. Через протидію з боку населення, природоохоронних, громадських організацій та за відсутності у місцевих органах влади практики надання гарантій та компенсацій, виділення земельних ділянок під будівництво нових полігонів ТПВ стає дедалі складнішою проблемою. В більшості сіл, сільськогосподарських товариствах взагалі відсутні будь-які організовані місця складування відходів. В таких випадках наслідок очевидний – стихійні звалища, які безумовно негативно впливають на стан довкілля.

Методи поводження з ТПВ в Україні,

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В Україні за 2015 р. (без урахування даних АР Крим та м. Севастополь) утворилось близько 48 млн. м³ побутових відходів, або близько 10 млн. т, які захоронені на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 9 тис. га. Понад 77% населення України охоплено послугами з вивезення ТПВ. Найгірший показник – у Черкаській області, який складає 62%. Завдяки впровадженню в 398 населених пунктах

які використовуються, не відповідають загальноприйнятим світовим стандартам. Сучасні технології сортування та переробки ТПВ практично відсутні. Через відсутність системи управління стихійним і неорганізованим ринком послуг, а також у погоні за прибутками, організації, що займаються перевезенням ТПВ, не зупиняються навіть перед порушенням природоохоронного законодавства. В багатьох випадках відходи з великих міст вивозяться на полігони малих міст та селищ, що створює додаткове навантаження на навколишнє середовище цих населених пунктів.

Поряд із проблемами забруднення довкілля, останнім часом набули актуальності питання оцінки ресурсного потенціалу ТПВ. Зокрема, це стосується вкрай недостатнього використання побутових відходів як джерела вторинної сировини та в енергетичних цілях, а також використання біогазу, який утворюється на полігонах великих міст в рамках Кіотського протоколу. В умовах зростаючого дефіциту сировинних ресурсів ефективно поводження з ТПВ стає одним із найважливіших напрямків ресурсозбереження. Комплексне використання ТПВ з одержанням корисних продуктів здатне забезпечити реалізацію стратегії природоохоронного регулювання в умовах ринкових трансформацій. Проблема ТПВ є актуальною для південних областей України, тому що обсяги накопичених у регіоні відходів розглядаються як один із факторів прогресуючої екологічної напруги та зниження рекреаційного потенціалу.

роздільного збирання ТПВ, роботі 20 сміттєсортувальних ліній, 1 сміттєспалювального заводу і 3 сміттєспалювальних установок перероблено та утилізовано близько 5,93% ТПВ, з них: 2,73% спалено, а 3,2% побутових відходів потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні заводи. Кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 967 од. (16%), а 1459 од. (24%) не відповідають нормам

екологічної безпеки. Неналежним чином проводиться робота з паспортизації та рекультивациі сміттєзвалищ. З 2291 сміттєзвалища, які потребують паспортизації, у 2015 р. фактично паспортизовано 446 од. (потребує паспортизації 31 % сміттєзвалищ від їх загальної кількості). З 593 сміттєзвалищ, які потребують рекультивациі, фактично рекультивовано 37 од. (9% потребує рекультивациі). Потреба у будівництві нових полігонів складає понад 524 одиниці. Через неналежну систему поводження з ТПВ в населених пунктах, особливо у приватному секторі, щорічно виявляється близько 28 тис. несанкціонованих звалищ, що займають площу понад 1 тис. га, з них у 2015 р. ліквідовано майже 27 тис. несанкціонованих звалищ площею 0,9 тис. га.

У 2015 р. 1125 організацій надавали послуги у сфері санітарної очистки, в тому числі 279 – приватної власності (25%). Чисельність працюючих у сфері поводження з побутовими відходами складає понад 15 тис. осіб. Загальна кількість спеціально обладнаних транспортних засобів – понад 3,4 тис. одиниць. Середній показник зношеності спецавтотранспорту у 2015 р. складає 67% [1].

Порівняльна характеристика Одеської, Миколаївської та Херсонської областей по показниках відходоутворення представлена у роботі [2]. Одеська область є найбільшим утворювачем ТПВ серед південно-західних областей України, а в Херсонській області ТПВ утворюється дещо менше.

Загальна кількість полігонів та звалищ на території Одеської області складає 543 одиниці загальною площею 1141,22 га, з них перевантажених – 32 одиниці площею 49,63 га, не відповідають нормам безпеки – 79 одиниць площею 334,43 га. Закритих полігонів та звалищ, які не діють, – 4 загальною площею 9,5 га. Одеська область потребує створення 27 нових полігонів загальною площею 148,48 га. Послугами збирання ТПВ охоплено 70% населення [3]. Заготівельні пункти вторинної сировини, сміттєпереробні підприємства, ділянки компостування та сміттєспалювальні заводи в області відсутні, хоча на території Одеської області зареєстровано 185 суб'єктів підприємницької діяльності, що здійснюють збирання, заготівлю відходів як вторинної сировини [4]. На полігонах та звалищах накопиче-

но 10452007 м³ (2613002 т) ТПВ. У 2015 р. в Одеській області зібрано та перевезено на полігони 4800192 м³ (1200048 т) ТПВ, у тому числі: комунальними підприємствами – 1,617, з часткою комунальної власності – 0,003, приватними – 3,18 млн. м³. У сфері поводження з ТПВ працюють 64 підприємства із загальною кількістю працюючих 763 людини, з яких комунальними є 50 підприємств (662 працюючих), 14 – є приватними зі 101 працюючим. У сфері поводження з ТПВ задіяно 109 сміттєвозів, з яких на комунальних підприємствах – 76, на підприємствах з часткою комунальної власності – 1, на приватних підприємствах – 32. Зношеність спецавтотранспорту – 74 %. Паспортизації потребують 144 полігона та звалища. Протягом 2015 року паспортизовано 55 місць депонування ТПВ. Рекультивациі потребують 46 полігонів та звалищ, за той же період рекультивовані 24 одиниці. Санації потребують 9 полігонів та звалищ, протягом 2015 р. санована 1 одиниця. На території Одеської області виявлено 1183 несанкціонованих сміттєзвалища площею 36,61 га з орієнтовним обсягом ТПВ 0,1159 млн.м³. Всі вони ліквідовані протягом 2015 р.

Загальна кількість полігонів та звалищ на території Херсонської області складає 120 одиниць загальною площею 234 га, з них перевантажених – 1 одиниця площею 30,8 га. Закритих полігонів та звалищ, які не діють, – 4 загальною площею 9,5 га. Існує необхідність у будівництві 21 нового полігону загальною площею 75 га. Послугами збирання ТПВ охоплено 75% населення [3]. На території області зареєстровано 9 суб'єктів підприємницької діяльності, що здійснюють збирання, заготівлю відходів як вторинної сировини. Заготівельними пунктами заготовлено 10,394 т вторинної сировини [5]. На полігонах та звалищах накопичено 24541928 м³ (7362071 т) ТПВ. У 2015 році в Херсонській області зібрано та перевезено на полігони 773947,9 м³ (232190,394 т) ТПВ, у тому числі комунальними підприємствами – 0,24, приватними – 0,55 млн. м³. У сфері поводження з ТПВ працюють 44 підприємства з загальною кількістю працюючих 720 осіб, з яких комунальними є 28 підприємств (470 працюючих), 16 – є приватними з 250 працюючими. У сфері поводження з ТПВ задіяно 123 сміттєвоза, з яких на комунальних підприємствах – 91, на приватних підпри-

ємствах – 32. Зношеність спецавтотранспорту – 73 %. Паспортизації потребують 78 полігонів та звалищ. На протязі 2015 року паспортизовано 2 місця депонування ТПВ. Рекультиватії потребують 3 полігона та звалища, протягом 2015 року жодного місця депонування відходів не рекультивовано. На території області виявлено 430 несанкціонованих сміттєзвалищ площею 0,9 га з орієнтовним обсягом ТПВ 0,002 млн.м³. Всі вони ліквідовані протягом 2015 р.

Отже, суб'єкти підприємницької діяльності, які розташовані на території Одеської і Херсонської областей та повинні здійснювати збирання, заготівлю відходів як вторинної сировини, не виконують свого призначення.

В даний час багато країн ЄС (Нідерланди, Данія, Австрія, Італія, Угорщина, Швейцарія, Німеччина) широко використовують принцип кластеризації. Прийнята «Концепція створення кластерів в Україні», згідно з якою виділено 4 типи кластерів: виробничий, інноваційно-технологічний, туристичний і транс-

портно-логістичний [6, 7]. На основі світового досвіду кластери стають новою формою економічного розвитку регіонів. Безперечно те, що кластерний підхід може використовуватися при виборі пріоритетних напрямків розвитку окремих галузей регіону. Взаємозв'язок галузі з іншими галузями дозволить сформувати регіональні і міжрегіональні кластери. Регіональним або міжрегіональним кластером є група взаємопов'язаних підприємств, профілюючих і додаткових галузей (споживачів, постачальників відповідного обладнання і т. д.), які характеризуються загальними потребами і реалізують спільний процес виробництва.

Виробничий галузевий кластер – це поєднання підприємств основного виробництва з підприємствами по виробництву: сировини і матеріалів; основного і допоміжного обладнання; надання послуг із транспортування, складування і збереження; сервісних послуг в сферах дослідження ринку, підготовки кваліфікованих кадрів. Кластеризація може стати основою розвитку галузі



Рис. 1 – Взаємозв'язок та інтереси учасників кластеру

регіону, тому що дозволить розвиватися іншим галузям і безлічі спеціалізованих підприємств малого і середнього бізнесу [8-12].

Кожний учасник кластеру переслідує

Результати дослідження

При виконанні роботи використані опубліковані дані, а також матеріали власних досліджень, присвячених кластерним моделям поводження з ТПВ. Принцип диференціації потоків ТПВ, покладений в основу концепції управління та поводження з ТПВ, є ключовим при формуванні структури кластера поводження з ТПВ.

На нашу думку, кардинально змінити ситуацію у сфері поводження з ТПВ можливо за допомогою кластерного підходу. Принцип диференціації потоків ТПВ, покладений в основу концепції управління та поводження з ТПВ міських агломерацій [14], являється ключовим і при формуванні структури кластера поводження з ТПВ.

Кластер «Поводження з ТПВ» можна визначити як регіональну просторово-організовану сукупність промислово-виробничих суб'єктів і пов'язаних з ними комерційних і некомерційних організацій, цільова функція якої спрямована на досягнення і підтримку конкурентоспроможності території в умовах раціонального використання вторинних матеріально-енергетичних ресурсів, вилучених з ТПВ з метою повторного включення у господарський обіг та, як наслідок, забезпечення екологічно безпечного середовища існування.

Основний принцип формування кластера підприємств по переробці відходів – принцип спільності процесів утворення відходів з матеріальних ресурсів і спільності регіональної законодавчої бази, що регламентує поводження з відходами. Таким чином, усі суб'єкти господарювання в межах територіально-адміністративної одиниці знаходяться в рівних умовах для здійснення своєї діяльності.

Кластер «Поводження з ТПВ» вважається конкурентоспроможним, якщо він здатен: 1) забезпечувати високу якість міського довкілля; 2) ефективно виробляти та з прибутком реалізовувати на внутрішньому і зовнішніх ринках альтернативний енергоносії, продукцію, виготовлену з використанням вторинних матеріальних ресурсів та послуги житлово-комунального призначен-

ня, якість яких відповідає сучасним загальноосвітнім стандартам; 3) має в розпорядженні розвинений людський капітал та інноваційний потенціал, що дозволяє результативно впроваджувати в системи виробництва та управління новітні досягнення науково-технічного прогресу, технологічні та організаційні нововведення; 4) відрізняється раціональним та диверсифікованим використанням ресурсної бази; 5) забезпечує стійкий соціально-економічний розвиток, безпеку та високу якість життя населення міських територій; 6) має базу підготовки кадрів відповідних кваліфікацій.

При створенні кластеру «Поводження з твердими муніципальними відходами» доцільно керуватися такими принципами.

1. Ресурсний принцип формування кластера. Відходи розглядаються як сировинні елементи кластера. При цьому основним завданням на регіональному рівні стає визначення обсягу ресурсної бази кластера відходів.

2. Принцип регіонального районування з урахуванням природно-ресурсного потенціалу (природно-кліматичні умови, первинна ресурсна база регіону, адміністративно-територіальне районування, структура житлового фонду).

3. Принцип керівної ролі уряду регіону у формуванні екологічної політики по управлінню відходами. Завдання: визначення довгострокової перспективи в рамках регіональних цільових програм для вкладення інвестицій з боку державного і приватного секторів економіки. Розробка нормативної правової бази. Складання схем територіального планування.

Структуру рівнів інноваційного кластера підприємств по переробці відходів можна представити таким чином:

1 рівень. Ядро кластера утворюють інноваційні центри, дослідницькі і випробувальні центри, створені як при наукових організаціях, ВНЗ, підприємствах, так і незалежні, консалтингові агентства та ін. Це організації, які виконують різні види науково-дослідних і конструкторських робіт із

створення технологій, логістичних схем по ефективності використання відходів в якості вторинних ресурсів.

2 рівень. Мережа споживачів інноваційних розробок у сфері поводження з відходами: організації і підприємства, які надають різного роду послуги у сфері поводження з відходами, проводять роботи по збиранню, сортуванню, транспортуванню відходів і переробці вторинної сировини з утворенням корисного продукту.

3 рівень. Функціонування і розвиток кластера забезпечує соціально-економічна і інша інфраструктури. До них відносяться: адміністративний ресурс, банківський ресурс, людські ресурси (кадри, персонал по всіх видах діяльності, підготовка фахівців необхідної кваліфікації); фізична і технологічна інфраструктури (транспортна інфраструктура, дорожні мережі, комунікації і устаткування та ін.).

Інноваційний потенціал кластера в основному визначається функціонуванням у кластері наступних учасників: науково-дослідних інститутів; ВНЗ; інноваційних, інжинірингових центрів і центрів якості; підприємств, що втілюють інновації та ін.

Визначальним в організації кластера підприємств по переробці відходів є формування промислово-фінансової інфраструктури, що забезпечує впровадження інноваційних, економічно і екологічно ефективних технологій у сфері вторинного використання відходів.

Для розробки і правового супроводу інноваційних технологій в кластер необхідно залучити регіональну владу, науково-дослідні інститути, конструкторські бюро, ВНЗ. Реалізацію інновацій здійснюватимуть проектні інститути, підприємства-виробники устаткування, підприємства-замовники інноваційних технологій. Для фінансування реалізації інновацій в кластер необхідно залучити банки, кредитні організації, венчурні фонди.

Нами розроблена структура кластера у сфері поводження з ТПВ для Одеської та Херсонської областей (рис. 2).

До першого рівня відносяться вищі навчальні заклади, на базі яких виконують дослідницькі роботи, розробляють технологічні та логістичні ланцюги в сфері поводження з ТПВ та їх компонентами, оцінюють ефективність втілених розробок, на-

приклад, Одеський державний екологічний університет, Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень тощо.

Другий рівень кластера поводження з ТПВ складають пункти та міський центр рециклінгу [15], сміттесортувальні підприємства, які надають різноманітні послуги щодо збору, перевезення, сортування відходів, тобто переведення їх до стану вторинних матеріальних ресурсів (ВМР) та відділення небезпечних відходів. До цього рівня кластеру належать також підприємства, які використовують одержані ВМР в якості сировини для виготовлення цільової продукції, та підприємства, на яких відбувається знищення/знешкодження небезпечного потоку відходів, вилучених з ТПВ. Сформовані на цьому рівні кластера матеріальні потоки залучаються до сфери матеріального виробництва в якості сировинних та енергетичних ресурсів, що суттєво зменшує антропогенне навантаження на навколишнє середовище і забезпечує економію у предметної праці та природних ресурсів. Умовами реалізації економічних інтересів учасників кластера, які формують його другий рівень, мають стати наявність доступного обладнання і технологій щодо збору, перевезення та переробки відходів, кваліфікованих кадрів, інноваційних розробок, а також незмінність ринкового попиту на ВМР та вироблену з відходів продукцію. Учасниками другого рівня кластера в Одесі є ТОВ «Союз», КП «Одескомунтранс», ТОВ «Екоренесанс», «Грін-порт», в Херсоні – ТОВ «Херсонавтокомунсервіс», КП «Таврійський», МКП «Гарантія», ПП «Корабел Комфорт» тощо.

Третій рівень кластера поводження з ТПВ – інфраструктурний, який формують організації та установи, що забезпечують діяльність суб'єктів господарювання першого та другого рівнів кластера адміністративними, інформаційними, кадровими, фінансовими та іншими ресурсами, потрібними для їх функціонування, торговельні підприємства по збуту вироблених ВМР і виробленої кінцевої продукції, а також засоби масової інформації, необхідні в процесі формування екологічної свідомості громадян.

Учасниками цього рівня кластера мають бути місцеві адміністрації (з житлово-комунальними господарствами), транспортні установи зі спеціалізованими

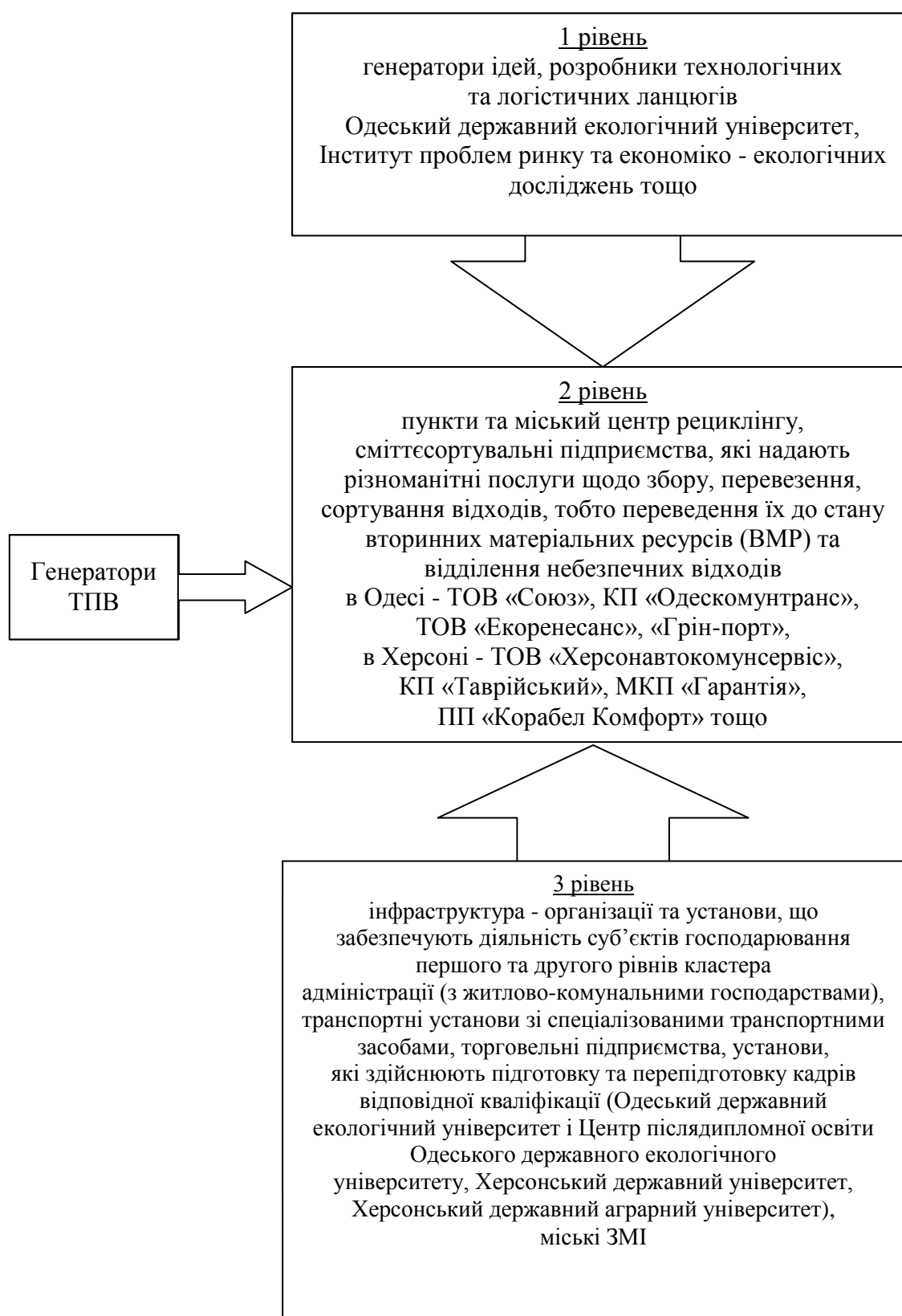


Рис. 2 – Структура кластера у сфері поводження з твердими побутовими відходами для Одеської та Херсонської областей

транспортними засобами, установи, які здійснюють підготовку та перепідготовку кадрів відповідної кваліфікації (Одеський державний екологічний університет і Центр післядипломної освіти Одеського держав-

ного екологічного університету, Херсонський державний університет, Херсонський державний аграрний університет), міські засоби масової інформації.

Висновки

Створення регіонального кластеру «Поводження з твердими муніципальними відходами» дозволяє ефективно вирішити проблему ТПВ шляхом виділення із загального потоку ВМР та їх корисного використання завдяки налагодженій системі взаємодії всіх рівнів, що формують кластер. Як наслідок, можливе зменшення обсягів захоплення ТПВ, соціальної напруги навколо питань відходів та пов'язаних екологічних проблем. Для розробки кластерної галузевої

стратегії регіону щодо сфери поводження з ТПВ слід провести комплексний аналіз, що включає: аналіз сфери в рамках регіону; його інтегральну оцінку методом SWOT-аналізу; оцінку конкурентоспроможності регіону. Це дозволить визначити взаємозв'язок вказаної сфери з іншими галузями регіону і вирішити проблему утворення та накопичення ТПВ з одержанням ліквідної продукції.

Література

1. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2015 рік. URL: <http://blagoustruy.info/statistics/35/show/>
2. Сафранов Т. А., Приходько В. Ю., Шанина Т. П. Проблема розміщення відходів на звалищах та полігонах Одеської області. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Сер. Екологія*. 2016. Вип. 14. С. 83-90
3. Статистика/Відходи. URL: <http://blagoustruy.info/statistics/categories/1/>
4. Екологічний паспорт Одеської області, 2015 рік. URL: <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1/odeska>
5. Екологічний паспорт Херсонської області, 2015 рік. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska_Ekopasport_2015.pdf
6. Непряхина Н. Производителей соединят в кластер для реализации инновационных проектов // Газета «Ъ» Украина. URL: <http://www.kommersant.ru/doc/1019143> (дата обращения 19.06.2017)
7. Концепція створення кластерів в Україні від 29.08.2008 р. (проект) / М-во економіки України. URL: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/printable_article?art_id=121164
8. Кашук И.В. Формирование региональных отраслевых кластеров на основе комплексной модели оценки качества сырья и производственной продукции // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т.317. № 6. С. 51-56.
9. Українські кластери. URL: <http://ucluster.org/>
10. Коценко Е.Ф. Семиног Ю.А. Кластерная политика – важная составляющая региональной политики развития социальных и экономических систем Украины. *Актуальные вопросы экономического развития: теория и практика*: сб. науч. статей / ГГУ им.Ф. Скорини. Гомель, 2014. Выпуск 3. Часть 2. С. 168–170. URL: ir.kneu.edu.ua:8080/bitstream/2010/5824/1/168-170.pdf
11. Инновационное развитие регионов Беларуси и Украины на основе кластерной сетевой формы / под ред. В.П. Соловьева, Т.С. Вертинской, Национальная академия наук Беларуси, Институт экономики. Минск: Беларуская навука, 2015. 391 с.
12. Сафранов Т.А., Губанова О.Р., Шанина Т.П., Приходько В.Ю. Кластерна модель поводження з твердими муніципальними відходами // *Економічний простір*. 2013. № 76. С. 243-259.
13. Коновалова А.Е., Толмачева О.И. Формирование региональных отраслевых кластеров как важнейший этап создания инновационной экономики / IV Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум». 2012. URL: <http://www.rae.ru/forum2012/pdf/2474.pdf>
14. Сафранов Т.А., Губанова Е.Р., Шанина Т.П. Принципы обращения и управления потоками твердых бытовых отходов в Одесской агломерации. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2005. № 1. С. 5-11.
15. Шанина Т.П., Губанова О.Р., Сафранов Т.А. Спосіб утилізації твердих побутових відходів: пат. на корисну модель Україна. № 53606; опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19.

References

1. Stan sfery povodzhennya z pobutovymy vidkhodamy v Ukrayini za 2015 rik. [State of the sphere of domestic waste management in Ukraine for 2015.] Available at: <http://blagoustruy.info/statistics/35/show/> [in Ukrainian].
2. Safranov, T. A., Prykhod'ko, V. Yu., Shanina, T. P. (2016) Problema rozmishchennya vidkhodiv na

- zvalyshchakh ta polihonakh Odes'koyi oblasti [The waste deployment of the rubbish dump and polypons in Odessa oblast]. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series «Ecology», 14, 83-90 [in Ukrainian].
3. Statystyka/Vidkhody. [Statistics / Waste.] Available at: <http://blagoustriy.info/statistics/categories/1/> [in Ukrainian].
 4. Ekolohichnyy pasport Odes'koyi oblasti, 2015 rik. [Ecological passport of the Odessa region, 2015.] Available at: <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1/odeska> [in Ukrainian].
 5. Ekolohichnyy pasport Khersons'koyi oblasti, 2015 rik. [Ecological passport of Kherson region, 2015]. Available at: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska_Ekopasport_2015.pdf [in Ukrainian].
 6. Nepryahina, N. (2017). Proizvoditelej soedinyat v klaster dlya realizacii innovacionnyh proektov [Producers will join the cluster for the implementation of innovative projects]. Gazeta «Б» Ukraina. Available at: <http://www.kommersant.ru/doc/1019143> (data obrashcheniya 19.06.2017) [in Russian].
 7. Kontsepsiya stvorenniya klasteriv v Ukrayini (proekt). (2008). [The concept of the creation of clusters in Ukraine dated August 29, 2008 (draft)]M-vo ekonomiky Ukrayiny. Available at: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/printable_article?art_id=121164 [in Ukrainian].
 8. Kashchuk, I.V. (2010). Formirovanie regional'nyh otraslevykh klasterov na osnove kompleksnoj modeli ocenki kachestva syr'ya i proizvodstvennoj produkcii [Formation of regional industrial clusters on the basis of an integrated model for assessing the quality of raw materials and industrial products]. Izvestiya Tomsk Polytechnic University, 317(6), 51-56 [in Russian].
 9. Ukrayins'ki klastery. [Ukrainian clusters.] Available at: <http://ucluster.org/> [in Ukrainian].
 10. Kocenko, E.F. Seminog, YU.A. (2014). Klaster'naya politika – vazhnaya sostavlyayushchaya regional'noj politikiv razvitii social'nyh i ehkonomicheskikh sistem Ukrainy [Cluster policy is an important component of the regional policy in the development of social and economic systems of Ukraine]. Topical issues of economic development: theory and practice: coll. sci. articles, Francisk Skorina Gomel State University. Gomel, 3(2), 168–170. Available at: ir.kneu.edu.ua:8080/bitstream/2010/5824/1/168-170.pdf [in Russian].
 11. Solov'ev, V.P. Vertinskaja T.S. (2015). Innovacionnoe razvitie regionov Belarusi i Ukrainy na osnove klaster'noj setevoy formy [Innovative development of the regions of Belarus and Ukraine on the basis of a clustered network form]. National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Economics. Minsk: Belaruskaya Navuka, 391 [in Russian].
 12. Safranov, T.A., Hubanova, O.R., Shanina, T.P., Prykhod'ko, V.Yu.(2013). Klaster'na model' povodzhennya z tverdymy munitsypal'nymy vidkhodamy [Cluster model of management of solid municipal waste]. Economical space: a collection of scientific works, 76, 243-259 [in Ukrainian].
 13. Konovalova, A.E., Tolmacheva, O.I. (2012). Formirovanie regional'nyh otraslevykh klasterov kak vazhnejshij etap sozdaniya innovacionnoj ehkonomiki [Formation of regional industrial clusters as the most important stage in the creation of an innovative economy]. IV International Student Electronic Scientific Conference "Student Scientific Forum". Available at: <http://www.rae.ru/forum2012/pdf/2474.pdf> [in Russian].
 14. Safranov, T.A., Gubanova, E.R., Shanina, T.P. (2005). Principy obrashcheniya i upravleniya potokami tverdyyh bytovyyh othodov v Odesskoj aglomeracii [Principles of circulation and management of solid domestic waste streams in the Odessa agglomeration]. Bulletin of Odessa State Environmental University, 1, 5-11 [in Russian].
 15. Shanina, T.P., Hubanova, O.R., Safranov, T.A. (11.10.2010). Method of utilization of solid household waste: Patent of Ukraine for useful model. No. 53606; published 10.11.2010, No. 19/ [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 21.06.2017

АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

УДК 504.064.4

Т. А. САФРАНОВ, д-р. геол.-мін. наук, проф., **Т. П. ШАНИНА** канд. хім. наук, доц.,

В. Ю. ПРИХОДЬКО, канд. геогр. наук, доц., **О. А. ФІЛАТОВА**

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

e-mail: safranov@ukr.net, tatyana.shanina@gmail.com, vks26@ua.fm

КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

Мета. Обґрунтування структури кластера у сфері поводження з твердими побутовими відходами для окремих регіонів України. **Результати.** Розроблена структура кластера у сфері поводження з твердими побутовими відходами для Одеської та Херсонської областей України, який представлений трьома рівнями. **Висновки.** Кластеризація є засобом комплексного вирішення проблеми поводження з твердими побутовими відходами. Розроблена структура кластера у сфері поводження з твердими побутовими відходами для окремих регіонів України дозволяє визначити взаємозв'язок вказаної сфери з іншими галузями в економіці регіонів і вирішити проблему утворення та накопичення твердих побутових відходів з одержанням вторинних матеріальних ресурсів.

Ключові слова: тверді побутові відходи, поводження з відходами, кластери

Safranov T. A., Shanina T. P., Prykhodko V. Y., Filatova A. A.

Odessa State Environmental University

THE CLUSTERING AS A NECESSARY CONDITION TO SOLVE THE PROBLEM OF MUNICIPAL SOLID WASTE TREATMENT

The problem of dealing with solid household waste (SHW) is the most urgent component of ensuring national security for Ukraine, since the amount of accumulated waste is considered as one of the factors of a progressive ecological and economic crisis. In the face of growing shortages of raw materials, the effective management of solid waste becomes one of the most important areas of resource conservation. The problem of solid waste is relevant to the southern regions of Ukraine, because the volumes of waste accumulated in the region are considered as one of the factors of progressive ecological stress and reduction of recreational potential. **Purpose.** Justification of cluster structure in the sphere of municipal solid waste treatment for certain regions of Ukraine. **Results.** The cluster structure in the sphere of municipal solid waste treatment in Odessa and Kherson regions is developed. The cluster structure is represented by three levels: developers of technological and logistic chains; points and the city recycling center, waste sorting enterprises; organizations and institutions that provide business entities first and second levels. **Conclusions.** The clustering is way of a complex solution of the municipal solid waste treatment problem. The developed structure of the cluster in the sphere of municipal solid waste treatment for certain regions of Ukraine allows to define interrelation of the specified sphere with other branches of regional economy and to solve a problem of generation and accumulation of municipal solid waste with secondary material resources receiving.

Key words: municipal solid waste, waste treatment, cluster

Сафранов Т. А., Шанина Т. П., Приходько В. Ю., Філатова А. А.

Одесский государственный экологический университет

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

Цель. Обоснование структуры кластера в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами для отдельных регионов Украины. **Результаты.** Разработана структура кластера в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами для Одесской и Херсонской областей Украины. **Выводы.** Кластеризация является способом комплексного решения проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами. Разработанная структура кластера в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами для отдельных регионов

України дозволяє визначити взаємозв'язок вказаної сфери з іншими галузями економіки регіонів і вирішити проблему утворення та накопичення твердих побутових відходів з використанням вторинних матеріальних ресурсів.

Ключові слова: тверді побутові відходи, управління відходами, кластери

Вступ

Проблема поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) є найбільш актуальною складовою забезпечення національної безпеки для України, оскільки обсяги накопичених відходів розглядаються як один із чинників прогресуючої еколого-економічної кризи. Середньорічна маса відходів, що утворюються в Україні, у 2,1 рази перевищує аналогічний показник для країн ЄС. Майже весь обсяг ТПВ (утилізується лише 6%) захоронюється на полігонах і сміттєзвалищах, яких налічується майже 6 тис., з них 16% є перевантаженими, а 24% не відповідають нормам екологічної безпеки [1]. Вкрай незадовільно проводиться робота по санації існуючих сміттєзвалищ та їх рекультивациі. Переважна кількість існуючих полігонів були створені у 80-х роках ХХ ст. та розраховані на 15-20 років експлуатації, отже, значною мірою вичерпали свій ресурс. За таких умов місця захоронення ТПВ стають потужним джерелом техногенного навантаження на довкілля. Через протидію з боку населення, природоохоронних, громадських організацій та за відсутності у місцевих органах влади практики надання гарантій та компенсацій, виділення земельних ділянок під будівництво нових полігонів ТПВ стає дедалі складнішою проблемою. В більшості сіл, сільськогосподарських товариствах взагалі відсутні будь-які організовані місця складування відходів. В таких випадках наслідок очевидний – стихійні звалища, які безумовно негативно впливають на стан довкілля.

Методи поводження з ТПВ в Україні,

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В Україні за 2015 р. (без урахування даних АР Крим та м. Севастополь) утворилось близько 48 млн. м³ побутових відходів, або близько 10 млн. т, які захоронені на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 9 тис. га. Понад 77% населення України охоплено послугами з вивезення ТПВ. Найгірший показник – у Черкаській області, який складає 62%. Завдяки впровадженню в 398 населених пунктах

які використовуються, не відповідають загальноприйнятим світовим стандартам. Сучасні технології сортування та переробки ТПВ практично відсутні. Через відсутність системи управління стихійним і неорганізованим ринком послуг, а також у погоні за прибутками, організації, що займаються перевезенням ТПВ, не зупиняються навіть перед порушенням природоохоронного законодавства. В багатьох випадках відходи з великих міст вивозяться на полігони малих міст та селищ, що створює додаткове навантаження на навколишнє середовище цих населених пунктів.

Поряд із проблемами забруднення довкілля, останнім часом набули актуальності питання оцінки ресурсного потенціалу ТПВ. Зокрема, це стосується вкрай недостатнього використання побутових відходів як джерела вторинної сировини та в енергетичних цілях, а також використання біогазу, який утворюється на полігонах великих міст в рамках Кіотського протоколу. В умовах зростаючого дефіциту сировинних ресурсів ефективно поводження з ТПВ стає одним із найважливіших напрямків ресурсозбереження. Комплексне використання ТПВ з одержанням корисних продуктів здатне забезпечити реалізацію стратегії природоохоронного регулювання в умовах ринкових трансформацій. Проблема ТПВ є актуальною для південних областей України, тому що обсяги накопичених у регіоні відходів розглядаються як один із факторів прогресуючої екологічної напруги та зниження рекреаційного потенціалу.

роздільного збирання ТПВ, роботі 20 сміттєсортувальних ліній, 1 сміттєспалювального заводу і 3 сміттєспалювальних установок перероблено та утилізовано близько 5,93% ТПВ, з них: 2,73% спалено, а 3,2% побутових відходів потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні заводи. Кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 967 од. (16%), а 1459 од. (24%) не відповідають нормам

екологічної безпеки. Неналежним чином проводиться робота з паспортизації та рекультивациі сміттєзвалищ. З 2291 сміттєзвалища, які потребують паспортизації, у 2015 р. фактично паспортизовано 446 од. (потребує паспортизації 31 % сміттєзвалищ від їх загальної кількості). З 593 сміттєзвалищ, які потребують рекультивациі, фактично рекультивовано 37 од. (9% потребує рекультивациі). Потреба у будівництві нових полігонів складає понад 524 одиниці. Через неналежну систему поводження з ТПВ в населених пунктах, особливо у приватному секторі, щорічно виявляється близько 28 тис. несанкціонованих звалищ, що займають площу понад 1 тис. га, з них у 2015 р. ліквідовано майже 27 тис. несанкціонованих звалищ площею 0,9 тис. га.

У 2015 р. 1125 організацій надавали послуги у сфері санітарної очистки, в тому числі 279 – приватної власності (25%). Чисельність працюючих у сфері поводження з побутовими відходами складає понад 15 тис. осіб. Загальна кількість спеціально обладнаних транспортних засобів – понад 3,4 тис. одиниць. Середній показник зношеності спецавтотранспорту у 2015 р. складає 67% [1].

Порівняльна характеристика Одеської, Миколаївської та Херсонської областей по показниках відходоутворення представлена у роботі [2]. Одеська область є найбільшим утворювачем ТПВ серед південно-західних областей України, а в Херсонській області ТПВ утворюється дещо менше.

Загальна кількість полігонів та звалищ на території Одеської області складає 543 одиниці загальною площею 1141,22 га, з них перевантажених – 32 одиниці площею 49,63 га, не відповідають нормам безпеки – 79 одиниць площею 334,43 га. Закритих полігонів та звалищ, які не діють, – 4 загальною площею 9,5 га. Одеська область потребує створення 27 нових полігонів загальною площею 148,48 га. Послугами збирання ТПВ охоплено 70% населення [3]. Заготівельні пункти вторинної сировини, сміттєпереробні підприємства, ділянки компостування та сміттєспалювальні заводи в області відсутні, хоча на території Одеської області зареєстровано 185 суб'єктів підприємницької діяльності, що здійснюють збирання, заготівлю відходів як вторинної сировини [4]. На полігонах та звалищах накопиче-

но 10452007 м³ (2613002 т) ТПВ. У 2015 р. в Одеській області зібрано та перевезено на полігони 4800192 м³ (1200048 т) ТПВ, у тому числі: комунальними підприємствами – 1,617, з часткою комунальної власності – 0,003, приватними – 3,18 млн. м³. У сфері поводження з ТПВ працюють 64 підприємства із загальною кількістю працюючих 763 людини, з яких комунальними є 50 підприємств (662 працюючих), 14 – є приватними зі 101 працюючим. У сфері поводження з ТПВ задіяно 109 сміттєвозів, з яких на комунальних підприємствах – 76, на підприємствах з часткою комунальної власності – 1, на приватних підприємствах – 32. Зношеність спецавтотранспорту – 74 %. Паспортизації потребують 144 полігона та звалища. Протягом 2015 року паспортизовано 55 місць депонування ТПВ. Рекультивациі потребують 46 полігонів та звалищ, за той же період рекультивовані 24 одиниці. Санації потребують 9 полігонів та звалищ, протягом 2015 р. санована 1 одиниця. На території Одеської області виявлено 1183 несанкціонованих сміттєзвалища площею 36,61 га з орієнтовним обсягом ТПВ 0,1159 млн.м³. Всі вони ліквідовані протягом 2015 р.

Загальна кількість полігонів та звалищ на території Херсонської області складає 120 одиниць загальною площею 234 га, з них перевантажених – 1 одиниця площею 30,8 га. Закритих полігонів та звалищ, які не діють, – 4 загальною площею 9,5 га. Існує необхідність у будівництві 21 нового полігону загальною площею 75 га. Послугами збирання ТПВ охоплено 75% населення [3]. На території області зареєстровано 9 суб'єктів підприємницької діяльності, що здійснюють збирання, заготівлю відходів як вторинної сировини. Заготівельними пунктами заготовлено 10,394 т вторинної сировини [5]. На полігонах та звалищах накопичено 24541928 м³ (7362071 т) ТПВ. У 2015 році в Херсонській області зібрано та перевезено на полігони 773947,9 м³ (232190,394 т) ТПВ, у тому числі комунальними підприємствами – 0,24, приватними – 0,55 млн. м³. У сфері поводження з ТПВ працюють 44 підприємства з загальною кількістю працюючих 720 осіб, з яких комунальними є 28 підприємств (470 працюючих), 16 – є приватними з 250 працюючими. У сфері поводження з ТПВ задіяно 123 сміттєвоза, з яких на комунальних підприємствах – 91, на приватних підпри-

ємствах – 32. Зношеність спецавтотранспорту – 73 %. Паспортизації потребують 78 полігонів та звалищ. На протязі 2015 року паспортизовано 2 місця депонування ТПВ. Рекультиватії потребують 3 полігона та звалища, протягом 2015 року жодного місця депонування відходів не рекультивовано. На території області виявлено 430 несанкціонованих сміттєзвалищ площею 0,9 га з орієнтовним обсягом ТПВ 0,002 млн.м³. Всі вони ліквідовані протягом 2015 р.

Отже, суб'єкти підприємницької діяльності, які розташовані на території Одеської і Херсонської областей та повинні здійснювати збирання, заготівлю відходів як вторинної сировини, не виконують свого призначення.

В даний час багато країн ЄС (Нідерланди, Данія, Австрія, Італія, Угорщина, Швейцарія, Німеччина) широко використовують принцип кластеризації. Прийнята «Концепція створення кластерів в Україні», згідно з якою виділено 4 типи кластерів: виробничий, інноваційно-технологічний, туристичний і транс-

портно-логістичний [6, 7]. На основі світового досвіду кластери стають новою формою економічного розвитку регіонів. Безперечно те, що кластерний підхід може використовуватися при виборі пріоритетних напрямків розвитку окремих галузей регіону. Взаємозв'язок галузі з іншими галузями дозволить сформувати регіональні і міжрегіональні кластери. Регіональним або міжрегіональним кластером є група взаємопов'язаних підприємств, профілюючих і додаткових галузей (споживачів, постачальників відповідного обладнання і т. д.), які характеризуються загальними потребами і реалізують спільний процес виробництва.

Виробничий галузевий кластер – це поєднання підприємств основного виробництва з підприємствами по виробництву: сировини і матеріалів; основного і допоміжного обладнання; надання послуг із транспортування, складування і збереження; сервісних послуг в сферах дослідження ринку, підготовки кваліфікованих кадрів. Кластеризація може стати основою розвитку галузі



Рис. 1 – Взаємозв'язок та інтереси учасників кластеру

регіону, тому що дозволить розвиватися іншим галузям і безлічі спеціалізованих підприємств малого і середнього бізнесу [8-12].

Кожний учасник кластеру переслідує

Результати дослідження

При виконанні роботи використані опубліковані дані, а також матеріали власних досліджень, присвячених кластерним моделям поводження з ТПВ. Принцип диференціації потоків ТПВ, покладений в основу концепції управління та поводження з ТПВ, є ключовим при формуванні структури кластера поводження з ТПВ.

На нашу думку, кардинально змінити ситуацію у сфері поводження з ТПВ можливо за допомогою кластерного підходу. Принцип диференціації потоків ТПВ, покладений в основу концепції управління та поводження з ТПВ міських агломерацій [14], являється ключовим і при формуванні структури кластера поводження з ТПВ.

Кластер «Поводження з ТПВ» можна визначити як регіональну просторово-організовану сукупність промислово-виробничих суб'єктів і пов'язаних з ними комерційних і некомерційних організацій, цільова функція якої спрямована на досягнення і підтримку конкурентоспроможності території в умовах раціонального використання вторинних матеріально-енергетичних ресурсів, вилучених з ТПВ з метою повторного включення у господарський обіг та, як наслідок, забезпечення екологічно безпечного середовища існування.

Основний принцип формування кластера підприємств по переробці відходів – принцип спільності процесів утворення відходів з матеріальних ресурсів і спільності регіональної законодавчої бази, що регламентує поводження з відходами. Таким чином, усі суб'єкти господарювання в межах територіально-адміністративної одиниці знаходяться в рівних умовах для здійснення своєї діяльності.

Кластер «Поводження з ТПВ» вважається конкурентоспроможним, якщо він здатен: 1) забезпечувати високу якість міського довкілля; 2) ефективно виробляти та з прибутком реалізовувати на внутрішньому і зовнішніх ринках альтернативний енергоносії, продукцію, виготовлену з використанням вторинних матеріальних ресурсів та послуги житлово-комунального призначен-

ня, якість яких відповідає сучасним загальноосвітнім стандартам; 3) має в розпорядженні розвинений людський капітал та інноваційний потенціал, що дозволяє результативно впроваджувати в системи виробництва та управління новітні досягнення науково-технічного прогресу, технологічні та організаційні нововведення; 4) відрізняється раціональним та диверсифікованим використанням ресурсної бази; 5) забезпечує стійкий соціально-економічний розвиток, безпеку та високу якість життя населення міських територій; 6) має базу підготовки кадрів відповідних кваліфікацій.

При створенні кластеру «Поводження з твердими муніципальними відходами» доцільно керуватися такими принципами.

1. Ресурсний принцип формування кластера. Відходи розглядаються як сировинні елементи кластера. При цьому основним завданням на регіональному рівні стає визначення обсягу ресурсної бази кластера відходів.

2. Принцип регіонального районування з урахуванням природно-ресурсного потенціалу (природно-кліматичні умови, первинна ресурсна база регіону, адміністративно-територіальне районування, структура житлового фонду).

3. Принцип керівної ролі уряду регіону у формуванні екологічної політики по управлінню відходами. Завдання: визначення довгострокової перспективи в рамках регіональних цільових програм для вкладення інвестицій з боку державного і приватного секторів економіки. Розробка нормативної правової бази. Складання схем територіального планування.

Структуру рівнів інноваційного кластера підприємств по переробці відходів можна представити таким чином:

1 рівень. Ядро кластера утворюють інноваційні центри, дослідницькі і випробувальні центри, створені як при наукових організаціях, ВНЗ, підприємствах, так і незалежні, консалтингові агентства та ін. Це організації, які виконують різні види науково-дослідних і конструкторських робіт із

створення технологій, логістичних схем по ефективності використання відходів в якості вторинних ресурсів.

2 рівень. Мережа споживачів інноваційних розробок у сфері поводження з відходами: організації і підприємства, які надають різного роду послуги у сфері поводження з відходами, проводять роботи по збиранню, сортуванню, транспортуванню відходів і переробці вторинної сировини з утворенням корисного продукту.

3 рівень. Функціонування і розвиток кластера забезпечує соціально-економічна і інша інфраструктури. До них відносяться: адміністративний ресурс, банківський ресурс, людські ресурси (кадри, персонал по всіх видах діяльності, підготовка фахівців необхідної кваліфікації); фізична і технологічна інфраструктури (транспортна інфраструктура, дорожні мережі, комунікації і устаткування та ін.).

Інноваційний потенціал кластера в основному визначається функціонуванням у кластері наступних учасників: науково-дослідних інститутів; ВНЗ; інноваційних, інжинірингових центрів і центрів якості; підприємств, що втілюють інновації та ін.

Визначальним в організації кластера підприємств по переробці відходів є формування промислово-фінансової інфраструктури, що забезпечує впровадження інноваційних, економічно і екологічно ефективних технологій у сфері вторинного використання відходів.

Для розробки і правового супроводу інноваційних технологій в кластер необхідно залучити регіональну владу, науково-дослідні інститути, конструкторські бюро, ВНЗ. Реалізацію інновацій здійснюватимуть проектні інститути, підприємства-виробники устаткування, підприємства-замовники інноваційних технологій. Для фінансування реалізації інновацій в кластер необхідно залучити банки, кредитні організації, венчурні фонди.

Нами розроблена структура кластера у сфері поводження з ТПВ для Одеської та Херсонської областей (рис. 2).

До першого рівня відносяться вищі навчальні заклади, на базі яких виконують дослідницькі роботи, розробляють технологічні та логістичні ланцюги в сфері поводження з ТПВ та їх компонентами, оцінюють ефективність втілених розробок, на-

приклад, Одеський державний екологічний університет, Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень тощо.

Другий рівень кластера поводження з ТПВ складають пункти та міський центр рециклінгу [15], сміттесортувальні підприємства, які надають різноманітні послуги щодо збору, перевезення, сортування відходів, тобто переведення їх до стану вторинних матеріальних ресурсів (ВМР) та відділення небезпечних відходів. До цього рівня кластеру належать також підприємства, які використовують одержані ВМР в якості сировини для виготовлення цільової продукції, та підприємства, на яких відбувається знищення/знешкодження небезпечного потоку відходів, вилучених з ТПВ. Сформовані на цьому рівні кластера матеріальні потоки залучаються до сфери матеріального виробництва в якості сировинних та енергетичних ресурсів, що суттєво зменшує антропогенне навантаження на навколишнє середовище і забезпечує економію у предметної праці та природних ресурсів. Умовами реалізації економічних інтересів учасників кластера, які формують його другий рівень, мають стати наявність доступного обладнання і технологій щодо збору, перевезення та переробки відходів, кваліфікованих кадрів, інноваційних розробок, а також незмінність ринкового попиту на ВМР та вироблену з відходів продукцію. Учасниками другого рівня кластера в Одесі є ТОВ «Союз», КП «Одескомунтранс», ТОВ «Екоренесанс», «Грін-порт», в Херсоні – ТОВ «Херсонавтокомунсервіс», КП «Таврійський», МКП «Гарантія», ПП «Корабел Комфорт» тощо.

Третій рівень кластера поводження з ТПВ – інфраструктурний, який формують організації та установи, що забезпечують діяльність суб'єктів господарювання першого та другого рівнів кластера адміністративними, інформаційними, кадровими, фінансовими та іншими ресурсами, потрібними для їх функціонування, торговельні підприємства по збуту вироблених ВМР і виробленої кінцевої продукції, а також засоби масової інформації, необхідні в процесі формування екологічної свідомості громадян.

Учасниками цього рівня кластера мають бути місцеві адміністрації (з житлово-комунальними господарствами), транспортні установи зі спеціалізованими

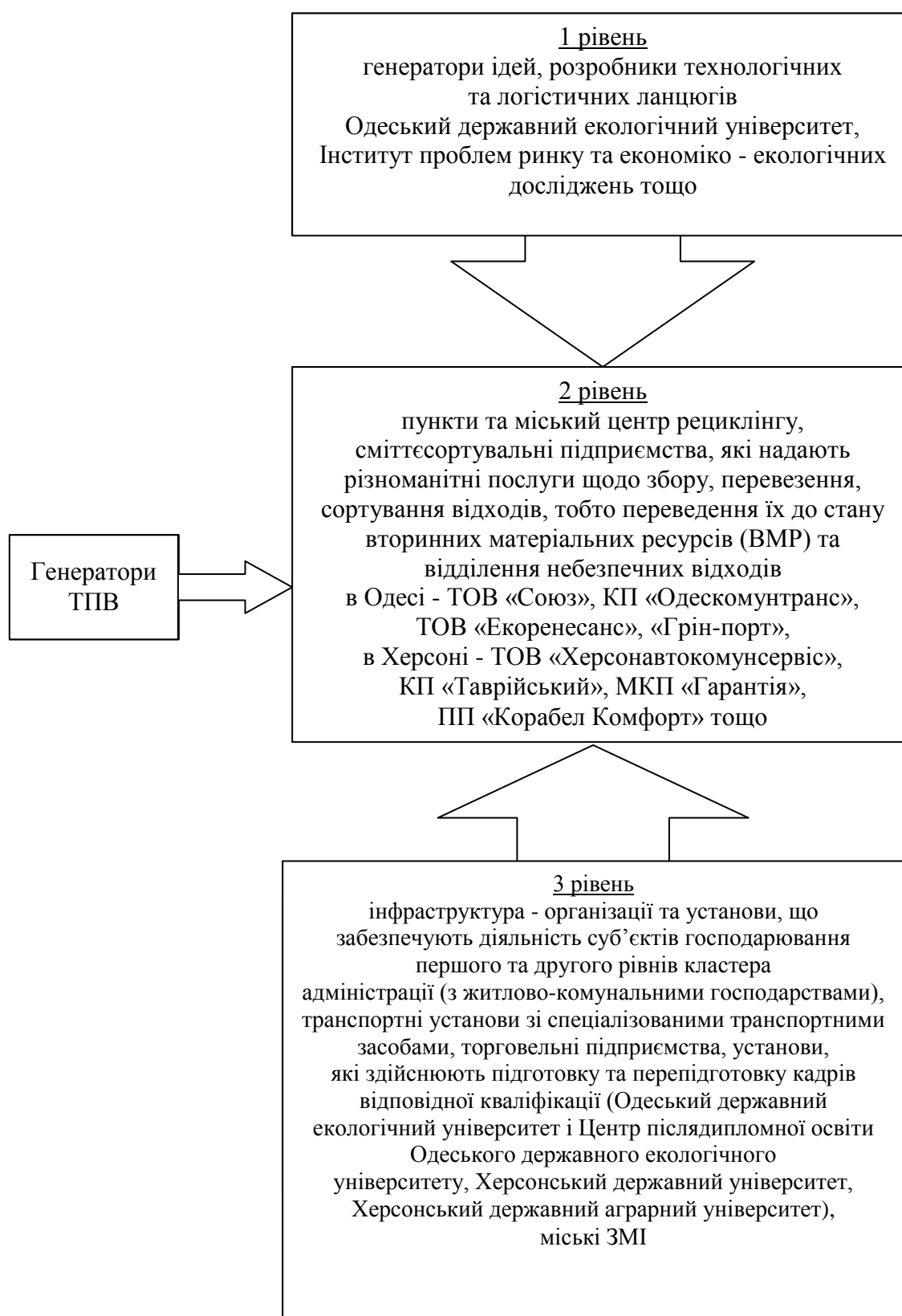


Рис. 2 – Структура кластера у сфері поводження з твердими побутовими відходами для Одеської та Херсонської областей

транспортними засобами, установи, які здійснюють підготовку та перепідготовку кадрів відповідної кваліфікації (Одеський державний екологічний університет і Центр післядипломної освіти Одеського держав-

ного екологічного університету, Херсонський державний університет, Херсонський державний аграрний університет), міські засоби масової інформації.

Висновки

Створення регіонального кластеру «Поводження з твердими муніципальними відходами» дозволяє ефективно вирішити проблему ТПВ шляхом виділення із загального потоку ВМР та їх корисного використання завдяки налагодженій системі взаємодії всіх рівнів, що формують кластер. Як наслідок, можливе зменшення обсягів захоронених ТПВ, соціальної напруги навколо питань відходів та пов'язаних екологічних проблем. Для розробки кластерної галузевої

стратегії регіону щодо сфери поводження з ТПВ слід провести комплексний аналіз, що включає: аналіз сфери в рамках регіону; його інтегральну оцінку методом SWOT-аналізу; оцінку конкурентоспроможності регіону. Це дозволить визначити взаємозв'язок вказаної сфери з іншими галузями регіону і вирішити проблему утворення та накопичення ТПВ з одержанням ліквідної продукції.

Література

1. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2015 рік. URL: <http://blagoustriy.info/statistics/35/show/>
2. Сафранов Т. А., Приходько В. Ю., Шанина Т. П. Проблема розміщення відходів на звалищах та полігонах Одеської області. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Сер. Екологія*. 2016. Вип. 14. С. 83-90
3. Статистика/Відходи. URL: <http://blagoustriy.info/statistics/categories/1/>
4. Екологічний паспорт Одеської області, 2015 рік. URL: <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1/odeska>
5. Екологічний паспорт Херсонської області, 2015 рік. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska_Ekopasport_2015.pdf
6. Непряхина Н. Производителей соединят в кластер для реализации инновационных проектов // Газета «Ъ» Украина. URL: <http://www.kommersant.ru/doc/1019143> (дата обращения 19.06.2017)
7. Концепція створення кластерів в Україні від 29.08.2008 р. (проект) / М-во економіки України. URL: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/printable_article?art_id=121164
8. Кашук И.В. Формирование региональных отраслевых кластеров на основе комплексной модели оценки качества сырья и производственной продукции // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т.317. № 6. С. 51-56.
9. Українські кластери. URL: <http://ucluster.org/>
10. Коценко Е.Ф. Семиног Ю.А. Кластерная политика – важная составляющая региональной политики развития социальных и экономических систем Украины. *Актуальные вопросы экономического развития: теория и практика*: сб. науч. статей / ГГУ им.Ф. Скорини. Гомель, 2014. Выпуск 3. Часть 2. С. 168–170. URL: ir.kneu.edu.ua:8080/bitstream/2010/5824/1/168-170.pdf
11. Инновационное развитие регионов Беларуси и Украины на основе кластерной сетевой формы / под ред. В.П. Соловьева, Т.С. Вертинской, Национальная академия наук Беларуси, Институт экономики. Минск: Беларуская навука, 2015. 391 с.
12. Сафранов Т.А., Губанова О.Р., Шанина Т.П., Приходько В.Ю. Кластерна модель поводження з твердими муніципальними відходами // *Економічний простір*. 2013. № 76. С. 243-259.
13. Коновалова А.Е., Толмачева О.И. Формирование региональных отраслевых кластеров как важнейший этап создания инновационной экономики / IV Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум». 2012. URL: <http://www.rae.ru/forum2012/pdf/2474.pdf>
14. Сафранов Т.А., Губанова Е.Р., Шанина Т.П. Принципы обращения и управления потоками твердых бытовых отходов в Одесской агломерации. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2005. № 1. С. 5-11.
15. Шанина Т.П., Губанова О.Р., Сафранов Т.А. Спосіб утилізації твердих побутових відходів: пат. на корисну модель Україна. № 53606; опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19.

References

1. Stan sfery povodzhennya z pobutovymy vidkhodamy v Ukrayini za 2015 rik. [State of the sphere of domestic waste management in Ukraine for 2015.] Available at: <http://blagoustriy.info/statistics/35/show/> [in Ukrainian].
2. Safranov, T. A., Prykhod'ko, V. Yu., Shanina, T. P. (2016) Problema rozmishchennya vidkhodiv na

- zvalyshchakh ta polihonakh Odes'koyi oblasti [The waste deployment of the rubbish dump and polypons in Odessa oblast]. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series «Ecology», 14, 83-90 [in Ukrainian].
3. Statystyka/Vidkhody. [Statistics / Waste.] Available at: <http://blagoustriy.info/statistics/categories/1/> [in Ukrainian].
 4. Ekolohichnyy pasport Odes'koyi oblasti, 2015 rik. [Ecological passport of the Odessa region, 2015.] Available at: <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1/odeska> [in Ukrainian].
 5. Ekolohichnyy pasport Khersons'koyi oblasti, 2015 rik. [Ecological passport of Kherson region, 2015]. Available at: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska_Ekopasport_2015.pdf [in Ukrainian].
 6. Nepryahina, N. (2017). Proizvoditelej soedinyat v klaster dlya realizacii innovacionnyh proektov [Producers will join the cluster for the implementation of innovative projects]. Gazeta «Б» Ukraina. Available at: <http://www.kommersant.ru/doc/1019143> (data obrashcheniya 19.06.2017) [in Russian].
 7. Kontsepsiya stvorenniya klasteriv v Ukrayini (proekt). (2008). [The concept of the creation of clusters in Ukraine dated August 29, 2008 (draft)]M-vo ekonomiky Ukrayiny. Available at: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/printable_article?art_id=121164 [in Ukrainian].
 8. Kashchuk, I.V. (2010). Formirovanie regional'nyh otraslevykh klasterov na osnove kompleksnoj modeli ocenki kachestva syr'ya i proizvodstvennoj produkcii [Formation of regional industrial clusters on the basis of an integrated model for assessing the quality of raw materials and industrial products]. Izvestiya Tomsk Polytechnic University, 317(6), 51-56 [in Russian].
 9. Ukrayins'ki klastery. [Ukrainian clusters.] Available at: <http://ucluster.org/> [in Ukrainian].
 10. Kocenko, E.F. Seminog, YU.A. (2014). Klaster'naya politika – vazhnaya sostavlyayushchaya regional'noj politikiv razvitii social'nyh i ehkonomicheskikh sistem Ukrainy [Cluster policy is an important component of the regional policy in the development of social and economic systems of Ukraine]. Topical issues of economic development: theory and practice: coll. sci. articles, Francisk Skorina Gomel State University. Gomel, 3(2), 168–170. Available at: ir.kneu.edu.ua:8080/bitstream/2010/5824/1/168-170.pdf [in Russian].
 11. Solov'ev, V.P. Vertinskaja T.S. (2015). Innovacionnoe razvitie regionov Belarusi i Ukrainy na osnove klaster'noj setevoy formy [Innovative development of the regions of Belarus and Ukraine on the basis of a clustered network form]. National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Economics. Minsk: Belaruskaya Navuka, 391 [in Russian].
 12. Safranov, T.A., Hubanova, O.R., Shanina, T.P., Prykhod'ko, V.Yu.(2013). Klaster'na model' povodzhennya z tverdymy munitsypal'nymy vidkhodamy [Cluster model of management of solid municipal waste]. Economical space: a collection of scientific works, 76, 243-259 [in Ukrainian].
 13. Konovalova, A.E., Tolmacheva, O.I. (2012). Formirovanie regional'nyh otraslevykh klasterov kak vazhnejshij etap sozdaniya innovacionnoj ehkonomiki [Formation of regional industrial clusters as the most important stage in the creation of an innovative economy]. IV International Student Electronic Scientific Conference "Student Scientific Forum". Available at: <http://www.rae.ru/forum2012/pdf/2474.pdf> [in Russian].
 14. Safranov, T.A., Gubanova, E.R., Shanina, T.P. (2005). Principy obrashcheniya i upravleniya potokami tverdyyh bytovyyh othodov v Odesskoj aglomeracii [Principles of circulation and management of solid domestic waste streams in the Odessa agglomeration]. Bulletin of Odessa State Environmental University, 1, 5-11 [in Russian].
 15. Shanina, T.P., Hubanova, O.R., Safranov, T.A. (11.10.2010). Method of utilization of solid household waste: Patent of Ukraine for useful model. No. 53606; published 10.11.2010, No. 19/ [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 21.06.2017

UDC 574*502.476

E. MICHAELI¹, prof., V. SOLAR¹, prof., M. IVANOVA¹, docent, J. VILCEK¹, prof.,
A. LISNYAK^{2,3}, docent

¹University of Presov in Presov, faculty of management,
Konštantínova st.15, 080 01 Presov, Slovak Republic

²Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky,
Pushkinska st. 86, Kharkiv, 61024, Ukraine,

³V.N. Karazin Kharkiv National University, ecological faculty, 6 Svobody Sq., 61077, Ukraine
e-mail: anlisnyak@gmail.com

ENVIRONMENTAL DIFFERENCES OF LAND CREATION IN TIME INTERVAL FOR DETERMINATION OF INDUSTRIAL INFLUENCE ON LANDSCAPE

The assessment of the spatial structure the land cover has great significance for the research of landscape especially from the aspect of the maintaining landscape ecological stability and the sustainable development as well as the landscape potential. At the same time it has an important role in identifying of impacts the industry on the landscape. The classes of land cover layers can be considered as the basis for other analyses of landscape. **Purpose:** In the contribution we decided to compare the changes in landscape structure between the years 1958 - 2009 in territory of city Krompachy. **Methods:** field, analytical and mathematical. **Results:** For evaluating changes in the landscape structure we used topographic map from 1958 and orthophotomaps of the actual situation in 2009. The changes in the landscape structure were evaluated through GIS technologies in time horizon 1958 - 2009. Absolute and percentage differences in the land cover classes for the time horizon 1958 - 2009 are expressed by means of contingency tables transformation. The trends in the development classes of land cover are documented by the graph of the land cover classes on the second hierarchical level.

Key words: landscape structure, land cover assessments, landfill waste, Krompachy

Міхаєлі Е.¹, Солар В.¹, Іванова М.¹, Вілчек Й.¹, Лісняк А.^{2,3}

ЕКОЛОГІЧНІ ВІДМІННОСТІ ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРИВУ В ЧАСОВОМУ ІНТЕРВАЛІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ВПЛИВУ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ЛАНДШАФТИ

¹Пряшівський університет у Пряшіві,

²Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації
імені Г. М. Висоцького

³Харьківській національний університет імені В.Н. Каразіна

Оцінка просторової структури рослинного покриття має велике значення для дослідження ландшафту, особливо з точки зору експлуатуючої ландшафтної екологічної стабільності та сталого розвитку, а також ландшафтного потенціалу. У той же час вона грає важливу роль у визначенні впливу промисловості на ландшафт. Класи шарів рослинного покриття можна розглянути як підставу для інших досліджень ландшафту. **Мета:** Порівнюються зміни в ландшафтній структурі між 1958 - 2009 роками на території міста Кромпачі. **Методи:** польовий, аналітичний та математичний. **Результати:** Для оцінки змін в ландшафтній структурі використано топографічну карту 1958 року і ортофотоплани фактичної ситуації 2009 року. При цьому, зміни в ландшафтній структурі були оцінені за допомогою ГІС-технологій в часовому інтервалі 1958 - 2009 рр. Абсолютні і процентні відмінності в класах земельного покриття для часового інтервалу 1958 - 2009 рр. виявлені за допомогою перетворювальних таблиць. Тенденції зміни ґрунтово-рослинного покриття встановлені за допомогою графіка класів рослинного покриття для другого ієрархічного рівня.

Ключові слова: ландшафтна структура, оцінка земельної покриття, звалища, Кромпачі

Міхаєлі Е.¹, Солар В.¹, Іванова М.¹, Вілчек Й.¹, Лісняк А.^{2,3}

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОТЛИЧИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВО ВРЕМЕННОМ ИНТЕРВАЛЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЛАНДШАФТЫ

¹Пряшевский университет в Пряшево, факультет менеджмента

²Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації
імені Г. Н. Висоцького

³Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

Оценка пространственной структуры растительного покрова имеет большое значение для исследования ландшафта, особенно с точки зрения эксплуатирующей ландшафтную экологической стабильности и устойчивого развития, а также ландшафтного потенциала. В то же время она играет важную роль в определении воздействия промышленности на ландшафт. Классы слоёв растительного покрова можно

рассмотреть как основание для других исследований ландшафта. **Цель:** Сравняются изменения в ландшафтной структуре между 1958 - 2009 годами на территории города Кромпачи. **Методы:** полевой, аналитический и математический. **Результаты:** Для оценки изменений в ландшафтной структуре использовано топографическую карту 1958 года и ортофотопланы фактической ситуации 2009 года. При этом, изменения в ландшафтной структуре были оценены с помощью ГИС-технологий во временном интервале 1958 – 2009 гг. Абсолютные и процентные различия в классах земельного покрова для временного интервала 1958 – 2009 гг. выявлены с помощью преобразовательных таблиц. Тенденции изменения почвенно-растительного покрова установлены с помощью графика классов растительного покрова для второго иерархического уровня.

Ключевые слова: ландшафтная структура, оценка земельного покрова, свалки, Кромпачи

Introduction

Today's landscape is the result of long-term human influence on the original natural landscape [16]. Physical states the landscape represent the classes of land cover which reflect of the natural-spatial aspects landscape and today's status of land use [4]. A good indicator for the assessment of the intensity of economic impact on landscape is the changes in the landscape structure. They represent a sequence of different states of physical nature that bind to a certain time horizon [2]. Geographic information systems through the methods multitemporal analysis allow evaluating the changes, dynamics and trends of development of the classes land cover in the landscape and as well the mutual comparison the map layers from different time horizons. The multitemporal analysis reflects the character of these changes and their intensity and direction and therefore has an importance in the study of current landscape [3, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 15, 17].

Researched territory. Studied area is located in the district Spišská Nová Ves on the boundary of two geomorphological units Hornádkakotlina (basin) and Volovskévrchy (mts.). The territory is a genetical, morphological and ecological diversity. The largest part nearly 90% lies in mountain landscape of Volovskévrchy (mts.) and only 10% in landscape of Hornádkakotlina (basin). Geological structure of the area is a varied. From the geological aspects the territory consists of the geologic-tectonic unit of Gemericum (Palaeozoic and upper Palaeozoic) on which lies spišskýpříkrov (nappe) (nappe of Triassic limestone and dolomite, [13]). In these formations are the bearings of siderite, hematite and bearing of uranium ores, as well as gypsum and anhydrite. Hornádkakotlina (basin) is younger and was created in the Tertiary (flysch sequences of Inner Carpathian Palaeogene the complex of rhythmically alternating layers of claystones and sandstones). Varied geological structure is reflected in the relief of the area. Varied geological struc-

ture is reflected in the relief of the area. According Climatic regionalization of the Slovak Republic the territory belong to Cool region, Sub-region C1, which is moderately cool an average temperature in July is 12 - 16° C [12].

River network represents on the northern edge of the territory Hornád(river)andits tributaries. Soil cover is formed mostly of Dystric Cambisol. On the floodplain of Hornád and its tributaries there are Dystric Fluvisols and on uplands of Hornádkakotlina (basin) there are Albic-Dystric Luvisols. Majority part of mountain landscape is forested mainly by a spruce with an admixture a fir. Forests have undergone a significant transformation at the end of 18th century and in first half of the 19th century (ore mining and processing). Hornádkakotlina (basin) is deforested agricultural landscape. Researched territory is negatively influenced by mining activity and processing of especially iron and copper ores. The city Krompachy is old industrial locality and city and its surroundings were polluted many years mining and processing of iron ore and non-ferrous metals and in the last three decades before the year 1993 mainly copper and mercury. The main sources of pollutions were "Kovohuty Krompachy" (metallurgic production) and copper mines in Slovinky. The main elements of pollutions in air, water and soil were heavy metals (mercury, arsenic, lead, cadmium) and sulphur oxides, because the bearing ores are sulphides. In "Kovohuty Krompachy" the chimney of the factory is 200 m high, which allows the extension of emissions of SO₂ and arsenic into the considerable distance. This was reflected in the surrounding of city where they were damaged ecosystems in forests. From the "Kovohuty Krompachy" in the past (to 1993) was emitted into the atmosphere 35 000 tons of emissions per year, which caused permanent damage of the territory [1, 8]. Other forms of threat the landscape structure are the landfills of industrial waste [9, 13].

Material and research methods

Today's landscape structure was identified a vectorization orthophotomaps from year 2009. Layers classes of land cover for year 1958 were acquired of georeferencing and vectorization of military topographic maps of scale 1: 25000. For identify classes of land cover was necessary to adapt in the details legend Corine Land Cover (CLC) which is used for the processing of data layers from whole Slovak territory [4] to take account of the size and specifics of researched area. Therefore we used the legend on the fourth level CLC which was processed for the needs of landscape research in a more detailed scale [3]. In the legend on fourth hierarchical level

are also included some specific land cover classes required for mapping in the model territory, for example discontinuous area with predominantly multi-floor buildings without gardens, the area of landfills of industrial and municipal waste and vegetation alongside watercourses. The digitization of data is often associated with random errors. For this purpose we used software for control of topology in ArcMap application of ArcGIS 10. Evaluation changes we conducted by the layers loaded in software ArcGIS 10. Through a script we calculated of transformation of individual land cover classes in absolute terms.

Results of researches

To changes in the classes of land cover in investigated territory have taken place especially at the end of the 18th century and the first half of the 19th century in context of development of mining and metallurgy. Changes in classes of land cover in the time horizon 1958 – 2009 (Fig. 1, 2, Table 1) were reflected mainly in the classes of forests but from the aspect of generic composition. Compared to the original composition of forests were influenced mainly planting of spruce how fast-growing wood plants. Original beech forests been felled on produce of charcoal and on the stiffener in mines in the past. The beech forests are preserved only on the small areal in the northern part of the territory. In year 1958 had the largest representation coniferous forests but their area was reduced into 2009 by 427.8 ha at the expense of mixed forests. Changes were also in the classes permanent grasslands mainly without scattered trees and shrubs (2.3.1.1). Of them were transformed 119.8 ha on coniferous forests with continuous canopy (3.1.2.1) and were extended also to expense of the natural worth (3.2.4.2) about 107 ha.

Soils of the researched area were contaminated by emissions from industrial manufacturing. In this context some aerals of the arable land (2.1.1.1) about the area of 63.5 ha were designed for grassing and 31.5 ha was transformed into class of the grasslands mostly without scattered trees and shrubs (2.3.1.1). Another significant fact which influenced the overall character of the landscape structure was

the building of the Ski Resort Plejsy (1.4.2.1) about 41.4 ha. In the classes of technicized and urbanized areas (1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.2.1.1, 1.2.2.1, 1.2.2.2) for the 51 years occurred to substantial changes (increased about 40.5 ha). In the city was recorded increase of the built-up area along the watercourses, but also in their background facilities. The most significant increase occurred in the north-western part of cadastral territory of city along of the new road between the city and Ski Resort. On the basis of ore mining and metallurgy were created two new classes of land cover. Landfill the industrial waste and tailing pond. Landfill waste Halňa occurs in the areal Kovohuty Krompachy and is located on the right bank of the Hornád (river) on the northern border of the built-up area. It contains solid waste lead, arsenic, cadmium, sludge from processing manganese, zinc, copper and sulphuric acid and liquid waste of cyanide and municipal waste (estimation of the volume of landfill is 760 000 m³, size 12.6 ha). The tailing pond near Krompachy is in essence water work with the highest dike in the Slovak republic (dike is 114 m high). The tailing pond has 17 ha; volume of sludge is 4.8 million tonnes. It presents the rest after mining of copper ore and is an environmental threat for city Krompachy, located in the south-western part of the cadastral territory of the city in the valley on the slope. All this classes of land cover (wastes) occupy together an area of 29.6 ha (Fig. 1, 2, Table 1).

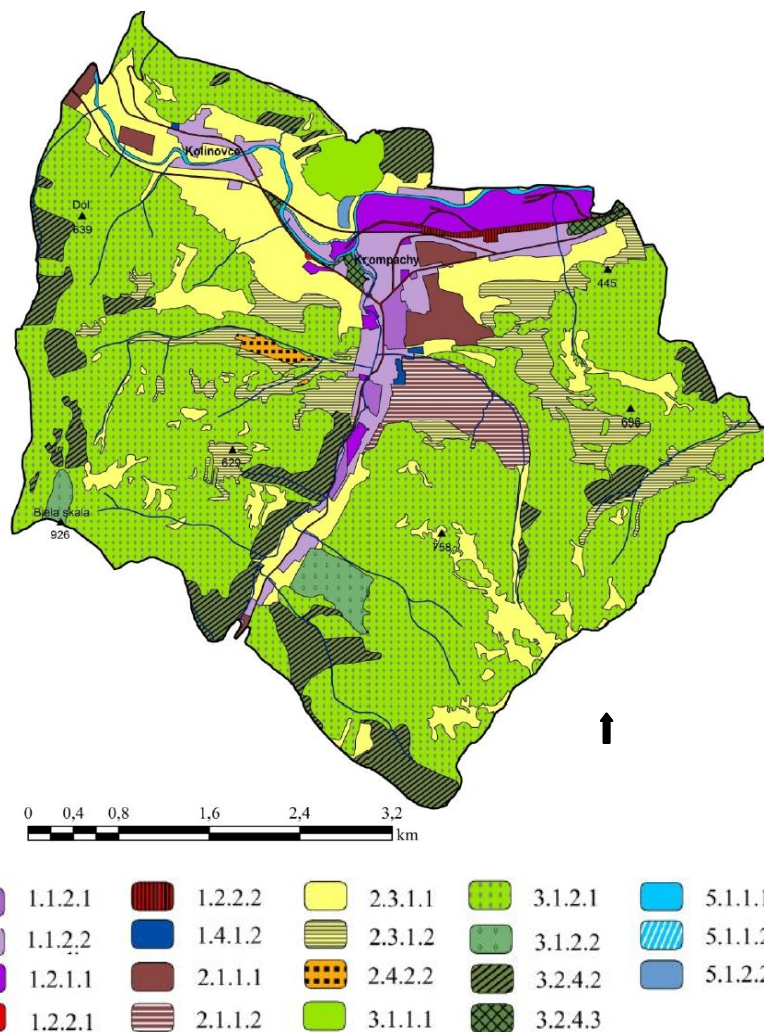


Fig.1 – Land cover in 1958

Table 1

Changes in land cover during the time period 1958-2009 (in ha)

Land cover classes	1.1.2.1	1.1.2.2	1.2.1.1	1.2.2.1	1.2.2.2	1.3.1.2	1.3.2.1	1.4.1.1	1.4.1.2	1.4.2.1	2.1.1.1	2.3.1.1	2.3.1.2	2.4.2.2	3.1.1.1	3.1.1.2	3.1.1.4	3.1.2.1	3.1.3.1	3.2.4.1	3.2.4.3	5.1.1.1	5.1.1.2	5.1.2.1	5.1.2.2	Together
1.1.2.1	16,6	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,7
1.1.2.2	7,2	98,5	2,8	0	0	0	0	2,3	1,0	0	0	2,6	4,1	0,1	0	0	0,5	4,4	0,3	0,2	0,1	1,5	0	0	0	125,5
1.2.1.1	0	0,4	52,3	0	0,8	0	11,3	0	0	0	0	1,1	0,2	0	0	0	0,6	0	0	0	0,3	0,1	0	0	0	67
1.2.2.1	0	0	0	10,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,7
1.2.2.2	0	0	1,7	0	12,7	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,1
1.4.1.2	0	0,2	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8
2.1.1.1	0,9	3,4	3,4	0	0	0	0	0	0	0	3,2	31,5	0	0	0	1,6	0	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	44,7
2.1.1.2	0	17,3	0	0	0	0	0	0	0,6	12,9	0	24,2	0	4,8	0	0	0	6,3	1,1	0,1	0	0	0	0	0	67,2
2.3.1.1	0,4	23,9	3,8	0	0	0	0	0	0,4	19,7	0,8	108,6	72,8	0	6,4	0,7	1,8	119,8	37,3	5,3	0	2,2	0,3	0,1	1,0	405,2
2.3.1.2	1,0	3,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27,6	44,5	12,8	3,2	0	0	51,9	45,6	0	0,3	0	0	0	0	190,3
2.4.2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,3	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	8,6
3.1.1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,2	0	6,8	1,8	5,1	0	0	0	31,9
3.1.2.1	0	1,2	0	0	0	0,7	4,2	0	0	6,6	2,2	4,7	1,4	6,1	0	0	0	1003,5	427,8	13,7	0	0	0	0	0	1472,1
3.1.2.2	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27,3	0,1	0	0	0	0	0	0	36,4
3.2.4.2	0	0,2	0	0	0	0,8	11,8	0	0	2,1	0	0	0,4	0	15,4	0	0	107	67	18,8	5,2	0	0	0	0	228,7
3.2.4.3	0	1,5	1,5	0	0	0	1,2	0	0	0	0	1,1	0	0	0	0	1,1	0	0	0	5,2	0,3	0	0	0	11,9
5.1.1.1	0	1,7	2,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0,4	1,9	0	0	0,1	0	1,8	0	0	0	0,1	8,3	0	0	0	17,4
5.1.1.2	0	0,6	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	1,4
5.1.2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9
Together	26,2	153,7	68,2	10,7	13,5	1,5	29,6	2,3	4,4	41,4	4,3	200,7	134,7	27,3	49,4	2,3	6	1327,7	581,2	43,2	10,9	12,8	0,7	0,2	3,6	2756,5

Explanations: 1.1.2.1 discontinuous built-up area with multi-storey buildings mostly without gardens 1.1.2.2 discontinuous area with family houses mostly with gardens, 1.2.1.1 industrial and commercial areas, 1.2.2.1 road network and adjacent areas, 1.2.2.2 rail network and adjacent areas, 1.3.1.2 quarries 1.3.2.1 areas of landfills 1.4.1.1 parks, 1.4.1.2 cemeteries, 1.4.2.1 areas of sports, 2.1.1.1 arable land largely without scattered (linear and solitary) vegetation, 2.1.1.2 arable land mostly with scattered (linear and solitary) vegetation 2.3.1.1 grasslands mostly without scattered trees and scrubs, 2.3.1.2 grassland with scattered trees and scrubs, 2.4.2.2 mosaic of fields, meadows and permanent crops with scattered houses (cottages) 3.1.1.1 deciduous forests with continuous canopy, 3.1.1.2 deciduous forests with discontinuous canopy, 3.1.1.4 areas of wood vegetation and banks vegetation, 3.1.2.1 coniferous forests with continuous canopy, 3.1.2.2 coniferous forests with discontinuous canopy, 3.1.3.1 mixed forests formed by variety of trees with continuous canopy, 3.2.4.2 natural shrubs 3.1.4.3 scrubs forests, 5.1.1.1 rivers and brooks, 5.1.1.2 channels 5.1.2.1 natural lakes, 5.1.2.2 water bodies

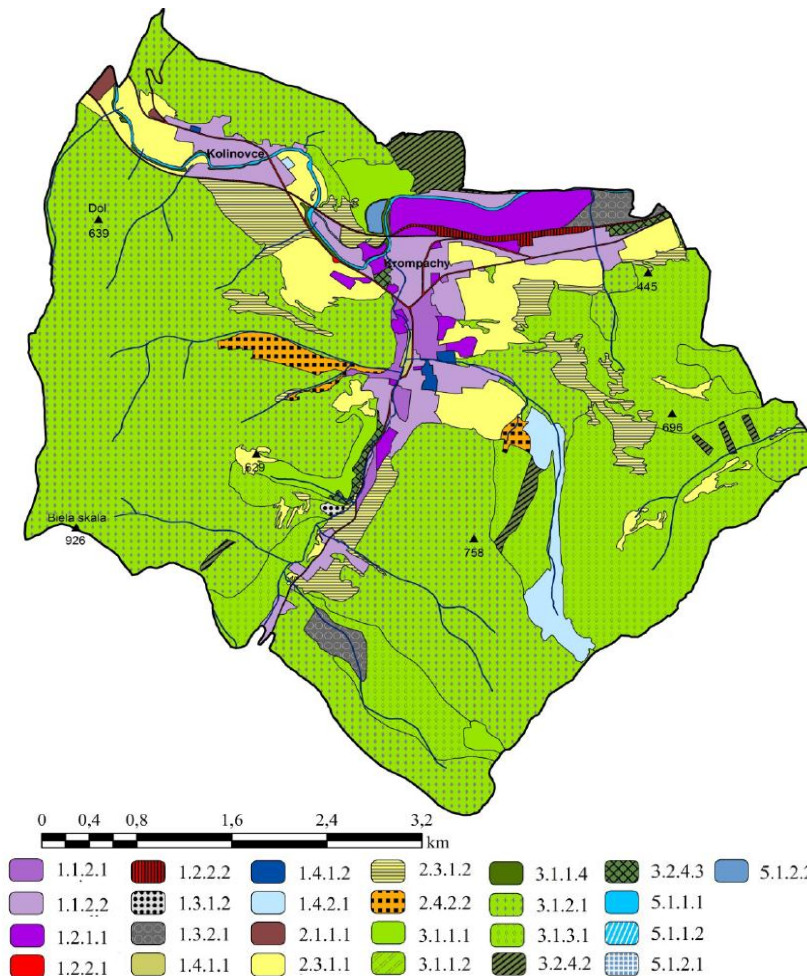


Fig. 2 – Land cover in 2009

Discussions and conclusion

Researched territory is located in the area of Middle Spiš. The territory belongs to the fifth class the quality of environment Slovak Republic. Long-term effects of extreme pollution from production of metallurgical plants, electrical engineering industry and mining of ores have caused significant changes in classes of land cover. The time horizon 1958 - 2009 from the aspect of the changes of the land cover we consider as a relatively short period but nevertheless the changes in classes of land cover in that short time period also are significant. At the mining and processing of ores were created new classes of the land cover belonging to the groups of the artificial surfaces for example: flotation tailing pond, landfills of the industrial and dangerous waste etc. All of them are the environmental loads. The most serious problem is that the negative impacts of industrial activities are reflected in agriculture. Due to extreme contamination of agricultural soils by heavy metals gradually deleted from agricultural land fund and the crop production had been banned. In 2009 the arable land occupying only 4 ha

today in essence not anymore (Fig. 1, 2, Table 1). The class of permanent grasslands was gradually transformed into the forest communities in favour to class the coniferous forests with continuous canopy. The changes were also reflected into functional structure of the landscape mainly in the context of economic transformation in year 1999 when the occurred attenuation of Metallurgy and of ore mining. The environmental damage of the territory persists until today and territory is not suitable for input of investors, therefore the development of the region in the near future is questionable. Current status of environment the territory will be affected a future of development.

Acknowledgment : *This contribution was originated from the financial support of the "VEGA" Grant agency of the Ministry of Education, Science, Research and Sports of Slovak Republic from the project VEGA No. 1/0159/15, VEGA No. 1/0116/16 and project APVV-15-0406 Agency to support research and development.*

References

1. Čech. V., Michaeli E., Krokusová J., Ivanová M. (2015). Contamination of Selected Components of Environment in the Middle Spiš Region (Slovak Republic). *Geobalcanica*. Conference Proceedings. 43 – 50. [in Slovak].
2. Feranec J. (1997). Analýza zmien krajiny aplikáciou údajov diaľkového prieskumu Zeme. *Geographia Slovaca*. № 13. Bratislava: GÚ SAV. 64. - ISSN 1210-3519. [in Slovak].
3. Feranec J. , Oľahel J. (1999). Mapovanie krajinej pokrývky metódou CORINE v mierke 1:50 000: návrh legendy pre krajiny programu Phare. *Geografický časopis*. 51(1). 19-44. [in Slovak].
4. Feranec J. , Oľahel J. (2001). Krajinná pokrývka Slovenska. Bratislava: Veda. 124. - ISBN 80-224-0663-5. [in Slovak].
5. Franklin J. ,Forman R.(1987). Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. *Landscape Ecology*. 1. 5-18. [in English].
6. Gardner R. (1987). Neutral models for analysis of broad-scale landscape patterns. *Landscape Ecology*. 1. 19-28. [in English].
7. Hruška M. Vývoj zmien krajinej pokrývky a funkčného využívání územia katastrálnych území obcí Krompachy a Kolinovce . Prešov: FHPV PU. 107. [in Slovak].
8. Ivanová M. (2013). Zmeny krajinej pokrývky zázemia Zemplínskej šíravy v rokoch 1956 – 2009. *Geografické práce*. 15. 233. - ISBN978-80-555-0728-6. [in Slovak].
9. Ivanová M., Michaeli E., Boltiziar M.(2013). Analýza zmien priestorovej štruktúry krajinej pokrývky územia severne od vodnej nádrže Zemplínska šírava . *Geografický časopis*. 65(3), 235 – 250. [in Slovak].
10. Jaeger J. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation . *Landscape Ecology*. 15. 115–130. [in English].
11. Krokusová J. (2013). Vplyv priemyselného odkaliska Halňa na štruktúru krajiny mesta Krompachy a možnosti jeho rekultivácie. *Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešoviensis, Folia Geographica*. roč. 55. 2013, č. 21, p. 48-66. [in Slovak].
12. Lapin M. (2002). Climatic Regions. Landscape Atlas of the Slovak Republic, 2002, s. 95 . Map of Climatic Regions No 27, p. 95 in Landscape Atlas of the Slovak Republic, Ministry of Environment of the Slovak Republic. [in English].
13. Mahel M. Geologická stavba československých Karpát. *Paeoalpínske jednotky*. № 1. Bratislava: VEDA, p. 35 – 41. [in Slovak].
14. Mazúr E. Geomorphological units. / E. Mazúr, M Lukniš, In: Ed. Mazúr, E (ed.) . *Atlas of the Slovak Socialist Republic*. Bratislava. SAV a SÚGK, Map No. 16, p. 54 – 55. [in Slovak].
15. Michaeli E., Ivanová M., Koco Š. (2015). The evaluation of anthropogenic impact on the ecological stability of landscape . *Journal of Environmental Biology*, 36 (SI). 1- 7. - ISSN 0254-8704. [in English].
16. Žigrai F. (2000). Dimenzie a znaky kultúrnej krajiny. *Životné prostredie*. 34(5), p. 229-233. [in Slovak].
17. Lisnyak A., Michaeli E., Boltiziar M., Vilcek J., Solar V. (2014). The landfill of industrial waste from nickel production and its impact on the landscape (case study from sered in Slovak republic). *Man and the environment. Issues of neoeology*. . 3-4. 99-104. - ISSN 1992-4224. [in English].

Надійшла до редколегії 06.09.2017

УДК 502.51 (076)

М. В. БОЯРИН, канд. геогр. наук, доц., **І. М. НЕТРОБЧУК**, канд. геогр. наук, доц.

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

пр. Волі 13, м. Луцьк, Україна

e-mail: maria-sun@ukr.net

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РІЧКИ СТОХІД

Мета. Аналіз стану якості поверхневих вод басейну річки Стохід, визначення класу та категорії якості води. **Методи.** Порівняльно-географічні, аналітичний, узагальнення та систематизації. **Результати.** На основі аналізу моніторингових спостережень що здійснювався Державною екологічною інспекцією у Волинській області за період з 2007 по 2017 р. визначено, що багаторічна часова та просторова динаміка середньорічних значень інтегральних екологічних індексів за середніми величинами становить у пункті с. Малинівка $I_{E\text{ сep.}} = 2,2$ та у смт Любешів $I_{E\text{ сep.}} = 2,4$ відповідно вода р. Стохід належить до II класу якості («добрі», «чисті»), 2 категорії («дуже добрі», «чисті» води) і субкатегорії 2 (3) («дуже добрі», «чисті» води з тенденцією наближення до категорії «добрих», «досить чистих»). Динаміка середньорічних значень інтегральних екологічних індексів за найгіршими величинами у пункті с. Малинівка $I_{E\text{ найг.}} = 2,6$ та у смт Любешів $I_{E\text{ найг.}} = 2,8$ охарактеризувала води II класом («добрі», «чисті»), 3 категорією («добрі», «досить чисті»), субкатегорією 2-3 (води, перехідні за якістю від «дуже добрих», «чистих» до «добрих», «досить чистих») і субкатегорією 3 (2) («добрі», «досить чисті» води з ухилом до «дуже добрих», «чистих»). **Висновки.** Значення індексів трофо-сапробіологічних показників є найгіршими, а серед речовин, що визначили якість води «дуже погана», «дуже брудна» були сполуки Нітрогену, підвищений рівень яких у р. Стохід здебільшого зумовлений надходженням недостатньо очищених стічних вод, поверхневого стоку із сільськогосподарських угідь, а також розкладанням неживої органічної речовини весною.

Ключові слова: інтегральний екологічний індекс, якість води, басейн річки, гідрохімічні показники

Boyaryn M. V., Netrobchuk I. M.

Lesya Ukrainka Eastern European National University

ECOLOGICAL STATUS OF SURFACE WATER OF THE RIVER STOKHID BASIN

Purpose. The analysis of the surface water quality of the Stokhid river, the definition of the class and the category of water quality. **Methods.** Comparative geographic, analytical, generalization and systematization. **Results.** Inner annual dynamics of the components of the hydro chemical conditions of surface water composition is closely linked with river runoff, the formation of which occurs due to loss of precipitation and nutrition of groundwater. Based on the analysis of monitoring observations, carried out by the State Environmental Inspectorate in the Volyn region for the period from 2007 to 2017, it has been determined the multi-year time and spatial dynamics of the average annual values of integrated environmental indices by the average values. They are following: in the village Malinovka $I_{E\text{ aver.}} = 2,2$ and in Lyubeshiv village $I_{E\text{ aver.}} = 2,4$. The water of river Stokhid belongs to the second class of quality ("good", "pure"), to the second category ("very good", "very pure") and subcategories 2 (3) ("very good", "clean" water with a tendency to approach the category of "good", "fairly clean") respectively. Dynamics of average annual values of integral ecological indexes for the worst values in village Malinovka $I_{E\text{ worst}} = 2,6$ and in the village Lyubeshiv $I_{E\text{ worst}} = 2,8$ was characterized by water of the second class ("good", "pure"), third category ("good", "fairly clean"), subcategory 2-3 (water transitions in quality from "very good", "pure" to "good", "fairly clean") and subcategory 3 (2) ("good", "fairly clean" water with a bias to "very good", "clean"). **Conclusions.** In general, it should be noticed, that when calculating the values of integral ecological indexes, the value of the indexes of trophic and sapro-biological indicators are the worst. Compounds of Nitrogen was among the substances that determined the water quality as "very poor" and "very dirty". Increased levels of Nitrogen compounds in the Stokhid river is mainly due to the intake of insufficiently treated wastewater, surface runoff from agricultural land and the decomposition of non-living organic matter in the spring.

Key words: integral ecological index, water quality, river basin, hydro chemical indices

Боярин М. В., Нетробчук И. М.

Восточноєвропейский национальный университет имени Леси Украинки

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАСЕЙНА РЕКИ СТОХОД

Цель. Анализ состояния качества поверхностных вод бассейна реки Стоход, определение класса и категории качества воды. **Методы.** Сравнительно-географический, аналитический, обобщения и систематизации. **Результаты.** На основании анализа мониторинговых наблюдений, который проводила Государственная экологическая инспекция в Волинской области за период с 2007 по 2017 год определено, что многолетняя часовая и пространственная динамика среднегодовых значений интегральных экологических индексов за средними величинами показателей составляет в пункте д. Малиновка $I_{E\text{ сp.}} = 2,2$ а

в пункті поселок Любешов $I_{E\text{ ср.}} = 2,4$ відповідно вода річки Стоход належить до II класу якості («хороші», «чисті»), 2 категорії («дуже хороші», «чисті» води) і субкатегорії 2 (3) («дуже хороші», «чисті», води з тенденцією наближення до категорії «хороших», «достатньо чистих»). Динаміка середньорічних значень інтегральних екологічних індексів за самими худшими значеннями показували в пункті д. Малиновка $I_{E\text{ найх.}} = 2,6$ і пункті поселок Любешов $I_{E\text{ найх.}} = 2,8$ відносять до II класу («хороші», «чисті»), 3 категорії («хороші», «достатньо чисті»), субкатегорії 2-3 (води, перехідні за якістю від «дуже хороших», «чистих» до «хороших», «достатньо чистих») і субкатегорії 3 (2) («хороші», «достатньо чисті» води з нахилом до «дуже хороших», «чистих»). **Висновки.** Значення індексів трофо-сапробіологічних показували найгірше, а серед речовин, які визначали якість води «дуже погана» і «дуже брудна» були сполуки Нітрогену, підвищений рівень якого в річці Стоход обумовлений потраплянням недостатньо очищених стічних вод, поверхневого стоку з сільськогосподарських угідь, а також розкладання неживих органічних речовин весною.

Ключові слова: інтегральний екологічний індекс, якість води, басейн річки, гідрохімічні показували

Вступ

Уже сьогодні обмежуючим фактором водокористування є саме якість водних ресурсів, а не їх кількість. У найближчі десятиліття очікується різке зростання попиту на якісну воду та загострення водогосподарських проблем. Оцінці якості води з різних позицій присвячена низка наукових досліджень. Вагомий внесок у методологію комплексної інтегральної оцінки екологічного стану басейнів річок зробив Й. В. Гриб [2]. Екологічну оцінку якості води річок Волинської області та їх картографічний аналіз подається в дослідженнях А. В. Яценка, Осадчого В. І [7]. Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Прип'ять за вищими рослинами та рекомендації щодо природоохоронних заходів для покращення його екологічного стану здійснена Ю. Р. Гроховською [4]. Вплив гідрологічних чинників на якість річкових вод досліджувала Т. В. Соловей. Гідрохімічний і гідрологічний режим річки Стохід вивчали Ю. М. Ситник, О. М. Арсан, А. О. Морозова [9]. Природні особливості басейну р. Стохід та розташованих у ньому меліоративних сис-

тем розглядалися Ф. В. Зузуком, Л. К. Колошко [3]. Природні умови формування хімічного складу води річки Стохід проаналізовано в роботі В. І. Осадчого [7].

Аналіз наукових публікацій з екологічної оцінки якості води річок, що були виконані різними авторами засвідчує проведення їх за басейновим та адміністративно-територіальним принципом. За матеріалами досліджень провідних науковців [11] у басейнах річок Волинської області знизилася стійкість природних ландшафтів, а якість води у багатьох із них змінилася із першого на третій клас. У зв'язку з цим виникла необхідність проведення екологічної оцінки якості води окремих басейнів річок Західного Полісся, зокрема р. Стохід, що проводиться у рамках НДР (номер державної реєстрації 0117U004199).

Метою роботи є оцінка й аналіз динаміки змін якості поверхневих вод річки Стохід, а також визначення джерел її забруднення з 2007 до 2017 р. включно в межах Волинської області.

Методика дослідження

Екологічна оцінка стану поверхневих вод басейну річки Стохід виконана відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», що затверджена наказом Міністерства безпеки № 44 від 31. 03. 98 року [6] та на основі результатів досліджень проб води

виконаних у відділі інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції у Волинській області. Відбір проб води здійснювався інспекцією регулярно на постах у с. Малиновка, Рожисенського району, та смт. Любешів протягом 2007 – 2017 років.

Результати дослідження

Оцінка екологічного стану поверхневих вод є складовою загальної оцінки статусу водних об'єктів, як і оцінка їх хімічного ста-

тусу за концентраціями пріоритетних небезпечних забруднюючих речовин. На основі загальної оцінки визначають придатність вод

для використання у різних господарських цілях. На якість води впливають як природні, так і антропогенні чинники. Серед природних, насамперед варто відзначити – гірські породи, ґрунтовий покрив, життєдіяльність рослин, клімат, гідрологічний режим, карст, заболочування тощо [2].

Гірські породи та мінерали є першоджерелами формування хімічного складу природних вод, передусім умісту головних іонів та мінералізації води річок. У басейні р. Стохід поширені літологічні породи такі як крейда, мергелі, що сприяли домінуван-

ню у воді гідрокарбонатних аніонів і катіонів кальцію, що становлять відповідно 60 і 23 % від загальної мінералізації. Саме вони визначають гідрокарбонатно-кальцієвий клас II типу. Серед інших головних іонів, що входять до хімічного складу води, варто відзначити сульфатні та хлоридні аніони, що становлять відповідно 6 і 4 % від загальної мінералізації, а також катіони натрію, магнію, відносна частка яких відповідно є 6 і 1 % (табл. 1). Все вище сказане засвідчує формування прісних гіпогалинних вод в басейні.

Таблиця 1

Середній уміст головних іонів та загальна мінералізація води р. Стохід (пост с. Малинівка), 2007-2017 рр., мг/дм³

Пункт спостереження	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Загальна мінералізація води
Липень	282	24	15	94	6	–	421
Вересень	238	23	15	90	5	24	395
Частка, % від заг. мінералізації	60	6	4	23	1	6	100

За інформацією відділу інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції [12] за період спостережень з 2007- 2017 рр. встановлено, що загальна мінералізація води р. Стохід біля витоків зменшилась від 462 (2007 р.) до 353 мг/дм³ (2011 р.) при середній величині 421 мг/дм³ та у смт Любешів – від 443 (2005 р.) до 320 мг/дм³ (2014 р.) при середній – 395 мг/дм³ (табл. 1).

Разом з тим, результати проведених досліджень за період 2000-2012 рр., що представлені в роботах [7], підтверджують незначний інтервал коливання загальної мінералізації води в р. Стохід, який становив 347-442 і 320-433 при середній величині – 357-365,3 мг/дм³.

Загалом показники мінералізації прісних вод є більш-менш стабільними та змінюється, зазвичай, у відносно вузькому діапазоні величин залежно від сезону року. Варто зауважити, що внутрішньорічна динаміка компонентів сольового складу поверхневих вод тісно пов'язана з стоком річки, формування якого відбувається завдяки випаданню атмосферних опадів та живленню ґрунтовими водами. Річному ходу стоку річки Стохід властива висока весняна повінь, літня межень, яку часто порушують дощові паводки, і більш низька зимова межень. Так, під час весняної повені спостері-

гається збільшення стоку річки, тоді як концентрації головних іонів та мінералізації води, зазвичай, зменшуються внаслідок розбавлення їх мало мінералізованими атмосферними опадами і навпаки, що відображено в табл. 2. Нижчі величини іонного складу та мінералізації води фіксувались у липні 2007-2010, 2012, 2016 рр., що зумовлено паводковим режимом; натомість вищі значення показників сольового складу води спостерігались у вересні, що пов'язано з тривалістю літнього меженого періоду, протилежна ситуація відслідковувалась у 2011, 2013-2015 рр.

Окрім того, варто відзначити, що найбільша мінералізація води спостерігалась у теплий період року. Так, у квітні 2007, 2010, 2012, 2016 рр. і липні 2011, 2013 і 2015 рр. вона становила відповідно 423; 439; 522; 461; 474; 350; 368 мг/дм³, що пояснюється літнім меженим періодом та певними змінами клімату в останні роки. В той час як найменші показники фіксувались у березні (258; 371 мг/дм³), липні (354; 376 мг/дм³), вересні (399 мг/дм³), березні (302; 281 мг/дм³), що зумовлено літньо-осінніми дощовими паводками та опадами, що випадають в період весняного водопілля [1].

Разом з тим максимальна величина мінералізації була зафіксована у березні 2009 р. і становила 404 мг/дм³, а найменша

Таблиця 2

Середній уміст головних іонів та загальна мінералізація води р. Стохід (пост у смт. Любешів), у липні та вересні за період з 2007-2017 рр., мг/дм³

Пункт спостереження	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Загальна мінералізація води
Липень	235,2	23,8	14,6	74,4	4,9	16,2	369,1
Вересень	243,1	19	14,7	75,5	3,6	18,3	374,2
Частка, % від загальної мінералізації	64 / 65*	6,4 / 5	4 / 3,9	20 / 20	1,3 / 0,96	4,3 / 5	100

* липень/вересень

у липні – 372 мг/дм³, що засвідчує прояви змін у термінах проходження весняного водопілля та дощові паводки влітку. На думку Є. В. Василенко за останні два десятиліття фаза весняного водопілля часто не виражена, оскільки значно зменшилися витрати води під час водопілля з одночасним зростанням витрат води зимової межени.

Такі головні іони води як гідрокарбонати, сульфати і хлориди також зазнають сезонних коливань і, зазвичай, корелюють зі змінами загальної мінералізації. Найбільший уміст гідрокарбонатів 305 мг/дм³ зафіксований у липні 2011 р. при середній величині 317 мг/дм³. Величини сульфатів коливались в межах від 12 (липень 2008 р.) до 38 мг/дм³ (липень 2014 р.) при середній величині 24-23 мг/дм³ (табл.1). Вміст хлоридів для більшості років змінювався від 10 мг/дм³ до 44 мг/дм³ (квітень 2012 р.) при середній величині 15 мг/дм³.

Згідно аналізу багаторічної динаміки середньорічних значень індексів блоку показників сольового складу за середніми (I_{сер.} = 1,03/1,02) та найгіршими (I_{найг.} = 1,2/1,2) величинами якості води р. Стохід на обох пунктах спостережень за досліджуваний період (2007-2017 рр.) належала до 1 категорії I класу якості вод («відмінні» за їх природним станом, «дуже чисті» за ступенем забрудненості).

Завислі речовини відображають у воді вміст дрібнодисперсних частинок глини, піску, мулу та органічних домішок або живих істот, наприклад бактерію, фіто- або зоопланктону. Середнє значення завислих речовин у воді р. Стохід за спостережуваний період (2007-2017 рр.) у пункті с. Малинівка коливалось від 0,95 до 13,7 мг/дм³

при багаторічній середній величині 4,7 мг/дм³, натомість найгірше – від 1,2 (квітень, 2015 р.) до 21,4 мг/дм³ (травень, 2013 р.). Середнє значення вмісту у воді завислих речовин для пункту смт Любешів знаходилось в межах 0,5 (2014-2015 рр.) – 13,2 мг/дм³ (2017 р.) при багаторічній середній величині 7 мг/дм³. В той час як найгірші значення показників змінювались від 0,6 (серпень, 2014 р.) до 23 мг/дм³ (березень, 2017 р.). Отже, вода за середніми величинами відноситься до 3 категорії («добрі», «досить чисті»), а за найгіршими величинами – до 4 категорії («задовільні», «слабко забруднені»).

Важлива властивість води – здатність пропускати сонячне світло, яка залежить від кольору та прозорості води. Вона змінюється від сезону, кількості завислих речовин, глибини водойм тощо. Відомо, що найбільша прозорість спостерігається взимку, а найменша – під час весняної повені. Так, у воді р. Стохід величини прозорості у пункті смт Любешів коливались від 0,18 м (березень-травень, 2010 р.; липень, 2013 р.) до 0,20 м (липень, 2009; 2011; 2014; 2015 рр.). У пункті с. Малинівка прозорість води за весь спостережуваний період була стабільною величиною і становила 0,22 м.

Водневий показник, рН відображає ступінь кислотності або лужності середовища та є індикатором забрудненості. Уміст іонів водню в природних водах визначається кількісним співвідношенням концентрацій HCO₃⁻ і CO₃²⁻, що залежить від літологічних порід та ґрунтів водозбірного басейну [5]. Загалом середні величини рН у воді р. Стохід змінювались в незначних межах від 7,6 (2009 рр.) до 7,9 (2010 р.) у пункті с.

Малинівка, а у смт Любешів – 7,3 (2012 р.) до 8,0 (2007 р.), що засвідчує слаболужну реакцію. Зміни концентрації іонів водню залежать від сезону. На показник рН може впливати підвищений вміст гумінових речовин і фульвокислот, присутніх в ґрунтах, болотних водах або промислових стічних водах. Так, максимальні величини рН 7,7-7,9 здебільшого фіксувались у травні та липні внаслідок процесів активного фотосинтезу (при споживанні CO₂ водяною рослинистю вивільнюються іони OH⁻), що вказує на процеси цвітіння водойм або їх забруднення. Мінімальні значення рН коливались у березні від 6,8 (2012 р.) до 8,1 (2015 р.) та у вересні – 7,3 (2006; 2015 рр.) до 8,05-8,14 (2013; 2016 рр.). Це засвідчує, що вода р. Стохід за мінімальними значеннями близька до нейтральної та слаболужної та відповідає 2 категорії якості води («дуже добрі», «чисті»).

Уміст біогенних речовин: Нітроген амонійний, нітритний, нітратний, загальний Фосфор, а також органічні сполуки Нітрогену та Фосфору відіграє важливу роль у визначенні якості води. Нітроген амонійний є початковим продуктом розкладання органічних азотовмісних (у т.ч. білкових) речовин. Внаслідок життєдіяльності нітрифікуючих бактерій його вміст зменшується при одночасному утворенні нітритів, а потім нітратів. Так, в р. Стохід за спостережуваний період концентрація амонійного Нітрогену за середніми величинами у пункті с. Малинівка коливалась від 0,08 (2010 р.) до 0,38 мг N/дм³ (2007 р.), з максимальною величиною 0,40 мг N/дм³ (2008 р.) при середній багаторічній величині 0,26 мг N/дм³. В той час як у смт. Любешів середні величини амонійного Нітрогену змінювались від 0,28 (2016 р.) до 0,93 мг N/дм³ (2007 р.) з максимальним значенням 1,6 мг N/дм³ (2015 р.) при середній багаторічній величині 0,72 мг N/дм³. Найгірші його значення фіксувались у пункті с. Малинівка 0,65-0,67 мг N/дм³ (квітень, травень 2007 рр.) при середньому багаторічному – 0,43 мг N/дм³ та у смт Любешів у травні – 1,2 (2008 р.); 1,3 (травень, 2013 р.) і 1,5 (липень, 2009 р.) при середній багаторічній величині 1,3 мг N/дм³. Досить високий вміст 5,4 мг N/дм³ був зафіксований у вересні 2015 р. У зазначені вище роки підвищений рівень амонійного Нітрогену в р. Стохід здебільшого зумовлений надходженням недостатньо очищених стічних вод або забруднень із

сільськогосподарських угідь у випадках нераціонального застосування хімічних та органічних добрив. Загалом води р. Стохід у двох пунктах спостережень за середніми величинами амонійного Нітрогену відповідали 3 категорії якості води («добрі», «досить чисті») та 5 категорії («посередні», «помірно забруднені»), а за найгіршими величинами – до 4 категорії («задовільні», «слабко забруднені») та 6 категорії («погані», «брудні»).

Нітроген нітритний є найменш стійкою сполукою, тобто малоздатною зберігати свою структуру. Це – проміжна форма окиснення амонійного азоту, що відновлюється до нітратів. Його концентрація за середніми значеннями у воді р. Стохід знаходилась в невеликих межах: у пункті с. Малинівка – 0,0095 (2009-2010 рр.)-0,07 мг N/дм³ (2007 р.) при середній багаторічній величині 0,002 мг N/дм³, а у смт Любешів – 0,004 (2008-2009 рр.) до 0,17-0,19 мг N/дм³ (2014 р.) при середній багаторічній величині 0,04 мг N/дм³.

Зазначимо, що коливання вмісту різноманітних форм Нітрогену насамперед залежить від сезонних умов. Як показав аналіз, найбільша концентрація нітритів у пункті с. Малинівка спостерігалась у квітні 2007 р. і становила 0,122 мг N/дм³ при середній багаторічній величині 0,06 мг N/дм³, а у смт. Любешів – 0,356 (травень, 2008 р.) та 0,301 мг N/дм³ (квітень, 2014 р.) при середній багаторічній величині 0,07 мг N/дм³. Підвищений вміст Нітрогену нітритного як засвідчують дані, саме навесні, пов'язаний з розкладанням неживої органічної речовини або надходженням стічних вод сільськогосподарського та побутового походження. Зазвичай восени та взимку вміст нітритів зменшується.

Отже, води р. Стохід в обох пунктах спостережень за середніми величинами Нітрогену нітритного відповідали 2 категорії якості води («дуже добрі», «чисті») та 5 категорії («посередні», «помірно забруднені»), а за найгіршими величинами належали до 6 категорії («погані», «брудні»).

Нітрати – кінцеві продукти мінералізації органічних азотовмісних речовин. Головним джерелом їх надходження є ґрунтовий шар, у якому нітрати накопичуються як за рахунок природних процесів, так і за рахунок внесення азотних добрив. Концентрація Нітрогену нітратного у воді р. Стохід у пункті с. Малинівка за середніми зна-

ченнями коливалась в доволі широкому діапазоні: від 0,19 (2010 р.) до 8,56 мг N/дм³ (2007 р.) при середній багаторічній величині 2,3 мг N/дм³, а у смт Любешів – 0,02-0,05(2016-2008 рр.) до 1,6 мг N/дм³ (2007 р.) при середній багаторічній величині 0,35 мг N/дм³. Це пояснюється тим, що під час паводку концентрація нітратів значно збільшується, оскільки органічні залишки бувають змиті з поверхні ґрунту. Також досить високий вміст 1,3 і 2,8 мг N/дм³ спостерігався у вересні 2009 р. та листопаді 2013 р. Разом з тим, варто зауважити, що згідно проаналізованої інформації, відслідковується тенденція щодо зменшення Нітрогену нітратного у воді з 2010 до 2016 рр. у пункті смт Любешів порівняно з іншим. Звідси випливає, що за останні роки зменшилось внесення мінеральних добрив на сільськогосподарські поля.

Загалом води р. Стохід в пункті спостереження с. Малинівка за середніми й найгіршими величинами Нітрогену нітратного відповідали 7 категорії якості води («дуже погані», «дуже брудні»), а у пункті смт Любешів 3 категорії («добрі», «досить чисті») та 4 категорії («задовільні», «слабко забруднені»).

Загальний фосфор надходить у поверхневі води в результаті процесів життєдіяльності гідробіонтів, розкладу органічних сполук, звітрювання та розчинення гірських порід і мінералів, а також з побутовими стічними водами, що містять поліфосфати як компоненти синтетичних миючих засобів і пом'якшувачів води, із зливом фосфорних добрив та пестицидів із сільськогосподарських угідь, стоками тваринницьких ферм тощо [8]. В р. Стохід за спостережуваний період спостерігалась незначна амплітуда коливань середніх величин загального Фосфору в часі: у пункті с. Малинівка від 0,02 (2015 р.) до 0,22 мг P/дм³ (2007 р.) при середній багаторічній величині 0,07 мг P/дм³, а у смт Любешів – 0,03 (2009 р.) до 0,156 мг P/дм³ (2013 р.) при середній багаторічній величині 0,06 мг P/дм³. Найбільша його концентрація в першому пункті фіксувалась 0,21 (вересень, 2016 р.) і 0,68 мг P/дм³ (липень, 2007 р.) при середній багаторічній величині 0,19 мг P/дм³, а у другому – 0,475 (листопад, 2013 р.) – 0,087 (серпень, 2014 р.) і (березень, 2012 р.) при середній багаторічній величині 0,1 мг P/дм³.

Наявність вмісту Фосфору, у вище зазначені місяці, у воді, вільної від надходження стічних вод, вказує на розвиток життя та на швидкість бактеріального розкладу метаболітів, які виділяють водяні тварини та рослини. Загалом динаміка коливань вмісту Фосфору у р. Стохід за період спостережень була досить стабільною.

Отже, води р. Стохід в обох пунктах спостереження за середніми величинами загального Фосфору відповідали 4 категорії якості води («задовільні», «слабко забруднені»), а за найгіршими – 5 категорії («посередні», «помірно забруднені»).

З вищесказаного випливає, що серед біогенних речовин, що визначили якість води «дуже поганими», «дуже брудними» були сполуки Нітрогену.

Розчинений кисень у воді забезпечує кисневий режим поверхневих вод і відіграє важливу роль для оцінки їх екологічного та санітарного стану. У воді концентрація розчиненого кисню коливається від 0 до 14 мг/дм³ і має схильність до значних сезонних і добових коливань. Зниження його вмісту в воді засвідчує про максимальне значення сполук Нітрогену, Фосфору тощо, що швидко окислюються. Середні величини розчиненого кисню у воді р. Стохід у пункті с. Малинівка змінювались від 6 (2015 р.) 11 (2016 р.) при багаторічній середній величині 9,2 мгO₂/дм³, а у смт Любешів – 6,6 (2008 р.) до 11,3 (2009 р.) при багаторічній середній величині 8,8 мгO₂/дм³. З 2011 р. відслідковується тенденція до зростання його концентрації, що засвідчує зменшення надходження забруднюючих речовин у воду. Найменша концентрація розчиненого кисню у с. Малинівка 5,8 мгO₂/дм³ зафіксована у серпні 2010 р., що вказує на максимальний вміст у цьому місяці Нітрогену нітратного і відповідно його окиснення при багаторічній середній величині 7,5 мгO₂/дм³. У смт Любешів найнижчий вміст розчиненого кисню 2,08 мгO₂/дм³ спостерігався у липні 2012 р. при багаторічній середній величині 6,7 мгO₂/дм³. Це зумовлене здебільшого на той час високими температурами, відсутністю опадів і присутністю нітратів, що призвело до процесів евтрофікації. Отож, води р. Стохід за вмістом розчиненого кисню у воді обох пунктів спостереження за середніми величинами відносяться до 1 категорії («відмінні»,

«дуже чисті» води), а за мінімальними значеннями – відповідно до 3 та 4 категорії («добрі», «досить чисті» і «задовільні», «слабко забруднені» води).

Крім того, дуже важливими показниками для оцінки якості води є хімічне споживання кисню (ХСК) і біохімічне споживання кисню (БСК). Останній вказує на забруднення води у річці, основними індикаторами якого є вміст органічних речовин та амонійних сполук, від яких у значній мірі залежать умови для збереження необхідного рівня вмісту кисню у річках. Динаміка коливань БСК₅ за спостережуваний період у пункті с. Малинівка за середніми величинами коливалась від 1,9 (2008 р.) до 5 мг О₂/дм³ (2016 р.) при середній багаторічній величині 2,8 мг О₂/дм³, а у пункті смт Любешів – від 1,7 (2009; 2015 рр.) до 4 мг О₂/дм³ (2007 р.) при середній багаторічній величині 2,1 мг О₂/дм³. Найгірші значення відповідно фіксувались у червні 2016 р. і становили 8 мг О₂/дм³ при середній багаторічній величині 4,3 мг О₂/дм³, а також 6,4 мг О₂/дм³ у червні 2015 р. при середній багаторічній величині 2,9 мг О₂/дм³. Це пояснює наявність у воді органічних речовин і вказує на його забруднення.

Загалом води р. Стохід за показником БСК₅ за середніми величинами для смт Любешів відповідають 3 категорії («добрі», «досить чисті»), для с. Малинівка – 4 категорії («задовільні», «слабко забруднені»), а за найгіршими – для смт Любешів 4 категорії, а для с. Малинівка 5 категорії («посередні», «помірно забруднені»).

Більш чітке уявлення про сумарну забрудненість води дає ХСК. За абсолютною величиною ХСК завжди перевищує БСК. Так, кількість спожитого кисню у воді р. Стохід у пункті с. Малинівка змінювалась від 9,5-9,6 мг О₂/дм³ (2014; 2009 рр.) до 34 мг О₂/дм³ (2007 р.) при середній багаторічній величині 17,3 мг О₂/дм³, а у смт Любешів – від 9 (2016 р.) 59 мг О₂/дм³ (2009 р.) при середній багаторічній величині 37 мг О₂/дм³. Максимальні значення у першому пункті спостереження фіксувались у квітні 2007 р. і сягали 50 мг О₂/дм³ при середній багаторічній величині 20 мг О₂/дм³, в той час як у другому пункті його значення становило 88,3 мг О₂/дм³ у липні 2009 р. при середній багаторічній величині 40 мг О₂/дм³. Це пояснюється підвищеним вмістом у воді нітритів, нітрогену амонійного та Фосфору.

Отже, води р. Стохід за показником ХСК за багаторічними середніми і найгіршими величинами у пункті с. Малинівка води належать 3 категорії («добрі», «досить чисті»), а у смт Любешів відповідно – до 5 категорії («посередні», «помірно забруднені»).

Згідно аналізу багаторічної динаміки середньорічних значень індексів трофосапробіологічних показників за середніми величинами ($I_{B\text{сер.}} = 3,3/3,4$) якість води р. Стохід на обох пунктах спостережень за досліджуваний період (2007-2017 рр.) належала до II класу якості «добрі», 3 категорії «добрі», «досить чисті», субкатегорії 3 (4) «добрі», «досить чисті з тенденцією до наближення до «задовільних», «слабко забруднених», мезоевтрофні, β' - мезосапробні води. За найгіршими величинами ($I_{B\text{найг.}} = 3,9/3,9$) вода на дослідженій ділянці р. Стохід належала до III класу («задовільні», «забруднені») 4 категорії («задовільні», «слабко забруднені»), субкатегорії 4 (3) («задовільні», «слабко забруднені» води з ухилом до «добрих», «досить чистих»), евтрофні, β'-мезосапробні води.

Серед специфічних речовин токсичної дії у воді р. Стохід відносно погіршення якості води зумовлювали значні концентрації важких металів, таких як ферум, хром, манган, купрум, цинк і нікель. У зв'язку із значною заболоченістю території басейну у водах річки спостерігався підвищений вміст концентрації заліза. Його середній вміст за спостережуваний період коливався від 0,08 мг Fe/дм³ у 20015-2016 рр. до 0,638 мг Fe/дм³ у 2008 р. при середній багаторічній величині 0,315 мг Fe/дм³. Починаючи з цього року спостерігалась тенденція до зменшення вмісту заліза у воді. Зазвичай у водоймах з високою біологічною продуктивністю в період літньої і зимової стагнації помітно збільшення концентрації заліза в придонних шарах води. Так, найбільші величини заліза 0,84; 0,77; 0,8 мг Fe/дм³ фіксувались відповідно у червні 2003 р., липні 2008 р. і березні 2011 р. Води р. Стохід за вмістом заліза відповідають 4 категорії («задовільні», «слабко забруднені»).

Спостерігалось закономірне погіршення якості води за середнім вмістом купруму, який змінювався в межах від 1,1 мкг/дм³ (2007 р.) до 7 мкг/дм³ (2010-2012 р.) при середній багаторічній величині 4 мкг/дм³, що відносить води до 4 категорії («задовільні», «слабко забруднені»).

Крім заліза, у воді був присутній вміст хрому шестивалентного, що коливався від 4,12 (2011 р.) до 7,3 мкг/дм³ (2012 р.) при середній багаторічній величині 5 мкг/дм³, що характеризує води 3 категорією («добрі», «досить чисті»).

Середній вміст нікелю та цинку змінювався в межах від 1,5 (2009 р.) до 7 мкг/дм³ (2006 р.) при середній багаторічній величині 5 мкг/дм³ та відповідно від 1,62 (2007 р.) до 27 мкг/дм³ (2010 р.) при середній багаторічній величині 11 мкг/дм³, що відповідало 2 категорії якості води («дуже добрі», «чисті»).

Середня концентрація мангану коливалася від 2,5 (2008р.) до 12,4 мкг/дм³ (2004) при середній багаторічній величині 8 мкг/дм³, що відповідає 1 категорії якості води («відмінні», «дуже чисті»).

Варто зауважити, що у воді р. Стохід за період з 2012 до 2016 рр. були зафіксовані концентрації вмісту фенолу та нафтопродуктів. Їх межі змінювались від 0,2 (2015 р.) до 2 мкг/дм³ (2012-2016 рр.) при середній багаторічній величині 1,1 мкг/дм³, що відносить води до 3 категорії («добрі», «досить чисті») та відповідно від 2 (2016 р.) до 10 мкг/дм³ (2012 р.) при середній багаторічній величині 7 мкг/дм³, що відповідає 1 категорії якості води («відмінні», «дуже чисті»).

Отже, за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії води р. Стохід за багаторічний період за середніми та найгіршими величинами у пункті с. Малинівка $I_{C\text{ сер.}} = 2,2/2,4$ належала II класу якості води («добрі», «чисті»), до 2 категорії («дуже

добрі», «чисті»), субкатегорії 2 (3) («дуже добрі», «чисті» води з тенденцією наближення до категорії «добрих», «досить чистих»).

У пункті смт Любешів вода р. Стохід за індексом специфічних речовин токсичної дії за середніми та найгіршими величинами $I_{C\text{ найг.}} = 2,7/3,3$ відносилась також до II класу, до 3 категорії («добрі», «досить чисті»), до субкатегорій відповідно 2-3 води, перехідні за якістю від «дуже добрих», «чистих», до «добрих», «досить чистих» та 3(4) «добрі», «досить чисті» води з ухилом до «дуже добрих», «чистих»).

Аналіз багаторічної часової та просторової динаміки середньорічних значень інтегральних екологічних індексів за середніми величинами у пункті с. Малинівка $I_{E\text{ сер.}} = 2,2$ та у смт Любешів $I_{E\text{ сер.}} = 2,4$ засвідчив, що вода р. Стохід належить до II класу якості («добрі», «чисті»), 2 категорії («дуже добрі», «чисті» води) і субкатегорії 2 (3) («дуже добрі», «чисті» води з тенденцією наближення до категорії «добрих», «досить чистих»).

Динаміка середньорічних значень інтегральних екологічних індексів за найгіршими величинами у пункті с. Малинівка $I_{E\text{ найг.}} = 2,6$ та у смт Любешів $I_{E\text{ найг.}} = 2,8$ охарактеризувала води II класом («добрі», «чисті»), 3 категорією («добрі», «досить чисті»), субкатегорією 2-3 (води, перехідні за якістю від «дуже добрих», «чистих» до «добрих», «досить чистих») і субкатегорією 3 (2) («добрі», «досить чисті» води з ухилом до «дуже добрих», «чистих»).

Висновки

Таким чином, екологічна оцінка якості води річок важлива для узагальнення інформації про екологічний стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих водоохоронних рекомендацій для прийняття відповідних управлінських рішень у галузі використання, охорони та відтворення водних ресурсів.

Аналізуючи багаторічну динаміку середньорічних значень індексів блоку показників сольового складу за середніми ($I_{I\text{ сер.}} = 1,03/1,02$) та найгіршими ($I_{I\text{ найг.}} = 1,2/1,2$) величинами якості води р. Стохід на обох пунктах спостережень за досліджуваний період (2007-2017 рр.) належала до 1 категорії I класу якості вод («відмінні» за їх

природним станом, «дуже чисті» за ступенем забрудненості).

Згідно аналізу багаторічної динаміки середньорічних значень індексів трофосапробіологічних показників за середніми величинами ($I_{B\text{ сер.}} = 3,3/3,4$) якість води р. Стохід на обох пунктах спостережень за досліджуваний період (2007-2017 рр.) належала до II класу якості «добрі», 3 категорії «добрі», «досить чисті», субкатегорії 3 (4) «добрі», «досить чисті з тенденцією до наближення до «задовільних», «слабко забруднених», мезоевтрофні, β' - мезосапробні води. За найгіршими величинами ($I_{B\text{ найг.}} = 3,9/3,9$) вода на дослідженій ділянці р. Стохід належала до III класу («задовільні»,

«забруднені») 4 категорії («задовільні», «слабко забруднені»), субкатегорії 4 (3) («задовільні», «слабко забруднені» води з ухилом до «добрих», «досить чистих»), евтрофні, β'-мезосапробні води.

За критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії води р. Стохід за багаторічний період за середніми та найгіршими величинами у пункті с. Малинівка $I_{C\text{сер.}} = 2,2/2,4$ належала II класу якості води («добрі», «чисті»), до 2 категорії («дуже добрі», «чисті»), субкатегорії 2 (3) («дуже добрі», «чисті» води з тенденцією наближення до категорії «добрих», «досить чистих»).

Отже, під час обчислення значень інтегральних екологічних індексів, значення індексів трофо-сапробіологічних показників є найгіршими, а серед речовин, що визначили якість води «дуже погана», «дуже брудна» були сполуки Нітрогену. Підвищений рівень сполук Нітрогену в р. Стохід здебільшого зумовлений надходженням недостатньо очищених стічних вод, поверхневого стоку із сільськогосподарських угідь у випадках нераціонального застосування хімічних та органічних добрив, а також пов'язаний з розкладанням неживої органічної речовини весною.

Література

1. Василенко Є. В. Аналіз факторів формування весняного водопілля на річках Правобережжя Прип'яті. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2011. Т. 3 (24). С. 99-105.
2. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В., Войтишина Д. Й. Відродження систем трансформованих басейнів річок та озер. Рівне: НУВГП, 2012. 246с.
3. Зузук Ф. В., Л. К. Колошко. Осушувальні меліорації в басейні р. Стохід Волинської області. Науково-технічний журнал № 1 (3), 2011. С. 43-50.
4. Клименко М. О., Гроховська Ю. Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими рослинами : монографія. Рівне : НУВГП, 2005. 194 с.
5. Методи гідро екологічних досліджень поверхневих вод / Арсен О. М., та ін.; під ред. В. Д. Романенка. – К. : ЛОГОС, 2006. 408 с.
6. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: Символ – Т, 1998. 28 с.
7. Осадчий В. І. Природні умови формування хімічного складу води водних об'єктів Національного природного парку «Прип'ять-Стохід». *Наукові праці УкрНД ГМІ*. 2012. Вип. 262. С. 115-145.
8. Савлущинська М. О., Горбатюк Л. О. Фосфор у водних екосистемах. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія*, 2014, № 4 (61). С. 153 – 162.
9. Ситник Ю. М., Арсан О. М., Морозова А. О. Гідрохімічні дослідження річок Стохід та Прип'яті влітку 2000 року. URL: <http://www.eprints.zu.edu.ua/2303/1/01syumcp.pdf>
10. Соловей Т. В. Оцінка впливу гідрологічних чинників на якість річок басейну верхнього Пруту в маловодний період року : / Автореф. дис... канд. геогр. наук: 11.00.11 Чернів. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. Чернівці, 2004. 22 с.
11. 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.
12. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області в 2016 році. Луцьк [б.в], 2017. 256 с.

References

1. Vasylenko, Ye. V. (2011). Analiz faktoriv formuvannia vesnianoho vodopillia na richkakh Pravoberezhzhia Prypiati. [Analysis of the factors of formation of spring water in the rivers of the Right Bank of the Pripyat.] Hydrology, hydrochemistry and hydroecology. 3 (24). 99-105.
2. Hryb, Y. V., Klymenko, M. O., Sondak, V. V., Voityshyna, D. Y. (2012). Vidrozhennia system transformovanykh baseiniv richok ta ozer. [Revival of systems of transformed river basins and lakes]. Rivne: NUVPH. 246.
3. Zuzuk, F. V., Koloshko, L. K. (2011). Osushualni melioratsii v baseini r. Stokhid Volynskoi oblasti. [Desiccation reclamation in the basin of Stokhod Volyn region]. Scientific and technical journal. 1 (3). 43-50.
4. Klymenko, M. O., Hrokhovska, Yu. R. (2005). Otsinka ekolohichnoho stanu vodnykh ekosystem richok baseinu Prypiati za vyshchymy roslynamy : monohrafiia. [Estimation of the ecological state of the aquatic ecosystems of the rivers of the Pripyat basin by the higher plants]. Rivne : NUVPH. 194.
5. Arsen, O. M., Romanenko, V. D. (2006). Metody hidro ekolohichnykh doslidzhen poverkhnevnykh. [Methods of hydro-environmental studies of surface water]. Kyiv: LOHOS, 2006. 408 s.
6. Romanenko, V. D., Zhukynskiy, V. M., Oksiiuk, O. P. (1998). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevnykh vod za vidpovidnymy katehoriiami. [Method of ecological assessment of surface water quality according to the relevant categories]. Kyiv: Symvol – T. 28.

7. Osadchyi, V. I. (2012). Pryrodni umovy formuvannia khimichnoho skladu vody vodnykh ob'ektiv Natsionalnoho pryrodnoho parku «Prypiat-Stokhid» [Natural conditions for the formation of the chemical composition of water of water objects of the National Nature Park "Pripyat-Stokhid"]. Scientific papers of UkrND GM. 262. 115-145.
8. Savluchynska, M. O., Horbatiuk, L. O. (2014). Fosfor u vodnykh ekosystemakh [Phosphorus in aquatic ecosystems]. Scientific Notes of the Ternopil National Pedagogical University. Biology.4 (61). 153 – 162.
9. Sytnyk, Yu. M., Arsan, O. M., Morozova, A. O. (2000). Hidrokhimichni doslidzhennia richok Stokhid ta Prypiati vlitku 2000 roku [Hydrochemical studies of the Stokhid and Pripyat rivers in the summer of 2000]. Available at: <http://www.eprints.zu.edu.ua/2303/1/01syumcp.pdf>.
10. Solovei, T. V. (2004). Otsinka vplyvu hidrolohichnykh chynnykiv na yakist richok baseinu verkhnoho Prutu v malovodnyi period roku. [Estimation of the influence of hydrological factors on the quality of the rivers of the upper Prut basin during the shallow water period of the year:]. Yuriy Fedkovich Chernivtsi National University. Chernivtsi. 22 .
11. Fesiuk, V. O. (2016). Suchasnyi ekolohichni stan ta perspektyvy ekolohichno bezpechnoho stiikoho rozvytku Volynskoi oblasti. [The current ecological state and prospects of environmentally safe sustainable development of the Volyn region]. Kyiv: TOV «Pidpriemstvo VI EN EI» . 316.
12. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha u Volynskii oblasti v 2016 rotsi (2017). [Regional report on the state of the environment in the Volyn region in 2016.] Lutsk. 256 .

Надійшла до редколегії 25.08.2017

УДК 502.5; 581.5

Г. В. ФЕДОРОВА, канд. хим. наук, доц., Ю. Н. ШАЛОУМОВ

Одесский государственный экологический университет

ул. Львовская, 15, г. Одесса, 65016

e-mail: fedogalavl@gmail.com; shaloumov_yuri@mail.ua

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОИНДИКАЦИОННОГО МЕТОДА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТА КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО (*ACER PLATANOIDES L.*) ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Цель. Контроль состояния среды как многокомпонентной системы с причинно-следственной связью нарушений симметрии листа клена методом ФА. **Методы.** Фитоиндикация с использованием в качестве биоиндикаторов растений (листьев клена). Метод флуктуирующей асимметрии: измерения 4-х параметров листа с левой и правой сторон и фиксация формы макушки. Математическая обработка результатов всех измерений (1376 промеров) на базе программы Microsoft Excel. **Результаты.** Осуществлена статистическая оценка промеров листьев по 7 показателям мер центральной тенденции и изменчивости. Рассчитан показатель флуктуирующей асимметрии для биоматериала всех исследованных площадок шести районов г. Одеса в летний период 2016 г. и произведена их проверка на нормальное распределение. Установлено качество среды разных районов курортного города и загородной зоны по двум балльным системам. **Выводы.** Статистическая обработка всех промеров листовых пластинок показала пригодность использования измеряемых признаков и самого листа клена для целей фитоиндикации. Показана обоснованность использования балльной системы Г. М. Мелькумова при определении качества среды по интегральному показателю флуктуирующей асимметрии листа клена остролистного. Фактически, промышленные зоны города, его парковая и центральная части имеют одинаково высокую степень загрязнения, хотя и не достигающую критического уровня.

Ключевые слова: биоиндикатор, фитоиндикация, деформация, стресс, билатеральная симметрия, интегральный показатель асимметричности, статистическая обработка, антропогенное загрязнение

Fedorova G. V., Shaloumov Yu. N.

Odessa State Environmental University

USE OF THE BIOINDICATION METHOD OF FLUCTUATING ASYMMETRY OF THE MAPLE LEAF (*ACER PLATANOIDES L.*) FOR ASSESSING THE QUALITY OF THE ENVIRONMENT IN THE POPULATED AREAS

Such natural sciences as biology, biogeochemistry, ecology and geobotany study and use bioindication. It is a modern new and helpful scientific direction. The methodology of fluctuating asymmetry worked out in the framework of phytoindication is a convenient, cheap and the closest to natural objects tool for studying of macroscopic changes in the development of bioobjects owing to the negative natural and anthropogenic stress effects. **Purpose.** Evaluation of the quality of the environment on the violation of the bilateral symmetry of the maple leaf and the appearance of a fluctuating asymmetry of the sides of the leaf's sheet relative to the central vein under the influence of the anthropogenic load. Analysis of well-known evaluation systems for assessing the quality of the environment. **Methods.** Phytoindication as one of the bioindication methods with using plants (maple leaves). The fluctuating asymmetry method: measuring 4 parameters on the left and right sides of a leaf and defining of the form of a leaf top. Mathematical processing of the results of all measurements (1376 measures) based on the Microsoft Excel program. **Results.** A statistical evaluation of the leaf measures was made for 7 indices of the central tendency and variability. The fluctuation asymmetry index for the biomaterial of all the investigated sites of six districts in Odessa in the summer period of 2016 was calculated and tested for normal distribution. The quality of the environment is determined using two point systems in the different areas of the resort city and the suburb. **Conclusions.** Statistical processing of all platelet measurements showed the suitability of using the measured features and the maple leaf itself for the purpose of phytoindication. A greater validity of the G.M. Melkumov's point system was shown when determining the quality of the environment by the integral fluctuation asymmetry index of the maple leaf. In fact, the industrial zones of the city, its park and central parts have a high degree of pollution, although not reaching a critical level.

Key words: bioindicator, phytoindication, deformation, stress, bilateral symmetry, integral index of asymmetry, statistical treatment, anthropogenic pollution

Федорова Г. В., Шалоумов Ю. М.

Одеський державний екологічний університет

ВИКОРИСТАННЯ БІОІНДИКАЦІЙНОГО МЕТОДА ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ЛИСТЯ КЛЕНА ГОСТРОЛИСТОГО (*ACER PLATANOIDES L.*) ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Мета. Контроль стану середовища як багатоконпонентної системи з причинно-наслідковим зв'язком порушень симетрії листа клена методом ФА. **Методи.** Фітоіндикація з використанням як біоіндикаторів рослин (листя клена). Метод флуктууючої асиметрії: вимірювання 4-х параметрів листка з лівого та

правого боків і визначення форми верхівки листа. Математична обробка результатів всіх вимірювань (1376 промірів) на базі програми Microsoft Excel. **Результати.** Проведено статистичну оцінку вимірювань за 7-а показниками мір центральної тенденції та мінливості. Розраховано показники флюктууючої асиметрії для біоматеріалу всіх досліджених майданчиків шести районів м. Одеса у літній період 2016 р. та проведено їх перевірку на нормальний розподіл. За двома бальними системами встановлено якість середовища різних районів курортного міста та його загородної зони. **Висновки.** Статистична обробка промірів листової пластинки встановила придатність використання вимірюваних ознак і самого листа клена для цілій фітоіндикації. Оцінку якості середовища проводили за двома бальними системами. Показана обґрунтованість бальної системи Г. М. Мелькумова при визначенні якості середовища за інтегральним показником флюктууючої асиметрії листа клена гостролистого. Фактично, промислові зони міста, його паркова і центральна частини мають високий ступінь забруднення, хоча не сягають критичного рівня.

Ключові слова: біоіндикатор, фітоіндикація, деформація, стрес, білатеральна симетрія, інтегральний показник асиметричності, статистична обробка, антропогенне забруднення

Введение

Одним из разделов современной биогеохимии [1] является научное направление – биоиндикация. Проблемы биоиндикации изучают также биология и экология. Все эти науки объединяет проблема качества среды обитания, биоиндикаторами которой, несущими значительную антропогенную нагрузку, являются древесные растения. Использование такого органа ассимиляции, как лист с его динамичным откликом на загрязнение среды и метода флюктуирующей асимметрии дает возможность с минимальными затратами, достаточно быстро оценить качество среды населенных пунктов или отдельных районов мегаполисов.

С момента своего зарождения еще до нашей эры в трудах Теофраста, Л. Ю. Колумеллы, М. Катона, Плиния Старшего, последующих работ М. В. Ломоносова, А. Гумбольдта, А. Штекхарда в XVIII и XIX вв. биоиндикация определялась как оценка состояния окружающей среды по реакциям живых организмов. Термин «биоиндикация» и обоснование ее сути как научного направления были даны А. П. Карпинским. Одним из направлений геоботаники биоиндикацию рассматривали на рубеже XIX и XX вв. А. Н. Краснов и Р. И. Аболин. В конце XX в. биоиндикация толковалась как изменение параметров состояния или выходных параметров биологических систем [2]. До недавнего времени биоиндикацию считали биологическим методом обнаружения и определения экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания [3]. В 2012 г. биоиндикацию назвали наукой, сформировавшейся в границах экологии [4]. Выше изложенное свидетельствует об актуальности

биоиндикационной тематики в биогеохимии и смежных науках, непрерывном развитии и совершенствовании методов биоиндикации, ее определений и терминологии.

Одним из видов биоиндикации является фитоиндикация, использующая растения в качестве биоиндикаторов. Для характеристики экологического состояния больших территорий мегаполисов наиболее пригодны древесные растения; при выборе анализируемого органа деревьев и для оценки его состояния преимущество отдается листу, билатеральная симметрия которого в идеале характеризует благополучные условия произрастания, а ее нарушения с проявлением асимметрии – ухудшение состояния среды.

Среди существующих видов асимметрии под флюктуирующей асимметрией (ФА) понимают незначительные ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии [5]. Различия между левой и правой частями органов живого организма при проявлении ФА не являются генетически детерминированными и не могут быть случайными, а возникают вследствие негативных природных или антропогенных стрессовых воздействий на живой объект. Именно эта взаимосвязь и позволяет использовать ФА как доступное для анализа проявление отклика живого организма на стресс.

Целью исследования является контроль состояния среды как многокомпонентной системы с причинно-следственной связью нарушений симметрии листа клена методом ФА.

В основу *задач* исследования легли количественная оценка биометрических показателей и статистическая обработка данных.

Методы исследования

Макробъектом исследования является экологическая обстановка в городе-курорте Одесса, в качестве микрообъекта использовали биоиндикатор – лист клена остролистного. Время сбора биоматериала: летний сезон 2016 г.

Методика и материалы исследования, районы мониторинга и оборудование. Применение в биоиндикации метода ФА по пластическим признакам для контроля стабильности развития растений с переносом оценки их состояния на среду обитания позволило выработать методику [6], используемую в данной работе.

В процессе мониторинга в разных районах г. Одесса были собраны листья, распространенного на юге Украины клена остролистного (*Acer platanoides L.*), использование которого в качестве биоиндикатора описано недостаточно полно и противоречиво [7, 8]. Выбор клена также объясняется его характерным листом специфической формы с билатеральной симметрией и четко выраженными признаками вида. Сбор листьев проводился после остановки их роста и достижения генеративного возрастного состояния в конце летнего сезона. Листья собирались с деревьев, растущих на площадках одного грунта и одинаковой влажности с одинаковыми условиями освещенности солнцем, равноудаленных от предполагаемого источника загрязнения. В основном это были открытые площадки с несколькими видами деревьев, в т. ч. и кленов. Выбор площадок проводился с целью исключения снижения стабильности развития деревьев из-за негативных природных

условий затенения светолюбивого клена. Таким образом, выбор площадок в значительной степени нивелировал возможность влияния естественных стрессовых факторов на развитие листа и его симметрию. На площадках сбор листьев в количестве 10-14 штук осуществлялся с 1-4-х деревьев на каждой площадке.

Листья собирались с укороченных побегов с разных сторон дерева с нижних веток нижней части кроны, чтобы исключить погрешности нарушения развития, связанные с разными стадиями роста этих органов. К сожалению, с высоких деревьев не всегда удавалось достать листья одного размера, что и явилось причиной большого размаха вариации признаков.

Площадки сбора исследуемого материала выбраны в 6 районах города с учетом их предполагаемого загрязнения или его отсутствия: 1) парк им. Т. Г. Шевченко, 50 м от центрального входа с ул. Канатной с интенсивным автомобильным движением; 2) жилой массив в тихом центре по ул. Комитетская вблизи автостоянок и парковки машин; 3) центр города с непрерывным автотранспортным потоком, ул. Ришельевская; 4) цементный завод (посадка у главного входа и окружающая жилая территория); 5) НПЗ – нефтеперерабатывающий завод (главный вход и территория жилых домов); 6) загородная зона (отель-автокемпинг «Затерянный рай», 20 км от Одессы по Киевской трассе).

Для измерения признаков использовали линейку, циркуль, транспортир.

Результаты и их обсуждение

Системой признаков листа клена была выбрана совокупность промеров, рекомендованных [9], характеризующих морфологические особенности листьев с билатеральной симметрией. Промеры снимали с левой (*L*) и правой (*R*) сторон листа по 4 параметрам и фиксировали загиб макушки листа (влево, вправо), ее прямолинейность или раздвоенность.

Измерения правой и левой сторон листьев проводились по таким параметрам:

1) ширина половинок листа слева и справа после сгиба листа пополам; 2) длина 2-ой жилки 2-го порядка слева и справа; 3) рас-

стояние между концами 1-ой и 2-ой жилок 2-го порядка слева и справа; 4) угол между центральной и 2-ой жилкой 2-го порядка слева и справа.

Математическая обработка результатов всех измерений (1376 промеров) проводилась на базе программы Microsoft Excel.

Оценка асимметрии листьев клена осуществлялась в выборке по величине показателя флуктуирующей асимметрии (*FA*), который характеризует степень нарушения развития листовой пластинки и соответствует 5-балльной шкале, оценивающей экологическое состояние среды произрас-

тания для березы повислой [6, 9], рекомендованной авторами и для других видов деревьев, в т. ч. и для клена остролистного, и шкале, предложенной [8] непосредственно для клена (табл. 1).

ФА оценивали по общепринятому методу – расчету интегрального показателя флуктуирующей асимметрии (FA) по величине среднего относительного различия между левой (L_{ij}) и правой (R_{ij}) сторонами

листовой пластины на признак ($m = 4$) для каждого листа и всей выборки (n) для всех площадок сбора биоматериала каждого из шести выбранных районов города:

$$FA = \frac{1}{n \times m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{|L_{ij} - R_{ij}|}{L_{ij} + R_{ij}}$$

Расчет показателей FA осуществлялся с помощью программы Microsoft Excel.

Таблица 1

Балльные системы качества среды произрастания растений по интегральному показателю флуктуирующей асимметрии высших растений

Баллы качества среды обитания [5, 8]	Показатель флуктуирующей асимметрии	Баллы качества среды [7]	Показатель флуктуирующей асимметрии
1 чисто	< 0,04	1 условная норма	< 0,015
2 относительно чисто (норма)	0,04 – 0,044	2	0,016 – 0,025
3 загрязнено (тревога)	0,045 – 0,049	3	0,026 – 0,035
4 грязно (опасно)	0,05 – 0,054	4	0,036 – 0,045
5 очень грязно (вредно)	> 0,054	5	0,046 – 0,055
		Критическое состояние	> 0,056

По внешнему виду все листья имели не только нарушения билатеральной симметрии, но и деформационные изменения листовой пластинки – отклонения от прямой макушки (табл. 2); листья с площадки №4 были покрыты цементной пылью и иссушены; на поверхности листьев площадки

№5 имелись пятнистые некрозы, а при гербарировании на бумаге оставались темные оттиски.

Наименьшие отклонения от прямой макушки имели образцы листьев загородной площадки №6 и тихого центра №2.

Таблица 2

Нарушения прямой верхушки листьев клена

№1 Парк им. Шевченко	№2 Тихий центр ул. Комитетская	№3 Центр ул. Ришельевская	№4 Цементный завод	№5 НПЗ	№6 Загородная зона
52,8 %	10 %	24,2%	36,6 %	30,4 %	15,3 %

Статистическую обработку промеров листовых пластинок (табл.3) осуществляли по таким показателям мер центральной тенденции и изменчивости, как среднее арифметическое значение каждого показателя слева и справа для всех выборок \bar{x} ; размах вариации ($x_{max} - x_{min}$); отклонение каждого промера слева и справа от среднего; дисперсия (D); стандартное отклонение

(среднее квадратическое) s ; стандартное отклонение среднего результата $s_{\bar{x}}$ [10, 11]. Коэффициент осцилляции K_o и коэффициент вариации V_o рассчитывали по формулам:

$$K_o = R/\bar{x} \quad \text{и} \quad V_o = (s/\bar{x}) \cdot 100 \%$$

Таблица 3

Статистическая оценка результатов промеров листа клена остролистного

Площадка сбора листьев	Параметр	Признак							
		№1 Ширина половинки пластины листа		№2 Длина 2-й жилки		№3 Отрезок между 1-й и 2-й жилками		№4 Угол между 1-й и центральной жилками	
		L	R	L	R	L	R	L	R
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№1 Парк им. Шевченко	$(x_{max} - x_{min})$ – размах вариации	4,7	5,3	9,2	6,6	4,5	5,4	16	13
	\bar{x} – среднее значение	7,29	7,33	11,8	12,0	7,96	7,94	38,02	36,8
	s^2 – дисперсия	1,41	1,63	5,35	3,22	1,60	1,37	13,91	9,47
	s – среднее стандартное отклонение	1,19	1,28	2,31	1,79	1,26	1,17	3,73	3,08
	$s_{\bar{x}}$ – стандартное отклонение среднего значения	0,20	0,22	0,39	0,31	0,22	0,20	0,61	0,51
	K_o – коэффициент осцилляции	0,64	0,70	0,78	0,55	0,56	0,68	0,42	0,45
	$V_o, \%$ – коэффициент вариации	16,3	17,5	19,5	14,9	15,9	14,7	9,67	8,36
№2 Тихий центр	$(x_{max} - x_{min})$	3,2	2,8	4,6	3,7	4,9	3,5	18,0	14,0
	\bar{x}	6,94	6,76	11,2	11,0	7,94	7,33	40,30	39,9
	s^2	1,59	1,21	3,60	3,18	2,31	1,49	29,79	17,2
	s	1,26	1,10	1,89	1,78	1,52	1,22	5,46	4,15
	$s_{\bar{x}}$	0,39	0,35	0,60	0,56	0,51	0,41	1,72	1,31
	K_o	0,46	0,41	0,41	0,34	0,62	0,48	0,45	0,35
	$V_o, \%$	18,2	16,3	16,9	16,2	19,1	16,6	13,55	10,4
№3 Центр ул. Ришельевская	$(x_{max} - x_{min})$	5,9	5,6	8,0	10,9	6,3	6,0	38	36
	\bar{x}	6,98	6,96	11,3	11,2	7,48	7,2	47,4	44,2
	s^2	7,79	6,62	6,67	6,49	2,79	3,11	94,72	85,8
	s	2,79	2,57	2,58	2,55	1,67	1,76	9,73	9,26
	$s_{\bar{x}}$	0,49	0,46	0,46	0,46	0,30	0,32	1,70	1,61
	K_o	0,84	0,81	0,71	0,97	0,84	0,83	0,80	0,81
	$V_o, \%$	39,8	36,9	22,8	23,1	22,8	24,9	20,8	21,3
№4 Цементный завод	$(x_{max} - x_{min})$	6,5	6,7	7,1	7,5	2,8	4,7	32	34
	\bar{x}	6,73	6,52	9,73	9,77	6,25	6,23	45,49	43,6
	s^2	2,77	2,28	2,97	3,08	10,3	1,49	76,81	53,6
	s	1,66	1,51	1,72	1,75	1,01	1,22	8,76	7,32
	$s_{\bar{x}}$	0,26	0,23	0,27	0,27	0,19	0,24	1,338	1,11
	K_o	0,83	0,77	0,73	0,77	0,45	0,75	0,703	0,78
	$V_o, \%$	24,7	23,2	17,7	17,9	16,2	19,6	19,27	16,8
№5 НПЗ	$(x_{max} - x_{min})$	6	6,1	10,5	10,7	6,2	6,3	30	31
	\bar{x}	7,15	7,22	10,6	10,8	7,05	7,24	44,98	45,0
	s^2	3,47	2,92	8,7	8,45	4,45	5,62	66,11	59,5
	s	1,86	1,71	2,95	2,88	2,11	2,37	8,13	7,71
	$s_{\bar{x}}$	0,27	0,25	0,44	0,43	0,32	0,36	1,19	1,14
	K_o	0,84	0,84	0,98	0,98	0,88	0,87	0,66	0,69
	V_o	26,1	23,7	27,7	26,6	31,8	32,8	18,08	17,1

Продолжение табл. 3									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№6 Загородная зона отдыха автокемпинг «Затерянный рай»	$(x_{max} - x_{min})$	4,5	6	7,6	7,5	4,7	4,7	30	25
	\bar{x}	6,44	6,39	10,0	9,97	7,22	7,11	45,23	45,1
	s^2	2,24	2,19	4,92	4,48	2,21	1,66	72,03	43,6
	s	1,50	1,48	2,22	2,12	1,49	1,29	8,49	6,60
	$s_{\bar{x}}$	0,42	0,41	0,62	0,59	0,41	0,36	2,36	1,83
	K_o	0,69	0,94	0,76	0,75	0,65	0,66	0,66	0,55
	V_o	23,3	23,2	22,2	21,3	20,6	18,1	18,77	14,6

Коэффициент осцилляции K_o характеризует колебание крайних значений каждого признака вокруг среднего арифметического значения.

Расчет V_o , продиктован необходимостью установления соответствия выбранной методики ФА для клена как биоиндикатора среды действительному состоянию условий его произрастания. Безразмерность этой статистической характеристики позволяет сравнивать варьирование несоизмеримых вариационных рядов. Индивидуальную изменчивость признаков устанавливали по разработанной С. А. Мамаевым [12] эмпирической шкале оценки уровней изменчивости признаков древесных растений по их коэффициентам вариации. Совокупность с $V_o > 35\%$ принято считать неоднородной, чем меньше V_o , тем однороднее совокупность по изучаемому признаку. Результаты расчетов показали, что по всем признакам в 6 исследуемых районах с учетом всех площадок сбора листьев в целом уровни изменчивости находились в диапазоне от низких до повышенных и не достигали высокого (31–40 %) и очень высокого уровня (> 40 %). Высокий уровень изменчивости наблюдался только в двух случаях промеров: ширины листовой пластинки клена (L и R) на ул. Ришельевской и расстояния между концами 1-ой и 2-ой жилок 2-го порядка (L и R) площадки НПЗ (табл. 3), однако и он не достигал критического 40 %, что указывает на применимость и практическую ценность вида клен остролистный как биоиндикатора и правомочность использования методики ФА для клена при оценке качества городского воздуха.

По всем мерным признакам установлены средние и повышенные уровни изменчивости, соответствующие коэффициентам вариации в диапазонах 13–20% и 21–30 %, соответственно.

Низкий уровень изменчивости (8–12 %)

зафиксирован также в двух случаях промеров признака 4: листьев парковой зоны (L и R) и тихого центра, ул. Комитетская (R).

Очень низкий уровень изменчивости (< 7 %) не был зафиксирован ни в одной из зон. Предполагаемая, наиболее чистая загородная зона по разным промерам также соответствовала среднему и повышенному уровням V_o .

После расчета показателя асимметричности FA провели проверку массива полученных величин на нормальное распределение и усреднили. показатели флуктуирующей асимметрии для всех площадок каждого района.

Соответствие средних значений коэффициентов FA разных районов города баллам качества среды, рекомендованными В.М. Захаровым [6, 9], представлены на рис. 1, что свидетельствует о загрязнении летом 2016 г. окружающей среды мегаполиса и опасной экологической обстановке в центре курортного города, где уровень загрязнения вплотную приблизился к баллам, характеризующим критическое состояние (> 0,54).

Таким образом, загрязнение промышленных зон и центральных частей города (парк им. Шевченко и тихий центр Молдаванки) в первом приближении одинаково. Объяснение такой ситуации состоит в том, что поскольку нефтеперерабатывающий завод последние несколько лет простаивает, а цементный завод не работает на полную мощность, основным источником загрязнения во всех исследуемых районах Одессы является автомобильный транспорт. Наибольшая интенсивность движения автомобильного потока в течении суток наблюдается в центральной части города, в которой одной из особенно загруженных транспортных артерий является ул. Ришельевская.

Известна балльная система качества среды обитания живых организмов также

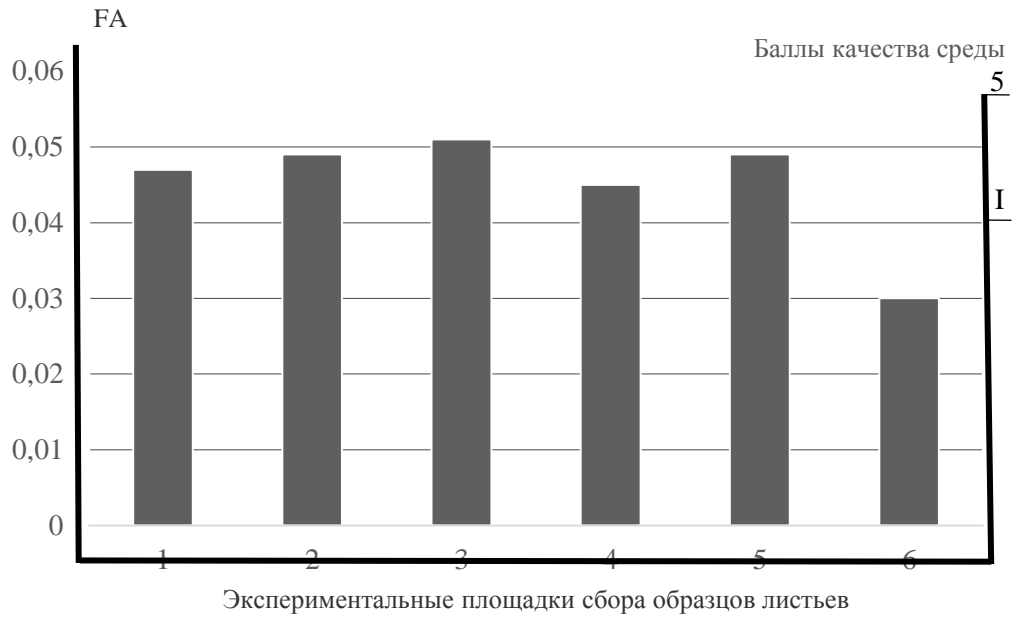


Рис. 1 – Показатель *FA* и баллы качества среды [6, 9] на площадках №№1-6 г. Одесса

по показателю флуктуирующей асимметрии, предложенная А. Б. Стрельцовым [3] и предназначенной для всех видов высших растений, однако в ней пятибалльная система имеет очень узкий диапазон соответствия показателю *FA*: $< 0,0018 - > 0,04$. Т. е. критический уровень загрязнения среды (> 5 баллов) достигается при величине показателя флуктуирующей асимметрии 0,04, что по системе В. М. Захарова с сотр. соответствует двум баллам – относительно чистой среде (норма), (табл. 1).

На наш взгляд, для современных урбанизированных территорий с их насыщенным автомобильным движением, запыленностью и производственными выбросами в атмосферу такой сужений интервал показателей не может реально отражать качество среды.

Наиболее реальной для применения в современных городах является система балльного соответствия показателям флуктуирующей асимметрии, разработанная

Г. М. Мелькумовым и В. Э. Волковым, согласно которой состояние среды в г. Одесса характеризуется как приближающееся к критическому по всем зонам сбора биоматериала, даже загородная зона соответствует 3 баллам (табл. 4). Балл 4 для зоны цементного завода соответствует максимуму диапазона *FA* 0,045, т. е. вплотную приближенному к оценке 5 для всех остальных районов, кроме загородной зоны.

Последнее объяснимо большей обоснованностью этой шкалы, которая позволяет дать более объективную оценку состоянию среды. Очевидно, что нахождение в загородной зоне автокемпинга с автостоянкой и постоянным маневрированием машин не может соответствовать абсолютно безопасной и чистой среде.

Соотнесение показателей *FA* клена балльным системам качества среды, составленным В. М. Захаровым [6, 9] для березы и Г. М. Мелькумовым [8] для клена представлено в табл. 4.

Таблица 4

Соответствие коэффициента флуктуирующей асимметрии (*FA*) клена остролистного (*Acer Platanoides L.*) известным балльным системам качества среды

№ площадки	Показатель <i>FA</i>	Баллы по системе Захарова [6, 9]	Баллы по системе Мелькумова и Волкова [8]
№1 (Парковая зона)	0,047	3	5
№2 (Тихий центр)	0,049	3	5
№3 (Центр, ул. Ришельевская)	0,051	4	5
№4 (Цементный завод)	0,045	3	4
№5 (НПЗ)	0,049	3	5
№6 (Загородная зона)	0,030	1	3

Анализ оценок качества среды по известным балльным системам показал, что, по всей вероятности, усиление техногенного влияния на все компоненты биосферы и постепенная адаптация биоты к антропо-

генному стрессу периодически вынуждают пересматривать квоты экологической безопасности, представленные в эмпирических системах.

Выводы

1. Создан массив двусторонних промеров по 5 морфологическим признакам листьев клена, собранных в 6 районах на 14 площадках г. Одесса летом 2016 г. Статистическая обработка промеров листовых пластинок клена показала пригодность использования измеряемых признаков и самого листа клена остролистного для определения качества городской среды методом флуктуирующей асимметрии.

2. Для оценки качества среды разных районов г. Одесса методом флуктуирующей асимметрии произведен расчет показателей *FA* для пластических признаков листа клена остролистного (*Acer platanoides L.*) и их проверка на нормальное распределение.

3. Интерпретация полученных результатов величин *FA* по балльной системе В. М. Захарова с сотр., составленной для березы повислой и предлагаемой для других древесных растений, показывает, что состояние среды в городской черте и промышленных зонах фактически одинаковое и соответствует оценке «загрязнено», наихудший результат «грязно, опасно» отмечен на ул. Ришельевской, при этом загородная зона абсолютно благополучна (1 балл).

4. Наиболее оптимальной является балльная система оценки качества среды Г. М. Мелькумова и В. Э. Волкова, хорошо сочетающаяся с визуальной оценкой состояния листьев и имеющая большую балльную раздробленность. Высшая граница диапазона показателей *FA* (критическое состояние среды) в этой системе более приближена к реальному экологическому состоянию крупных населенных пунктов, а снижение минимального уровня показателя *FA* с одновременным введением дополнительного класса баллов позволяет более точно оценить экологическую ситуацию.

В нашем исследовании это подтверждает оценка загородной зоны в категории 3-х баллов (загрязнено, тревога), поскольку очевидно, что территория автокемпинга с постоянным движением машин не может соответствовать баллам абсолютно чистой среды (условной норме) как это устанавливается балльной системой Захарова. Система оценки качества среды В. М. Захарова создавалась для заповедных зон и результативна в условиях умеренного антропогенного загрязнения.

Литература

1. Федорова Г. В. Біогеохімія для екологів : Навч. посібник. Одеса : Екологія, 2015. 284 с.
2. Вайнер Э., Вальтер Р., Ветцель Т. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. Москва: Мир, 1988. 348 с.
3. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. ВУЗов / О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева, Т. И. Евсеева и др. ; под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Сарапульцевой. М. : Изд. центр «Академия», 2008. С. 4, 79.
4. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. К.: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2012. С. 10.
5. Van Valen L. Study of fluctuating asymmetry. *Evolution*. 1962. Vol. 16. № 2. P. 125-146.
6. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов и др. М. : Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
7. Щербаков А. В., Королькова Е. О. Флуктуирующая асимметрия листа клена остролистного (*Acer platanoides L.*) как индикаторный показатель качества среды. *Социально-экологические технологии*. 2015. №1-2. С. 111-121.
8. Мелькумов Г. М., Волков Д. Э. Флуктуирующая асимметрия листовых пластинок клена остролистного (*Acer platanoides L.*) как тест экологического состояния паркоценозов городской зоны. *Вестник ВГУ. Сер. География*. 2014. №3. С. 95-98.
9. Захаров В. М., Чубанишвили А. Т. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. М. : Центр экологической политики России. 2001. 136 с.
10. Федорова Г. В. Практикум з біогеохімії для екологів : Навч. посібник. Київ : КНТ. 2007. С. 89-91.

11. Лакин Г. Ф. Биометрия : Учеб. пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа. 1990. 352 с.
12. Мамаев С. А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений. Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск. 1975. С. 3-14.

References

1. Fedorova, G. V. (2015). Bioheokhimiia dlia ekologiv: navch. posibnyk [Biogeochemistry for ecologists]. Odesa : Ekolohiia. 284 [in Ukrainian].
2. Vainer E.. Bioindikatsiya zagryaznenii nazemnykh ekosistem [Bioindication of pollution of terrestrial ecosystems] / E. Vainer, R. Valter, T. Vetcel'. Moskva : Mir, 1988. 348 [in Russian].
3. Biologicheskii kontrol' okruzhayushchei sredy: bioindikatsiya i biotestirovanie : ucheb. posobie dlya stud. VUZov [Biological control of the environment: bioindication and biotesting : manual for university students] / O. P. Melekhova, E. I. Sarapultseva, T. I. Evseeva et al.; pod red. O. P. Melekhovoi i E. I. Sarapultsevoi. M. : Izd. centr «Akademiya», 2008. 4, 79 [in Russian].
4. Didukh, YA. P. (2012). Osnovy bioindykatsii [The basics of bioindication]. Kyiv : NVP «Vydavnytstvo «Naukova dumka» NAN Ukrainy». 10 [in Ukrainian].
5. Van Valen, L. (1962). Study of fluctuating asymmetry // Evolution. Vol. 16. № 2. 125-146 [in English].
6. Zdorov'e sredy: metodika otsenki / V. M. Zakharov, A. S. Baranov, V. I. Borisov i dr. [Health of the environment: methodology of estimation]. M.: Centr ekologicheskoi politiki Rossii, 2000. 68 [in Russian].
7. SHCHerbakov, A. V., Korol'kova, E. O. (2015). Fluktuiruyushchaya asimmetriya lista klena ostrolistnogo (*Acer platanoides L.*) kak indikatsionnyi pokazatel' kachestva sredy [Fluctuating asymmetry of maple leaf (*Acer platanoides L.*) as indicatory index of quality of the environment]. Sotsial'no-ekologicheskie tekhnologii [Social and ecological technologies]. №1-2. 111-121 [in Russian].
8. Mel'kumov, G. M., Volkov, D. E. (2014). Fluktuiruyushchaya asimmetriya listovykh plastinok klena ostrolistnogo (*Acer platanoides L.*) kak test ekologicheskogo sostoyaniya parkotsenozov gorodskoi zony [Fluctuating asymmetry of sheet plates of maple (*Acer platanoides L.*) as test of the ecological state of parkcenosises of the municipal zone]. Vestnik VGU [Bulletin of VSU]. Series : Geography. №3. 95-98 [in Russian].
9. Zakharov, V. M., Chubanishvili A. T. (2001). Monitoring zdorov'ya sredy na okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh [Monitoring of health of the environment on the guarded natural territories]. M. : Centr ekologicheskoi politiki Rossii. 136 [in Russian].
10. Fedorova G. V. (2007). Praktykum z bioheokhimii dlya ekologiv : navch. posibnyk [Practical work on biogeochemistry for ecologists]. Odesa : Ekolohiia. 284 [in Ukrainian].
11. Lakin, G. F. (1990). Biometria : ucheb. posobie dlya biol. spec. VUZov. 4-e izd., pererab. i dop. [Biometry]. M. : Vysshaya shkola. 352 [in Russian].
12. Mamaev, S. A. (1975). Osnovnye printsypy metodiki issledovaniya vnutrividovoi izmenchivosti drevesnykh rastenii [Basic principles of the methodology of the investigation of intraspecific variability of arboreal plants]. Individual'naya i ekologo-geograficheskaya izmenchivost' rastenii [Individual, ecological and geographical variability of plants]. Sverdlovsk. 3-14 [in Russian].

Надійшла 27.08.2017

УДК 621.43.068

А. П. ПОЛИВ'ЯНЧУК¹, д-р техн. наук, проф., О. І. КАСЛІН²,
М. Ф. СМІРНИЙ¹, д-р техн. наук, проф., О. П. СТРОКОВ³, д-р техн. наук, проф.,
О. О. СКУРІДИНА⁴

¹Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна
e-mail: armail@meta.ua

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова, 21, м. Харків, 61002, Україна
e-mail: dvs@kpi.kharkov.ua

³Класичний приватний університет
вул. Жуковського 70-б, м. Запоріжжя, 69002, Україна
e-mail: kpuinform@gmail.com

⁴Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,
проспект Центральний, 59-а, м. Сєвєродонецьк, 93400, Україна
e-mail: icd@snu.edu.ua

СТВОРЕННЯ НА БАЗІ МІКРОТУНЕЛЮ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДИНАМІЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ ДИЗЕЛЬНИХ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК

Мета. Створення вітчизняної універсальної системи динамічного контролю викидів твердих частинок від дизелів різних типів на базі вимірювального комплексу з мікротунелем МКТ-2. **Методи:** Аналіз та синтез інформації, математичне моделювання, розрахунковий експеримент. **Результати.** Розглянуті сучасні методи динамічного контролю викидів дизельних твердих частинок, визначено їх технічні характеристики. Розроблено принципову схему методу динамічного контролю викидів твердих частинок з оптичним чутливим елементом. **Висновки.** Визначено технічні можливості мікротунеля МКТ-2 при проведенні екологічного діагностування різних двигунів. Обґрунтовано рекомендації щодо створення на базі МКТ-2 універсальної системи контролю викидів твердих частинок від транспортних дизелів.

Ключові слова: дизель, відпрацьовані гази, тверді частинки, динамічний контроль, мікротунель, концентрація, димність

Polivyanchuk A. P.¹, Kaslin O. I.², Smirny M. F.¹, Strokov O. P.³, Skuridina O. O.⁴

¹ O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

² National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

³ Classic Private University

⁴ Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

CREATION OF THE UNIVERSAL SYSTEM OF DYNAMIC CONTROL OF EMISSIONS OF DIESEL SOLID PARTICLES ON THE BASIS OF MICROTUNNEL

Purpose. Creation of a national universal system of dynamic control of particulate emissions from diesel engines of different types – automobile, diesel, tractor, court and others on the basis of the measuring complex with the microtunnel MKT-2. **Methods.** Analysis and synthesis of information, mathematical modeling, calculated experiment. **Results.** The modern dynamic methods of control of emissions of diesel particulate matter are analyzed: Method for Real-Time Mass Microbalance, Tapered Element Elemental Microscopic Microbalance – TEOM, Quartz Crystal Microbalance – QCM and Laser Induced Incandescence – LII, their technical characteristics are determined. A schematic diagram of a dynamic method for controlling emissions of solid particles with an optical sensitive element has been developed. A procedure has been developed for determining the permissible degree of dilution of diesel exhaust gases by air in the tunnel. **Conclusions.** The technical capabilities of the microtunnel MKT-2 for environmental diagnostics of various engines have been determined. The recommendations on the creation of a universal system for the ecological diagnosis of transport diesels based on MKT-2 have been substantiated. It has been established ranges of variation of the dilution coefficients of exhaust gases in the tunnel are established for testing diesel engines corresponding to various norms of the Euro. The necessity of using a gas sample cooler in a tunnel is verified when controlling the concentration of solid diesel particles meeting the requirements of Euro-6 standards.

Keywords: diesel, exhaust gases, particulate matter, dynamic control, microtunnel, concentration, smoke

Поливянчук А. П.¹, Каслин А. И.², Смирный М. Ф.¹, Строков А. П.³, Скуридина Е. А.⁴

¹ Харьковський національний університет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

² Национальний технічний університет «Харьковский политехнический институт»

³ Классический приватный университет

⁴ Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

СОЗДАНИЕ НА БАЗЕ МИКРОТУННЕЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

Цель. Создание отечественной универсальной системы динамического контроля выбросов твердых частиц от дизелей различных типов на базе измерительного комплекса с микротуннелем МКТ-2. **Методы.** Анализ и синтез информации, математическое моделирование, расчетный эксперимент. **Результаты.** Проанализированы современные методы динамического контроля выбросов дизельных твердых частиц, определены их технические характеристики. Разработана принципиальная схема метода динамического контроля выбросов твердых частиц с оптическим чувствительным элементом. **Выводы.** Определены технические возможности микротуннеля МКТ-2 при проведении экологического диагностирования различных двигателей. Обоснованы рекомендации по созданию на базе МКТ-2 универсальной системы контроля выбросов твердых частиц от транспортных дизелей.

Ключевые слова: дизель, отработавшие газы, твердые частицы, динамический контроль, микротуннель, концентрация, дымность

Вступ

Відомо, що робота транспортних дизелів різного призначення супроводжується викидами у атмосферу шкідливих речовин – продуктів згоряння палива, що сприяє розвитку екологічних проблем міст, зокрема: погіршенню якості повітря, утворенню смогів, випадінню кислотних опадів та ін.

До складу найбільш небезпечних за дією на організм людини та навколишнє середовище речовин у складі відпрацьованих газів (ВГ) дизелів відносять тверді частинки (ТЧ), які визначають як весь матеріал, зібраний на спеціальних фільтруючих засобах після пропускання крізь них ВГ, розбавлених чистим повітрям до температури, що не перевищує 52 °С [1].

Для проведення контролю нормованих викидів дизельних ТЧ використовують складні високовартісні вимірювальні комплекси – розбавляючі тунелі, які в сучасних умовах екологічної модернізації двигунів повинні володіти такими властивостями, як: *висока універсальність* – можливість використання в екологічному діагностуванні дизелів різних типів: автомобіль-

них, тепловозних, тракторних, суднових та ін.; *динамічність* – можливість контролю миттєвих значень викидів ТЧ в ході виконання транзйентних випробувальних циклів: European Transient Cycle (ETC), Worldwide Transient Vehicle Cycle (WTVC), Worldwide heavy-duty transient cycle (WHTC), ін. [2–6]; *висока точність* – можливість вимірювань наднизьких концентрацій ТЧ з чутливістю до ± 2 мкг/м³ в діапазонах: 1,25 ... 0,25 ... 0,063 мг/м³, які відповідають вимогам норм Євро-3, Євро-4,5 та Євро-6, відповідно [7–9]; *компактність, мобільність та низька вартість обладнання.*

З метою створення вітчизняної системи вимірювань викидів дизельних ТЧ, яка має вказані властивості, авторами проаналізовано сучасні методи динамічного контролю ТЧ, розроблено метод динамічного визначення викидів ТЧ з оптичним чутливим елементом та запропоновано його використання на базі компактного автоматизованого вимірювального комплексу з микротунелем МКТ-2 [10,11].

Методи досліджень

Аналіз сучасних методів динамічного контролю викидів дизельних ТЧ. Ще в 70...80-х роках минулого століття значною популярністю користувалися так звані мікроваги, в основі дії яких лежить зміна частоти власних коливань чутливого елемента (кварцового кристала) залежно від маси матеріалу, що осідає на його поверхні [4–6]. Потім увага до цього методу зменшилась в наслідок проблем, пов'язаних з перевантаженням кристала при високих рівнях викидів ТЧ, відскоком частинок внаслідок неідеального з'єднання з уловлюючою поверхнею та проблем з калібру-

ванням. Але зменшення норм на викиди дизельних частинок і використання сучасних технологій дозволяють дати даному методу друге життя та забезпечити ефективність його застосування при проведенні безперервного аналізу викидів ТЧ в ході випробувань дизелів за циклами змінних режимів. Метод вимірювання масової концентрації ТЧ в реальному масштабі часу, що здійснюється за допомогою вимірювання змін частоти коливань чутливого елемента, на якому осідають частинки, отримав назву *Method for Real-Time Mass Microbalances*. Перевагою даного методу в порі-

внянні з іншими динамічними методами є те, що він дозволяє визначати саме масу частинок, які осідають на фільтрі.

Метод мікроваг з конічним чутливим елементом, що коливається – *Tapered element oscillating microbalance* – ТЕОМ за-

снований на відповідності резонансної частоти коливань уловлювача, який використовується для збирання частинок, з масою матеріалу, що уловлюється (рис. 1) [2].

Принцип дії методу ТЕОМ полягає у наступному. ВГ протягом випробувань без-

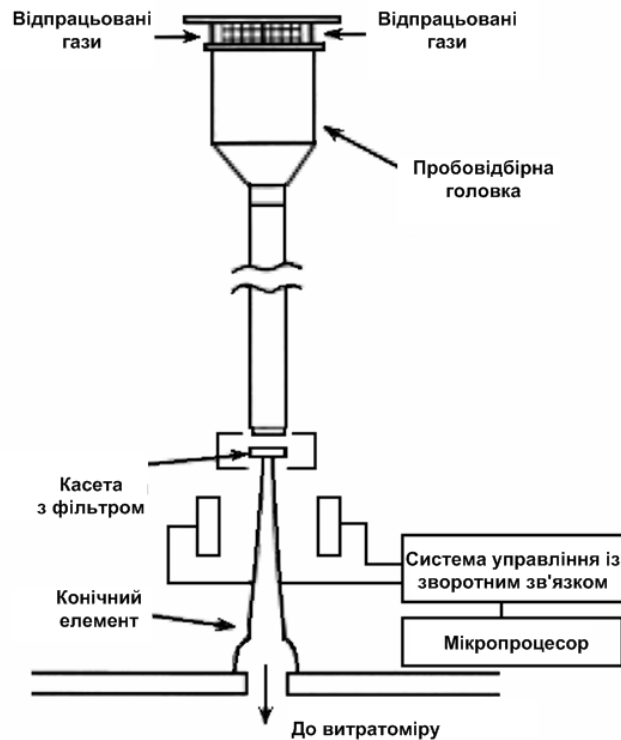


Рис. 1 – Принципова схема методу ТЕОМ

перервно проходять через вакуумний конічний елемент з нержавіючої сталі, на вході в який розташована касета з фільтром для уловлювання ТЧ. Діаметр верхньої горловини елемента становить 2 мм. Конічний елемент безупинно приводиться в коливальний рух у вертикальній площині з частотою порядку 100 Гц. Збільшення загальної маси пристрою при осадженні ТЧ на фільтрі призводить до зміни частоти коливань уловлювача в цілому, що реєструється оптико-електронною системою спостереження із зворотним зв'язком. Це дозволяє безперервно реєструвати масу накопичених частинок та розраховувати їх миттєву концентрацію у ВГ з роздільною здатністю в декілька секунд, а також розраховувати середню концентрацію частинок за цикл випробувань. Межа детектування концентрації ТЧ дорівнює приблизно 2 мкг/м^3 . Метод забезпечує високу узгодженість результатів зі стандартною гравіметричною процедурою визначення вмісту ТЧ у ВГ за рахунок однакового механізму вловлювання части-

нок [8]. Однак при високому вмісті летючого матеріалу (вуглеводнів) метод дає занижені результати.

Мікроваги з п'єзоелектричним чутливим елементом – *Quartz Crystal Microbalance* – QCM мають той же принцип роботи, що й ТЕОМ [3]. При цьому в якості чутливого елемента використаний п'єзоелектричний датчик, який являє собою кварцовий кристал. Такі кристали є найпростішими гармонійними осциляторами з природною частотою $\sim 5 \text{ МГц}$. Принцип дії датчика заснований на п'єзоелектричному ефекті - виникненні електричного заряду на протилежних гранях кристалу, який має форму прямокутного паралелепіпеду, при його деформації під дією стискаючого або розтяжного зусилля. Для вимірювання електричних зарядів, що виникають на протилежних гранях кварцової пластини, останні покривають металевим шаром, в результаті чого утворюється конденсатор. Кварц має низьку температурну чутливість і має значний модуль пружності – $8 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$, що до-

зволяє здійснювати вимірювання при незначних переміщеннях [9]. П'єзоелектричні чутливі елементи дають можливість контролювати процеси, що швидко протікають, оскільки заряди утворюються практично безінерційно.

Через виборчий вхід частинки діаметром менше 2,5 мкм надходять у вимірювальний пристрій і проходять через зону коронного розряду, де отримують позитивний заряд (рис. 2). За рахунок дії електростатичних сил заряджені частинки осідають на поверхні кварцового кристалу, частота коливань якого змінюється відповідно до ма-

си осаджувального матеріалу. При цьому зміна частоти коливань кристалу носить лінійний характер, що забезпечує можливість проводити вимірювання навіть при незначних відкладеннях частинок та, відповідно, при невеликих змінах їхньої маси. Невеликі маси відкладень дозволяють кристалу з частинками вібрувати як єдине ціле. Оскільки частота власних коливань кварцу надзвичайно висока, то механічні коливання не можуть вплинути на результати вимірювань, чим забезпечується надійність датчика при високій роздільній здатності – 2 мкг/м³.

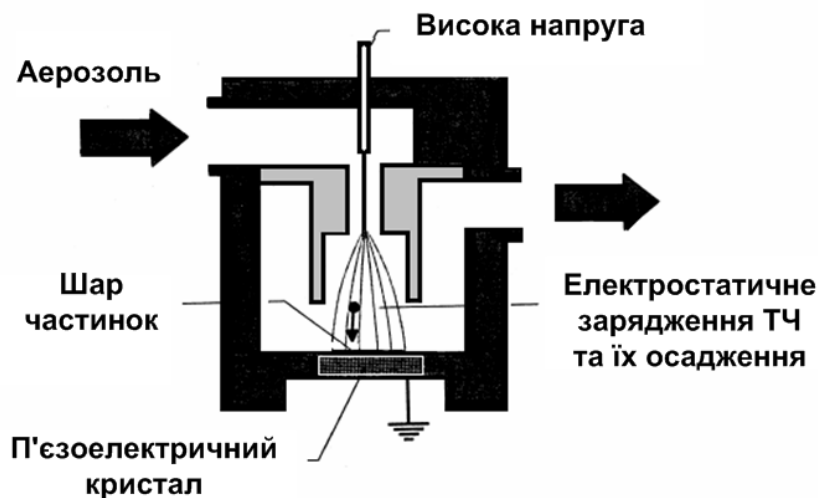


Рис. 2 – Схема мікроваг з п'єзоелектричним чутливим елементом

Кореляція результатів QCM та стандартного гравіметричного методу в діапазоні 0,2...2,5 мкг/м³ становить майже 0,95. Цей метод є одним з найбільш ефективних при вимірюванні низьких рівнів викидів ТЧ, наприклад, якщо дизель оснащений сажовим фільтром. Він показує більш високу відтворюваність, ніж стандартний гравіметричний метод вимірювань. Коефіцієнт варіації результатів методу QCM протягом одного дня не перевищує 10 % для транзійтних циклів, при цьому варіація результатів між випробуваннями, зробленими в різні дні складає 15 ... 30 % [8].

Метод лазерного розжарювання ВГ – Laser Induced Incandescence - LII дозволяє одночасно проводити вимірювання масової концентрації дисперсних частинок, розмірів первинних частинок сажі та лічильної концентрації ТЧ одним приладом [2,3,12]. Основний принцип вимірювань полягає у швидкому нагріванні частинок сажі високоенергетичним лазерним імпульсом до температури ~ 4000 К та аналізі термічного ви-

промінювання, яке при цьому утворюється. У момент, коли температура нагріву частинок максимальна, сигнал детектору майже пропорційний об'ємній та масовій концентраціям ТЧ у обсязі проби, аналізується. При високій інтенсивності лазерного випромінювання (кілька десятків мВт/см²) ТЧ досягають температури близько 4000 К за кілька наносекунд. При довжині хвилі детектування ~530 нм інтенсивність термічного випромінювання збільшується на кілька порядків і стає можливим чітко відділення сигналу детектору від фонового свічення.

Аналізатор ЛІ складається з джерела випромінювання, в якості якого використаний Nd:YAG лазер, чуттєвого елемента, кільця адаптера для встановлення у вихлопній трубі дизеля та діалогового пристрою оцінки даних (рис. 3) [12]. Аналізатор забезпечує можливість проведення як автономних, так і системних вимірів з високою роздільною здатністю за часом – до 20 Гц. Це дозволяє використовувати пристрій при дослідженнях високо динамічних процесів,

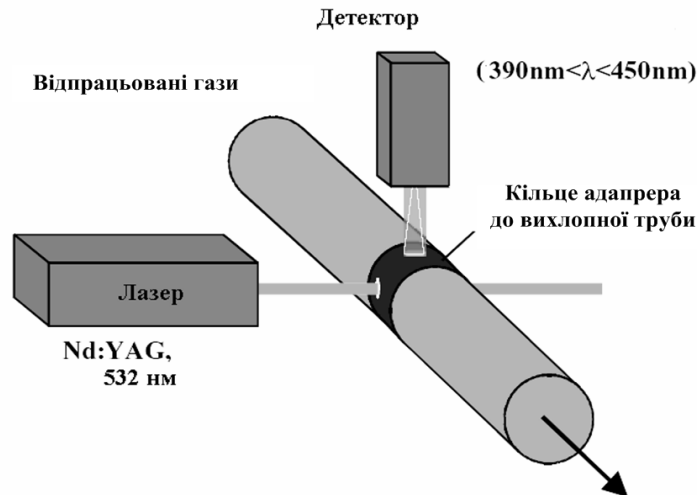


Рис. 3 – Схема аналізатору Laser Induced Incandescence

зокрема при випробуваннях двигунів за циклами змінних режимів.

Основні переваги даного методу, крім його високої чутливості – 2 мкг/м^3 , це гнучка придатність як для нерозбавлених, так і для розбавлених ВГ, як для вимірювань в системах CVS, так і в частково поточних тунелях. Завдяки своїй високій чутливості і високій роздільній здатності за часом вимірювач ЛІ може бути використаний при випробуваннях двигунів з наднизькими рівнями викидів ТЧ, випробуваннях за всіма стандартними процедурами на динамометричних або моторних стендах. Аналізатор ЛІ забезпечує високу відтворюваність даних, навіть якщо рівні концентрацій частинок після сажового фільтру близькі до рівня шуму приладу. Типовий коефіцієнт варіації при випробуваннях дизеля протягом одного дня не перевищує 12,5 % для циклів перехідних режимів та 20 % для стаціонарних циклів. У дослідженнях фірми Рікардо концентрації ТЧ становили $0,008 \text{ мг/м}^3$ при випробуваннях за циклами ЕТС та WHDC, що приблизно відповідає рівням викидів ТЧ – $0,0008$ та $0,0012 \text{ г/кВт·год}$ [3].

Альтернативою представленим високотехнологічним та вартісним методам вимірювань миттєвих концентрацій ТЧ є недорогий, мало інерційний *метод динамічного контролю ТЧ з оптичним чутливим*

елементом. Цей метод реалізується на базі мікротунелю МКТ-2 і дозволяє визначати миттєві концентрації ТЧ – C_{pt} за показником оптичної непрозорості – димності ВГ, розбавлених в q разів повітрям в мікротунелі – N_{dil} , з використанням калібрувальної характеристики $C_{pt} = f(N_{dil})$, яка визначається експериментально. Описання даного методу та технічних засобів для його використання представлено нижче.

Методика визначення допустимого ступеня розбавлення ВГ повітрям при динамічному контролі викидів ТЧ в МКТ-2. Ця методика дозволяє встановити максимально допустимі значення коефіцієнту розбавлення ВГ – q_{max} , при якому величина N_{dil} , що вимірюється оптичним чутливим елементом досягає межі чутливості димоміру Hartridge – $\Delta N = 0,1\%$ [13]. При цьому використовується формула:

$$q_{max} = \frac{N(C_{pt})}{\Delta N},$$

де $N(C_{pt})$ – емпірична залежність, яка відображає кореляційний зв'язок між димністю та концентрацією ТЧ у ВГ [14]:

$$N = 100 \cdot (1 - e^{-2,865 \cdot C}).$$

Визначення величин q_{max} для різних нормованих рівнів викидів ТЧ здійснюється шляхом підстановки у формули (1) і (2) відповідних цим рівням концентрацій ТЧ у ВГ.

Результати та обговорення

Принцип дії та технічні характеристики мікротунелю МКТ-2 [2]. Мікротунель МКТ-2 – компактна автоматизована частково поточна система контролю викидів ТЧ, спроектована у відповідності до вимог міжнародних нормативних документів

[1,15,16]. Принцип дії МКТ-2 полягає у наступному (рис. 4).

Частина ВГ з масовою витратою G_{exh}^t відбирається з вихлопної труби двигуна – ВГ і через трубопровід транспортування проби – ТП подається в розбавляючий ту-

нель – РТ, де відбувається її змішування з атмосферним повітрям. З тунелю потік розбавлених ВГ з масовою витратою G_t через один з шарових кранів надходить або в байпасну магістраль, або в робочий канал, в якому встановлений патрон із двома фільтрами для відбору ТЧ. Масова витрата G_t створюється штатною газодувкою ГД1 та підтримується постійною на заданому рівні у відповідності до обраного режиму розба-

влення ВГ. При цьому температура проби перед фільтром t_f не перевищує 52 °С.

Величина G_t вимірюється витратоміром B_1 – колектором з внутрішнім діаметром 8 мм; для визначення масової витрати потоку компенсованого повітря G_{com} , яка дорівнює величині G_{exh}^t , використовується витратомір B_2 – нормальне сопло з внутрішнім діаметром 3 мм.

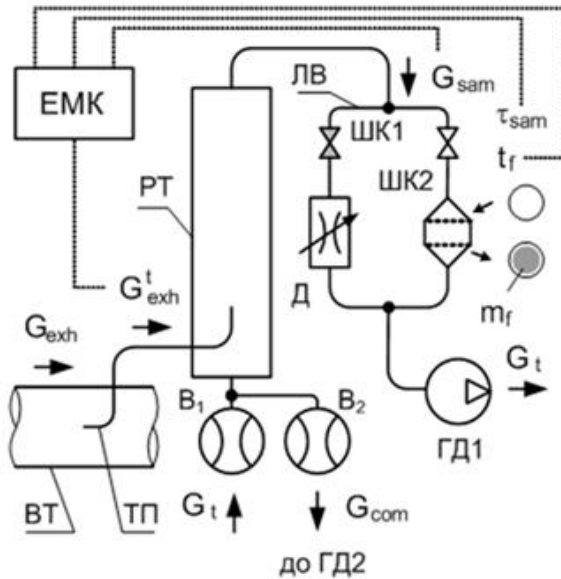


Рис. 4 – Принципова схема та загальний вигляд мікротунелю МКТ-2

Шарові крани К1 і К2, які визначають напрямок руху потоку проби у лінії відбору проб – ЛВ, завжди перебувають у протилежних станах: коли один відкритий – інший закритий і навпаки. При підготовці проби до аналізу відкритий кран К1 і розбавлені ВГ протікають через байпасну магістраль. За допомогою дроселя Д забезпечується регулювання тиску в даній магістралі таким чином, щоб у момент перемикавання кранів не виникало гідравлічного удару. При виконанні процедури відбору проб ТЧ відкритий кран К2 і весь потік розбавлених ВГ протікає через фільтр. При цьому фіксується тривалість даної процедури – τ_{sam} . Коефіцієнт розбавлення ВГ у тунелі – q визначається за формулою

$$q = \frac{G_t}{G_{com}}$$

Після завершення випробувань вимірюється маса ТЧ – m_f , як приріст маси робочого фільтру за час випробувань. Для контролю параметрів G_t , G_{com} , τ_{sam} , t_f і керу-

вання шаровими кранами К1 і К2 використовується мікропроцесорний блок. У ході виконання випробувань усі зазначені величини протоколюються та використовуються при визначенні масових (г/год), питомих (г/кВт-год) викидів ТЧ на окремих режимах роботи дизеля та середньоексплуатаційного викиду ТЧ за цикл (г/кВт-год).

До складу вимірювального комплексу з МКТ-2 входять наступні елементи (рис. 5).

1) Система розбавлення частки ВГ (0,02...1,2 %) повітрям, яка поєднує у собі три підсистеми:

а) систему відбору частки потоку ВГ, до якої входять:

– пробовідбірник – трубопровід з нержавіючої сталі з внутрішнім діаметром 6 мм і довжиною 80 мм, виготовлений у двох виконаннях, які передбачають установку пробовідбірника паралельно (виконання 1) та перпендикулярно (виконання 2) потоку ВГ;

– трубопровід транспортування проби – ТП з внутрішнім діаметром 6 мм та малою довжиною (для зменшення теплових втрат і



Рис. 5 – Елементи вимірювального комплексу з МКТ-2 та функції, які вони виконують

осадження ТЧ) – 80 мм;

– регулятор витрати ВГ, який плавно перекриває перетин ТП від повністю закритого до повністю відкритого стану;

б) систему розбавлення ВГ, має такі складові:

– розбавляючий тунель – РТ – трубопровід з нержавіючої сталі з внутрішнім діаметром 30 мм і довжиною 300 мм;

– діафрагму, яка встановлюється на вході в тунель з метою покращення процесу змішування ВГ з повітрям;

– газодувку з продуктивністю 20...120 л/хв, яка є одночасно й пробовідбірним насосом;

– витратоміри газового потоку розбавлених ВГ у тунелі – G_t (колектор, профільований по дузі окружності з внутрішнім діаметром 8 мм) та потоку компенсованого повітря – G_{com} (нормальне сопло діаметром 3 мм);

– гнучкий полівініловий шланг довжиною 2 м, який пов'язує тунель з колектором.

в) систему відбору проб ТЧ, елементами якої є:

– лінія відбору проб – ЛВ – трубопровід з нержавіючої сталі з внутрішнім діаметром 16 мм і довжиною 950 мм;

– регулятори режимів відбір-байпас – два шарових крани, які знаходяться у протилежних станах;

– байпасна магістраль, в якій встановлено дросель, що вирівнює тиск у байпасній та робочій магістралях;

– робоча магістраль, в якій встановлено патрон з фільтром (або двома фільтрами) для відбору ТЧ (діаметром 70 мм);

– захисний фільтр з паперовим фільтруючим елементом, який застерігає пробовідбірний насос від забруднення ТЧ;

– гнучкий полівініловий шланг довжиною 2 м, який пов'язує захисний фільтр з пробовідбірним насосом.

Система розбавлення частки ВГ повітрям має такі газодинамічні параметри:

– масові витрати потоків: у ТП – 0,15...2,0 кг/год, у РТ і ЛВ (один потік) – 4,3...9,0 кг/год;

– діапазон варіювання коефіцієнту q – 4...50;

– спосіб визначення масової витрати G_{ext}^t – компенсаційний.

2) Електронний модуль керування (ЕМК)

– являє собою пов'язаний з персональним комп'ютером (ПК) мікропроцесорний блок, до якого приєднані усі датчики та органи керування мікротунеля. За допомогою ЕМК виконуються наступні операції:

– контроль поточних показів датчиків та витратомірів пробовідбірної системи;

– керування процесом відбору проб ТЧ (перемикання режимів байпас-відбір проб ТЧ за допомогою шарових кранів);

– передача функцій контролю та керування мікротунелем на ПК (за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення), що дозволяє реєструвати, обробляти та протоколювати результати вимірювань масових викидів дизельних ТЧ.

3) *Камера для стабілізації та зважування фільтрів*, яка забезпечує потрібні умови для визначення маси ТЧ (рис. 6).

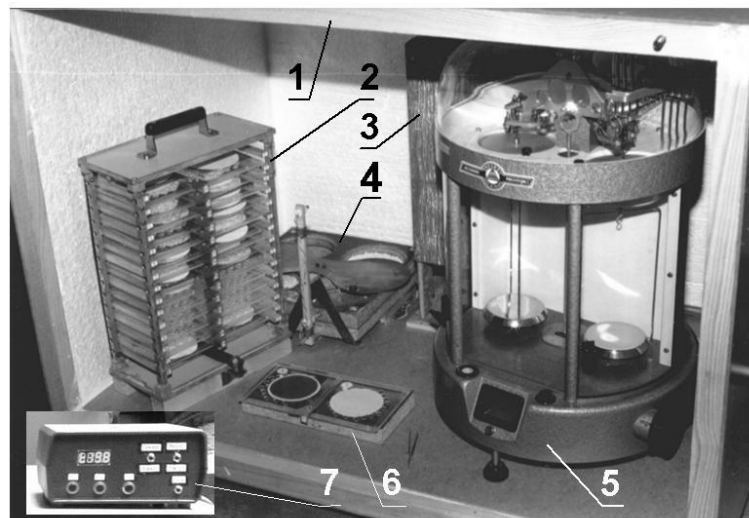
Технічні характеристики мікротунелю МКТ-2 при використанні гравіметричного методу контролю ТЧ:

– *показники точності вимірювань*: інструментальні похибки вимірювань масових (г/год.) та середньоексплуатаційних

викидів ТЧ (г/кВт·год) складають 3...10% та 3,5%, відповідно (при допустимих значеннях вказаних похибок: 3...8,5%, та 3,6...5,1%, відповідно);

– *показники швидкодії*: тривалість підготовки мікротунеля до проведення вимірювання не перевищує 1 хв; тривалості процедур відбору проб ТЧ становлять: на режимах холостого ходу та малої потужності – 5...7 хв, на режимах середньої потужності – 2...3 хв, на режимі номінальної потужності – до 1 хв;

– *масогабаритні показники*: розміри тунелю (L, B, H) – 500×300×1200 – мм, маса (з газодувкою) – 40 кг.



1 – корпус; 2 – касета з фільтрами; 3 – газохід з вентилятором та нагрівачем; 4 – регулятор поглинання-виділення вологи; 5 – аналітичні ваги; 6 – підставка для фільтрів; 7 – електронний модуль керування.

Рис. 6 – Основні елементи камери для стабілізації та зважування фільтрів

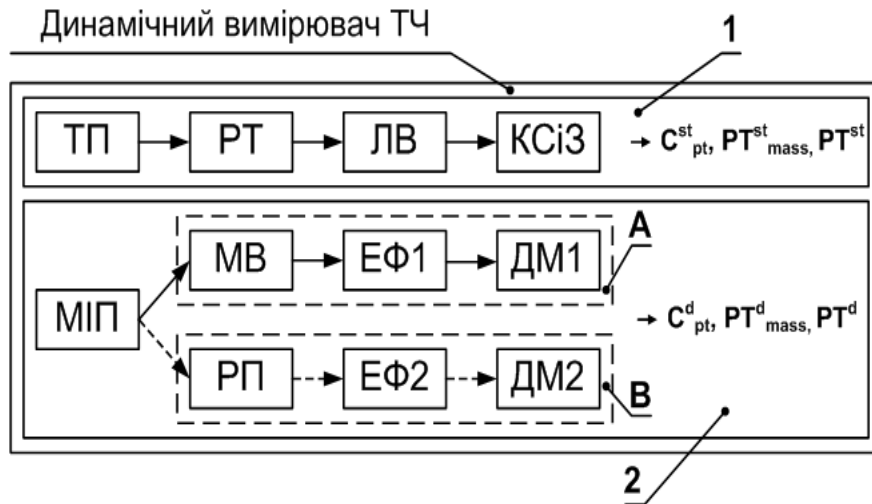
Основними якостями МКТ-2, які надають цій системі переваги над аналогами, є: *універсальність* – можливість використання системи на різних об'єктах: автомобільних, тепловозних, позашляхових, судових, тракторних та ін. дизелях; *компактність та мобільність*, які забезпечують зручність транспортування системи та монтажу її на об'єкті; *підвищена ефективність* за рахунок використання заходів з підвищення точності вимірювань та зменшення тривалості і вартості процедури випробувань [17].

Метод динамічного контролю викидів ТЧ з оптичним чутливим елементом для використання в мікротунелі МКТ-2 призначений для визначення миттєвих значень кількісних характеристик вмісту ТЧ у ВГ дизелів: концентрацій (г/м³), масових (г/год) та питомих (г/кВт·год) ви-

кидів ТЧ. Метод передбачає використання динамічного вимірювача ТЧ, до складу якого входять дві установки (рис. 7):

1) частково потокова система розбавлення ВГ – *мікротунель МКТ-2*, яка виконує функції підготовки проби розбавлених ВГ до вимірювань та калібрування динамічного детектору ТЧ; в ході калібрування визначаються еталонні значення концентрацій, масових та питомих викидів ТЧ на сталих та несталих (перехідних) режимах випробувань;

2) система контролю миттєвих значень концентрацій, масових та питомих викидів ТЧ на різних режимах роботи дизеля – *динамічний детектор ТЧ*, яка може використовуватись з одним робочим вимірювальним каналом або з двома – робочим і контрольним вимірювальними каналами.



1 – мікротунель МКТ-2; 2 – динамічний детектор ТЧ;
А – робочий канал; В – контрольний канал.

Рис. 7 – Основні елементи динамічного вимірювача ТЧ

Опис елементів динамічного детектору ТЧ:

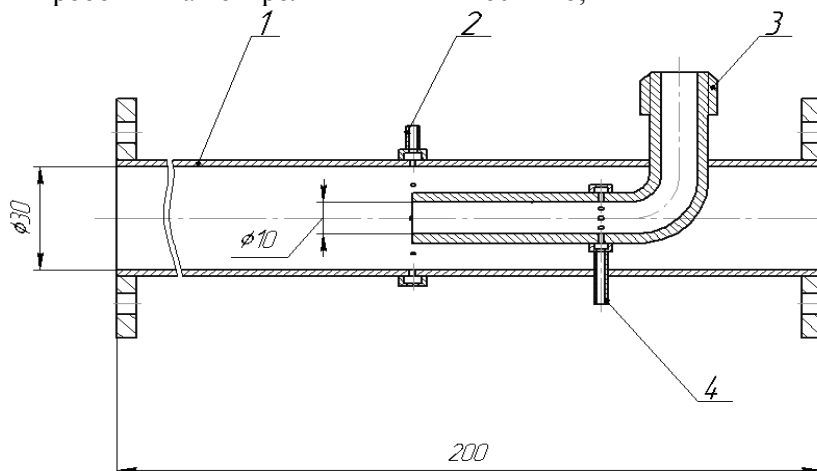
МІП – модуль з ізокінетичним пробовідбірником (ІКП), призначений для відбору з тунелю пропорційної частки проби розбавлених ВГ, яка дорівнює відношенню площ поперечного перетину пробовідбірника та тунелю (рис. 8); контроль ізокінетичного режиму відбору проби здійснюється за перепадом статичних тисків газових потоків у пробовідбірнику та тунелі – $\Delta P_{ик}$, який підтримується на заданому рівні;

МВ – масовий витратомір – сопло Вентурі, призначений для контролю кількості проби, що відбирається з тунелю до робочого вимірювального каналу (рис. 9);

РП – розподілювач потоків проби розбавлених ВГ між робочим та контрольним

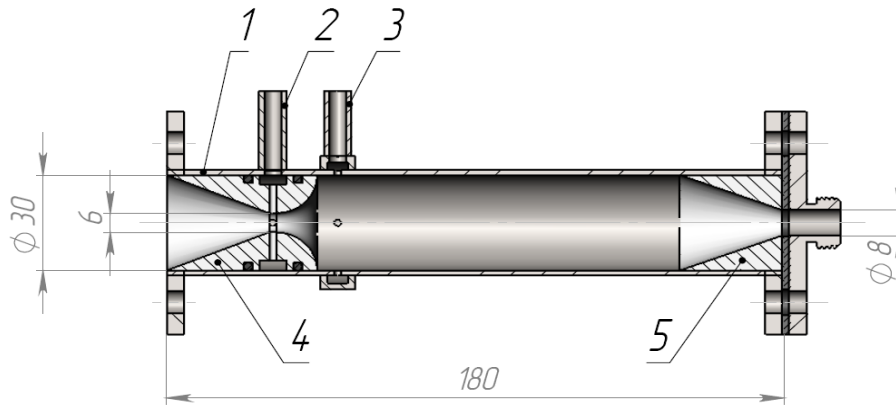
каналами, який забезпечує рівність масових витрат обох потоків за рахунок підтримки «нульового» перепаду статичних тисків між двома однаковими соплами Вентурі, встановленими в кожному каналі (рис. 10); регулювання потоків проби здійснюється за допомогою заслінки;

ЕФ1, ЕФ2 – електричні фільтри для уловлювання ТЧ, які призначені для очищення потоків проби розбавлених ВГ від ТЧ з високою ефективністю – до 97 % (рис. 11); фільтр ЕФ1, який встановлений в робочому каналі, включається тільки на етапі установки «нуля» шкали концентрацій ТЧ; фільтр ЕФ2, який встановлений в контрольному каналі, при проведенні вимірювань концентрацій ТЧ знаходиться у включеному стані постійно;

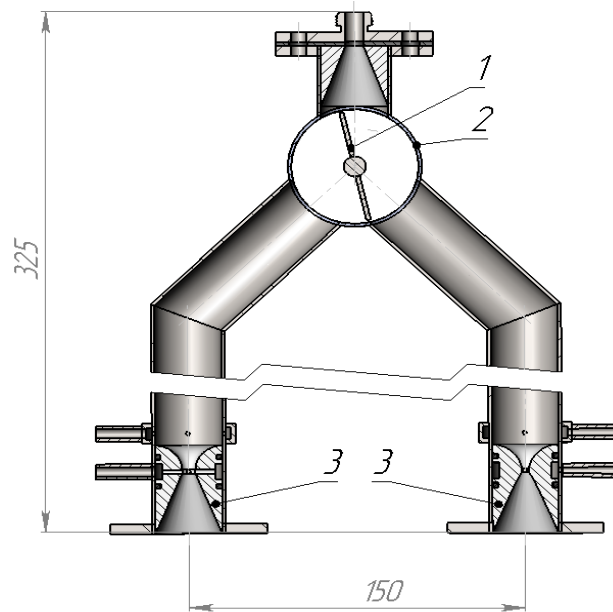


1 – трубопровід; 2, 4 – штуцери, 3 – ізокінетичний пробовідбірник

Рис. 8 – Модуль з ізокінетичним пробовідбірником

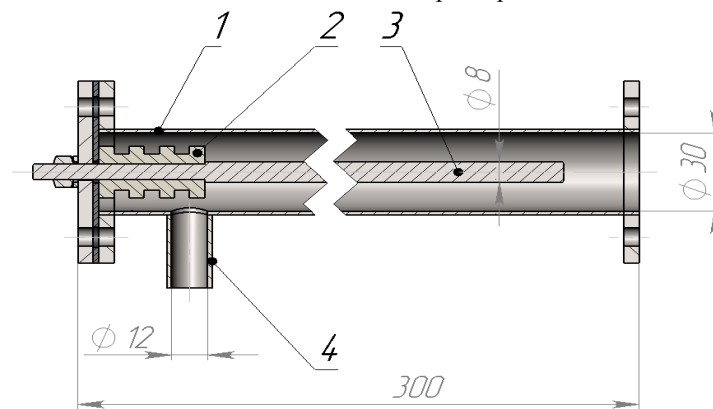


1 – трубопровід; 2, 3 – штуцери; 4 – сопло Вентури; 5 – конфузур
Рис. 9 – Масовий витратомір



1 – заслінка; 2 – корпус; 3 – сопла Вентури.

Рис. 10 – Розподільвач потоків проби розбавлених ВГ

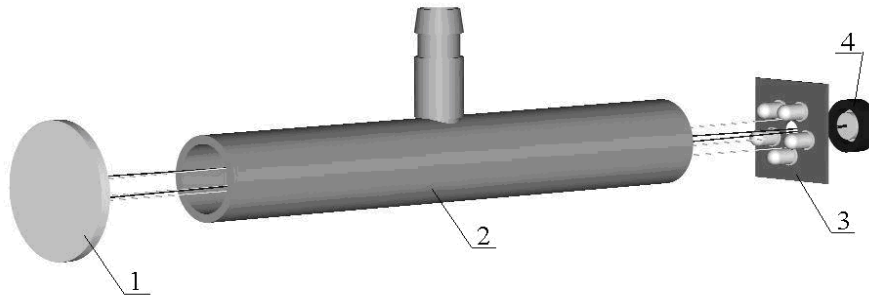


1 – трубопровід - осаджувальний електрод; 2 – ізолятор;
 3 – металевий стрижень – коронуєчий електрод; 4 – штуцер.

Рис. 11 – Електрофільтр для уловлювання ГЧ

ДМ1, ДМ2 – вимірювачі оптичної щільності потоків проби розбавлених ВГ в робочому та контрольному каналах – димоміри (рис. 12); при цьому різниця значень оптичної щільності потоків в цих ка-

налах – ΔN пропорційна вмісту ТЧ у ВГ дизеля; залежність величини ΔN від концентрації ТЧ визначається в результаті калібрування динамічного детектора ТЧ.



1 - відбивач світла, 2 - кювета, 3 - джерело світла, 4 – фотоприймач
Рис. 12 – Вимірювач оптичної щільності потоку проби – димомір

При роботі динамічного детектору ТЧ миттєві значення концентрацій дизельних ТЧ на робочих режимах випробувань визначаються за методикою, яка враховує інструментальні та методичні похибки обладнання [18].

Визначення допустимого ступеня розбавлення ВГ повітрям в МКТ-2 при

проведенні динамічного контролю викидів ТЧ. У відповідності до наведеної вище методики встановлено максимально допустимі значення коефіцієнту розбавлення ВГ – q_{max} при випробуванні дизелів, які відповідають вимогам різних стандартів Євро (табл. 1).

Таблиця 1

Значення q_{max} при різних рівнях викидів дизельних ТЧ

Норматив	Нормований питомий викид ТЧ, г/(кВт·год)	Рівень концентрацій ТЧ у ВГ, мг/м ³	q_{max}
Євро-3	0,1	1,25	36
Євро-4, 5	0,02	0,25	7
Євро-6	0,005	0,063	2

Результати обчислень свідчать про суттєве зменшення діапазону варіювання коефіцієнту розбавлення ВГ в тунелі при зниженні викидів ТЧ до рівня норм Євро-6. При використанні динамічного детектору

ТЧ з низькими значеннями коефіцієнта q мікротунель необхідно додатково оснастити системою охолодження проби для зменшення її температури до граничного значення – 52 °С.

Висновки

1. Проаналізовано сучасні методи динамічного контролю однієї з наднебезпечних для організму людини та навколишнього середовища шкідливої речовини – дизельних твердих частинок. Розглянуто принципи дії та технічні характеристики методів: Method for Real-Time Mass Microbalances, Tapered element oscillating microbalance – TEOM, Quartz Crystal Microbalance – QCM та Laser Induced Incandescence – ЛІ. Встановлено, що точність цих методів забезпечує можливість вимірювань наднизьких концен-

трацій ТЧ з чутливістю до ± 2 мкг/м³ в діапазонах: 1,25 ... 0,25 ... 0,063 мг/м³ відповідно до вимог норм Євро-3, Євро-4,5 та Євро-6, а швидкодія вказаних методів забезпечує можливість контролю миттєвих значень викидів ТЧ в ході виконання транзйентних випробувальних циклів дизелів: European Transient Cycle (ETC), Worldwide Transient Vehicle Cycle (WTVС), Worldwide heavy-duty transient cycle (WHTC) та ін.

2. Розроблено метод динамічного контролю викидів дизельних ТЧ з оптичним

чутливим елементом, описано технічні засоби для реалізації даного методу та обґрунтовано доцільність його використання на базі компактного автоматизованого вимірювального комплексу з мікротунелем МКТ-2,

який є універсальним та може використовуватись при проведенні екологічного діагностування дизелів різних типів: автомобільних, тепловозних, тракторних та ін.

Література

1. Regulation No 49. Revision 6. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positiveignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. / United Nations Economic and Social Council Economic Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. // E/ECE/TRANS/505, 2013. 434 p.
2. Burtscher H. Literature Study on Tailpipe Particulate Emission Measurement for Diesel Engines. *GRPE . Fachhochschule Aargau, University of Applied Science*. 2001. 45 p.
3. Anderson J.D. UK Particle Measurement Programme. Phase 2 / Heavy Duty Methodology Development . *Final Report. Ricardo Consulting Engineers Ltd*. 2003. 222p.
4. Tsugio A., Tatsuji S., Morimasa H. Particulate matter emission characteristics under transient pattern driving. *SAE Technical Papers*. 1989. №890468. P. 151-163.
5. Steven H. Development of Worldwide Harmonized Heavyduty Engine Emissions Test Cycle / Final Report ECE-GRPE WHDC Working Group. *Informal document No2 GRPE 42nd session*. 2001. TRANS/WP 29/GRPE/2001/2. 58 p.
6. Worldwide Harmonized Heavy Duty Emissions Certification Procedure . *Draft Global Technical Regulation (GTR). UN/ECE-WP 29 – GRPE WHDC Working Group. Informal Document № GRPE-48-7*. 2004. 86 p.
7. Oswald M. Die dynamische Partikelmessung ein notwendiges Hilfsmittel bei der Entwicklung von Dieselmotoren . *VDI-BER*. 1988. № 681. P. 365-377.
8. Andersson J.D. UK Particle Measurement Programme. Phase 1. Heavy Duty Methodology Development. *Final Report. Ricardo Consulting Engineers Ltd*, 2002. 136 p.
9. Lianga Z., Tiana J., Rezaeia S., Zhanga Y. Investigation of SVOC nanoparticle emission from light duty diesel engine using GC×GC-ToF-MS. *School of Mechanical Engineering, University of Birmingham*. 2015. 31 p.
10. Полив'ячук А., Харитоновна Т., Чумак О. Дослідження ефективності використання вимірювального комплексу з мікротунелем МКТ-2 при проведенні екологічного діагностування тепловозів. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля*. 2007. № 8(114). С. 119-124.
11. Polivyanchuk A., Parsadanov I. Experimental verification of microtunnel MКТ-2 on the brake stand autotractor diesel engine . *Industrial technology and engineering. Republic of Kazakhstan*. 2015. №2 (15). P. 11-16.
12. Schraml S., Will S., Leipertz A. Simultaneous measurement of soot mass concentration and primary particle size in the exhaust of DI diesel engine by time-resolved laser-induced incandescence (TIRE-LII) . *SAE Technical Papers*, 2001. № 010146. 8 p.
13. ДСТУ 4276:2004. Атмосфера. Норми і методи вимірювань димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями. Київ: Держкомітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2004. 8 с.
14. Hardenberg H., Albrecht H. Grenzen der Rußmassbestimmung aus Optischen Transmessungen. *MTZ: Motortechn. Z*. 1987. № 2. P. 51–54.
15. Regulation № 96. Revision 3. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with regard to the emissions of pollutants by the engine. E/ECE/TRANS/505. 2014. 416 p.
16. ISO 8178-1: 2017. Reciprocating internal combustion engines. Exhaust emission measurement. Part 1: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions, 2017. 150 p. /
17. Полив'ячук А.П. Повышение эффективности систем экологического диагностирования дизельных силовых установок – туннелей. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2016. № 3-4 (26). С. 132-140.
18. Polivyanchuk A. Improving the efficiency of emission control dispersed particles from diesel exhaust gases. *Вісник Харківського національного університету ім. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2014. №1140, вип. 11. С. 83-88.

References

1. Regulation No 49. Revision 6 (2013). Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positiveignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. United Nations Economic and Social Council Economic Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. E/ECE/TRANS/505, 434. [in English].

2. Burtscher, H. (2001). Literature Study on Tailpipe Particulate Emission Measurement for Diesel Engines. Done for the Particle Measurement Programme (PMP) for BUWAL/GRPE. Fachhochschule Aargau, University of Applied Science, Windisch, 45. [in English].
3. Anderson, J.D. (2003). UK Particle Measurement Programme. Phase 2. Heavy Duty Methodology Development. Final Report. Ricardo Consulting Engineers Ltd. 222. [in English].
4. Tsugio, A., Tatsuji, S., Morimasa, H. (1989). Particulate matter emission characteristics under transient pattern driving. SAE Technical Papers, 890468, 151-163. [in English].
5. Steven, H. (2001). Development of Worldwide Harmonized Heavyduty Engine Emissions Test Cycle. Final Report ECE-GRPE WHDC Working Group. Informal document No2 GRPE 42nd session. TRANS/WP 29/GRPE/2001/2, 58. [in English].
6. Worldwide Harmonized Heavy Duty Emissions Certification Procedure (2004). Draft Global Technical Regulation (GTR). UN/ECE-WP 29. GRPE WHDC Working Group. Informal Document, GRPE-48-7, 86. [in English].
7. Oswald, M. (1988). Die dynamische Partikelmessung ein notwendiges Hilfsmittel bei der Entwicklung von Dieselmotoren. VDI-BER, 681, 365-377. [in English].
8. Andersson, J.D. (2002). UK Particle Measurement Programme. Phase 1. Heavy Duty Methodology Development. Final Report. Ricardo Consulting Engineers Ltd, 136. [in English].
9. Lianga, Z., Tiana, J., Rezaeia, S., Zhanga, Y. (2015). Investigation of SVOC nanoparticle emission from light duty diesel engine using GC×GC-ToF-MS. School of Mechanical Engineering. University of Birmingham, 31. [in English].
10. Polivyanchuk, A., Kharitonova, T., Chumak, O. (2007). Doslidzhennya efektyvnosti vykorystannya vymiryval'noho kompleksu z mikrotunelem MKT-2 pry provedenni ekolohichnoho diahnostuvannya teplovoziv. [Investigation of the efficiency of using the measuring complex with the microtubule MKT-2 during the ecological diagnostics of diesel locomotives]. Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian national university, 8(114), 119-124. [in Ukrainian].
11. Polivyanchuk, A., Parsadanov, I. (2015). Experimental verification of microtunnel MKT-2 on the brake stand autotractor diesel engine . Industrial technology and engineering. Republic of Kazakhstan, 2(15), 11-16. [in English].
12. Schraml, S., Will, S., Leipertz, A. (2001). Simultaneous measurement of soot mass concentration and primary particle size in the exhaust of DI diesel engine by time-resolved laser-induced incandescence (TIRE-LII). SAE Technical Papers, 010146, 8. [in English].
13. DSTU 4276:2004. (2004). Atmosfera. Normy i metody vymiryuvan' dymnosti vidprats'ovanykh haziv avtomobiliv z dyzelyamy abo hazodyzelyamy [Atmosphere. Norms and methods of measuring the smoke of exhaust gases of cars with diesel engines or gas dischips]. Kyiv: The State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy, 8. [in Ukrainian].
14. Hardenberg, H., Albrecht, H. (1987). Grenzen der Rußmassbestimmung aus Optischen Transmessungen. MTZ: Motortechn. Z., 2, 51-54. [in English].
15. Regulation № 96. Revision 3. (2014). Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with regard to the emissions of pollutants by the engine. E/ECE/TRANS/505, 416. [in English].
16. ISO 8178-1: 2017. (2017). Reciprocating internal combustion engines. Exhaust emission measurement. Part 1: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions, 150. [in English].
17. Polivyanchuk, A., Skurydyna, A., Kaslyn, I. (2016). Povyshenie ehffektivnosti sistem ehkologicheskogo diagnostirovaniya dizel'nih silovih ustanovok – tunnelej. [Increasing the effectiveness of environmental diagnostic systems for diesel power plants - tunnels]. Man and the environment. Problems of neocology, 3-4(26), 132-140. [in Russian].
18. Polivyanchuk, A. (2014). Improving the efficiency of emission control dispersed particles from diesel exhaust gases. Bulletin of Kharkiv National University of Karazin. Series «Ecology», 11(1140), 83-88. [in English].

Надійшла до редколегії 21.08.2017

УДК 621.43.068

A. P. POLIVYANCHUK, Doctor of Technical Sciences, Prof.
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
17, Marshal Bazhanov Street, Kharkiv, 61002, Ukraine
e-mail: apmail@meta.ua

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE DISPERSE COMPOSITION OF DIESEL PARTICULATE MATTER ON THE EFFICIENCY OF THEIR RATIONING AND NEUTRALIZATION BY SOOT FILTERS

Purpose. Increase in the efficiency of control of diesel particulate matter in the study of the operation of diesel particulate filters by taking into account their particulate composition. **Methods.** Analysis and synthesis of information in the study of the structure and properties of diesel particulate matter, mathematical modeling in assessing the effectiveness of control and neutralization of particles with soot filters, statistical processing of experimental data, a computational experiment in conducting a comprehensive assessment of the efficiency of the diesel particulate filter. **Results.** The structure, toxicological properties, dispersed composition and quantitative characteristics of diesel particulate matter are analyzed. The principle of the action of the particulate filter is described. The functions of the distribution densities of countable, surface and mass concentrations of solid particles of various fractions: nuclei, accumulation, large particles are considered. A method for the complex evaluation of the efficiency of a diesel particulate filter on the basis of indices of countable, surface and mass concentrations of particles has been developed. A complex analysis of the efficiency of the diesel particulate filter was carried out. **Conclusions.** The necessity of taking into account the dispersed composition of diesel solid particles in the analysis of their properties, rationing and the evaluation of the efficiency of the diesel particulate filter is substantiated. It was found that with a high efficiency of reducing the total mass of solid particles in the particulate filter - 93.8%, the amount, surface area and mass of fine particles with dimensions of 20-40 nm significantly increase - 4.2, 1.9 and 2.55 times, respectively. The increase in the relative fraction of fine particles after passing through the particulate filter is 72%.

Keywords: diesel engine, brake tester, exhaust gases, particulate matter, concentration, mass emission, particulate filter, efficiency

Полив'янчук А. П.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИСПЕРСНОГО СКЛАДУ ДИЗЕЛЬНИХ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ НОРМУВАННЯ ТА НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ САЖОВИМИ ФІЛЬТРАМИ

Мета. Підвищення ефективності контролю дизельних твердих частинок при дослідженні роботи сажових фільтрів за рахунок врахування їх дисперсного складу. **Методи.** Аналіз і синтез інформації, математичне моделювання, статистична обробка даних, розрахунковий експеримент. **Результати.** Проаналізовано: структуру, дисперсний склад і кількісні характеристики твердих частинок. Розроблено методику комплексної оцінки ефективності роботи сажового фільтра за показниками лічильної, поверхневої та масової концентрації частинок. Проведено комплексний аналіз ефективності роботи сажового фільтра вантажного автомобіля. **Висновки.** Обґрунтовано необхідність врахування дисперсного складу дизельних твердих частинок при аналізі їх властивостей, нормуванні та оцінюванні ефективності нейтралізації сажовими фільтрами. Встановлено, що при високій ефективності зниження сумарної маси твердих частинок в сажовому фільтрі кількість, площа поверхні і маса дрібнодисперсних частинок з розмірами 20 ... 40 нм суттєво зростають.

Ключові слова: дизельний двигун, гальмівний стенд, вихлопні гази, тверді частинки, концентрація, масовий викид, сажовий фільтр, ефективність

Поливянчук А. П.

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ДИЗЕЛЬНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ НОРМИРОВАНИЯ И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ САЖЕВЫМИ ФИЛЬТРАМИ

Цель. Повышение эффективности контроля дизельных твердых частиц при исследовании работы сажевых фильтров за счет учета их дисперсного состава. **Методы.** Анализ и синтез информации, математическое моделирование, статистическая обработка данных, расчетный эксперимент. **Результаты.** Проанализированы: структура, дисперсный состав и количественные характеристики твердых частиц. Разработана методика комплексной оценки эффективности работы сажевого фильтра по показателям счетной, поверхностной и массовой концентраций частиц. Проведен комплексный анализ эффективности работы сажевого фильтра грузового автомобиля. **Выводы.** Обоснована необходимость учета дисперсно-

го состава дизельных твердых частиц при анализе их свойств, нормировании и оценке эффективности нейтрализации сажевыми фильтрами. Установлено, что при высокой эффективности снижения суммарной массы твердых частиц в сажевом фильтре количество, площадь поверхности и масса мелкодисперсных частиц с размерами 20...40 нм существенно возрастают.

Ключевые слова: дизельный двигатель, тормозной стенд, выхлопные газы, твердые частицы, концентрация, массовый выброс, сажевый фильтр, эффективность

Introduction

Diesel particulate filters are the most common means of diesel particulate matter (PM) neutralization - the second largest (after the NO_x) pollutant in the exhaust of a diesel engine [1]. To evaluate the effectiveness of the filter the criterion of the relative decline of the mass concentration - C_m (or emission) of PM as a result of the filtering process is traditionally used. This approach to the evaluation of the effectiveness of diesel particulate filters is not perfect because it does not consider changes in the number concentration - C_n (the amount of PM per unit volume) and surface - concentration C_s (the total area of the surface of PM per unit volume) of PM. At the same time the value of C_n and C_s are important toxicological

indicators of the extent of the negative impact of diesel particles on the human health and the environment.

A number of experimental researches [2-7] show diesel particulate filters with high efficiency, determined by the criterion C_m , miss a significant amount of fine particles, including the most dangerous - nanoparticles (diameter less than 50 nm [8,9]) with a high penetration ability to the human respiratory system. The article offers a comprehensive approach to the evaluation of the effectiveness of particulate filters using 3 criteria - values C_m , C_n and C_s .

Methods of research

The aim of this study is to provide a comprehensive evaluation of the efficiency of diesel particulate filters in terms of counting, surface and mass concentrations of PM in accordance with their disperse composition. To achieve this goal the following tasks are performed:

- 1) the study of the structure and toxicological properties of the diesel particle;
- 2) analysis of the experimental data on the number, surface area and mass of diesel particulate of various sizes;
- 3) development of a method of complex estimation of efficiency of the diesel particulate filter;
- 4) study of the efficiency of the filter using the developed technique.

The structure and toxicological characteristics of the diesel particles.

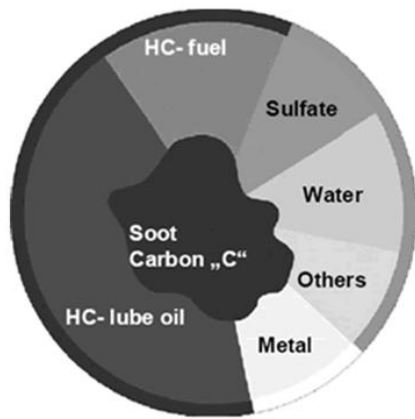
PM is multicomponent formation composed of the following elements: diesel soot (product of fuel pyrolysis), soluble organic fraction - SOF (fuel and oil hydrocarbons - not burned, condensed and adsorbed on the soot particles surface), sulfates (salts of sulfuric acid) and other inclusions (depreciation products, ash from additives, etc.). The relative proportion of these elements in the PM de-

pends on the mode of diesel and vary in wide ranges [10] (Fig. 1).

Negative impact of PM on the environment and humans is caused in three directions:

- particles when inhaled irritate respiratory tract and in case of a chronic exposure cause pulmonary diseases; PM generally have dimensions of 0.1 ... 0.54 mm in diameter and can reach the alveoli of the lungs or can be delayed in the nasal sinuses, trachea or bronchi;
- particles can carry carcinogenic substances that are adsorbed on their surface (1 g of carbon (soot) has a surface area of about 75 m²);
- the presence of suspended particles in the air impairs visibility on roads (automobile exhaust become visible when the concentrations of particles in exhaust gas are 130 mg/m³ and more); particle size of 0.15 microns may be suspended in the air for about 8 days.

In the 90s of the twentieth century extensive research conducted on toxicology of diesel EG in general and toxicology of diesel particles in particular. World Health Organization (WHO), the International Agency for Re-



Carbon (soot)	75% (33 ... 90%)
Hydrocarbons (SOF)	19% (7 ... 49%)
Metals	2% (1 ... 5%)
Sulphates, nitrates	1% (1 ... 4%)
Water, etc.	3% (1 ... 10%)

Fig. 1 – The components included in the PM, and their relative share

search on Cancer (IARC) [11], USA Health Effect Institute (HEI) [12], USA Environmental Protection Agency (EPA) [13, 14] made a conclusion that diesel EG including the PM is the cause of increase of the general morbidity and mortality. Especially dangerous diesel PM are for people working in close proximity to sources of diesel particles emissions, for persons with chronic respiratory diseases, diseases of the cardiovascular system, immune system disorders, for children.

Symptoms of effects caused by short-term exposure of low levels of diesels EG are determined by medical research of occupational groups that regularly exposed to EG, such as miners, workers of bus depot, shipyards, locomotive depot. The list of emerging deviations include: inflammation of the mucous membranes of the eyes, headache, dizziness, nausea, weakness, tinnitus, oppression of the lung activity, coughing, shortness of breath, etc. After leaving the area of diesel facility operation these symptoms mostly disappear quickly without any significant deviations.

PM and their extracts are found to be mutagenic for bacteria and cell cultures, such as human lymphocytes, reproductive cells [12-15]. Currently carcinogenic activity of PM becomes more evident. Diesel particles are classified by the International Agency for Cancer Research (IARC) to group of (probably) carcinogenic to humans [16] and the US Environmental Protection Agency determined as substances that may be carcinogenic with high probability [11]. As the result in more than 30 research papers carried out by the USA Health Effect Institute in different regions for different professional groups, smokers and nonsmokers, it was established that long-time professional

impact of diesel EG on human leads to 40 % increase of the relative risk of lung cancer [17]. Largely, due to particles diesel EG have such characteristics. It is associated with the PM properties, particularly their high dispersion and chemical composition.

Comparison of particles sedimentation in different parts of the respiratory system with dispersed composition of diesel aerosol proves that PM is potentially dangerous pollutant of lungs because of their small size. Moreover, the health risk of particles with a diameter 0,1 ... 1 mm, the mass concentration up to 80%, and the rate of sedimentation in the lungs - 40%, are on a par with the particles with a diameter less than 0.1 microns, whose number concentration can reach several tens of millions of units per 1 m³ with a coefficient of sedimentation in the lungs 70%.

In general, in lungs of adult while breathing at rest from 12 to 20% by weight of diesel particles contained in inhaled air is deposited. In childhood, the proportion of PM that are deposited in the lungs is higher than in adults, and the peak of this relationship is at age of five. [18]. Thus, we can assume that children are the second group of risk after people working in the immediate proximity of PM emission sources.

Action principle of the diesel particulate filter.

Diesel particulate filtering was first considered in the 1970s due to concerns regarding the impacts of inhaled particulates. Particulate filters have been in use on non-road machines since 1980, and in automobiles since 1985. Historically medium and heavy duty diesel engine emissions were not regulated until 1987 when the first California Heavy Truck rule was

introduced capping particulate emissions at 0.60 g/BHP Hour. Since then, progressively tighter standards have been introduced for light- and heavy-duty roadgoing diesel-powered vehicles and for off-road diesel engines. Similar regulations have also been adopted by the European Union and some individual European countries, most Asian countries, and the rest of North and South America.

While no jurisdiction has explicitly made filters mandatory, the increasingly stringent emissions regulations that engine manufacturers must meet mean that eventually all on-road diesel engines will be fitted with them. In the European Union, filters are expected to be necessary to meet the Euro VI heavy truck engine emissions regulations currently under dis-

cussion and planned for the 2012-2013 time frame. In 2000, in anticipation of the future Euro 5 regulations PSA Peugeot Citroën became the first company to make filters standard on passenger cars.

Wall-flow diesel particulate filters usually remove 85% or more of the soot, and under certain conditions can attain soot removal efficiencies approaching 100%. Some filters are single-use, intended for disposal and replacement once full of accumulated ash. Others are designed to burn off the accumulated particulate either passively through the use of a catalyst or by active means such as a fuel burner which heats the filter to soot combustion temperatures (Fig. 2).

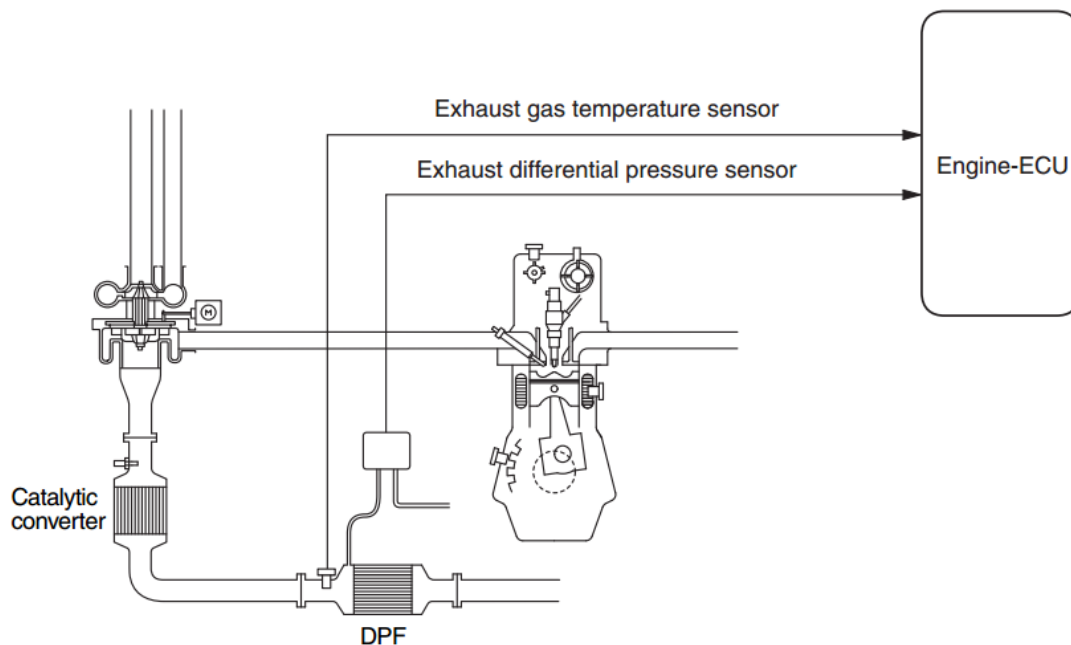


Fig. 2 – The scheme of installation of the diesel particulate filter in the exhaust system of a diesel engine

Diesel engines produce a variety of particles during combustion of the fuel/air mix due to incomplete combustion. The composition of the particles varies widely dependent upon engine type, age, and the emissions specification that the engine was designed to meet. Two-stroke diesel engines produce more particulate per unit of power than do four-stroke diesel engines, as they burn the fuel-air mix less completely.

Diesel particulate matter resulting from the incomplete combustion of diesel fuel produces soot (black carbon) particles. These particles include tiny nanoparticles—smaller than a thousandth of a millimeter (one micron).

Soot and other particles from diesel engines worsen the particulate matter pollution in the air and are harmful to health. New particulate filters can capture from 30% to greater than 95% of the harmful soot. With an optimal diesel particulate filter (DPF), soot emissions may be decreased to 0.001 g / km or less.

The quality of the fuel also influences the formation of these particles. For example, a high sulfur content diesel produces more particles. Lower sulfur fuel produces fewer particles, and allows use of particulate filters. The injection pressure of diesel also influences the formation of fine particles.

Filters require more maintenance than catalytic converters. Ash, a byproduct of oil consumption from normal engine operation, builds up in the filter as it cannot be converted into a gas and pass through the walls of the filter. This increases the pressure before the filter. Regular filter maintenance is a necessity.

Experimental data on the C_m , C_n and C_s value.

The results of experimental studies on the particle size influence at the number, sur-

face and mass concentration, generalized for different types of diesel engines, are shown in Fig. 3 [19].

When considering the dispersed composition of PM three particle size ranges can be distinguished: fraction of nuclei - 3 ... 30 nm; fraction of accumulation - 30 ... 500 nm and the fraction of large particles - diameter greater than 1000 nm (1 micron). Presented in Fig. 3 diagrams of density distribution functions for

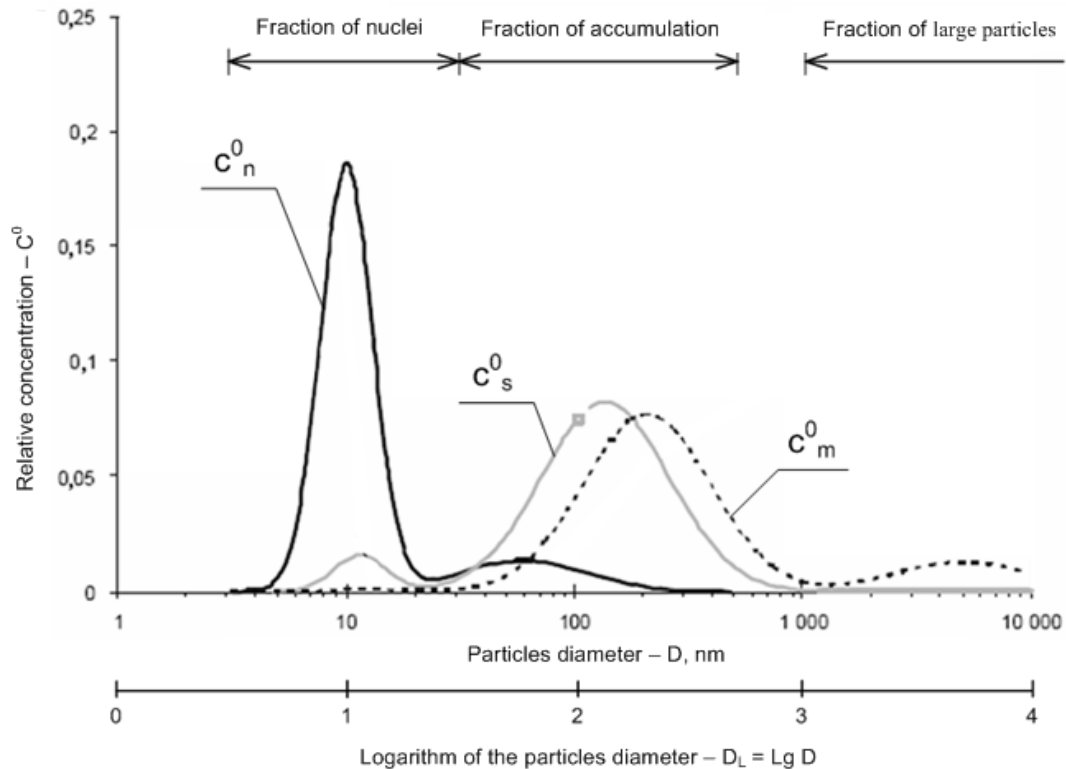


Fig. 3 – The function of the density distribution of the relative number, surface and mass concentrations of PM

the relative number, surface and mass concentrations of PM - c_n^0 , c_s^0 and c_m^0 reflect the following properties of diesel particles:

- a fraction of nuclei constitute the greater number of the PM - 90% of the total, 20% of the total surface area and 5% of the total mass; 80% of particles and 15% of the total surface area accounts for a range of 10 ± 5 nm, wherein curves c_n^0 and c_s^0 have maximum;

- relative proportion of particles of accumulation fractions constitute 20% of the total, 80% of the total surface area and 85% of the total mass; in the fraction the highest number of particles (12%) is in the range of 30 ... 100 nm, curves c_s^0 and c_m^0 take the maximum values within the ranges 100 ... 200 nm and 150 ... 300 nm respectively;

- a fraction of large particles is characterized by the lowest values of number - 2%, the total surface area - 1% and mass - 4%.

The data presented in Fig. 3, in addition to information about values of c_n^0 , c_s^0 and c_m^0 functions reflect their relationship and make it possible to change one function to evaluate changes in the other two. This property was used in developing the methodology presented below.

Methods of integrated assessing of the efficiency of diesel particulate filter

The efficiency of the filter usage is proposed to assess along the 3 indicators of relative decline of number, surface and mass concentrations, defined by the following generalized formula:

$$\mathcal{E}_p = \frac{(C_p)_{n/f} - (C_p)_f}{(C_p)_{n/f}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

where: \mathcal{E}_p - the efficiency of the filter as measured by p , which is defined as following: number - n , surface - s or mass - m of PM; $(C_p)_{n/f}$ and $(C_p)_f$ - total relative concentrations of particles within the size range under consideration, both in the absence of diesel particulate filter and while its using.

The values of C_p are determined by the formula:

$$C_p = \int_{D_{L1}}^{D_{L2}} c_p(D_L) \cdot dD_L, \quad (2)$$

where: D_{L1} , D_{L2} – initial and final value of the size range (diameters) of PM on a scale of base-10 logarithm; $c_p(D_L)$ – the probability density function of indicator p .

$c_p(D_L)$ function is determined on the basis of generalized distribution functions c_n^0 , c_s^0 and c_m^0 , shown in Fig. 3, as well as the well-known experimental distribution function of one of the indicators (denoted p^*) - $c_{p^*}^r(D_L)$:

$$c_p(D_L) = K_r(D_L) \cdot K_p(D_L) \cdot c_{p^*}^r(D_L), \quad (3)$$

where: $K_r(D_L)$ - correction function of experimental data; $K_p(D_L)$ - a function of the transition from indicator p^* to indicator p .

Functions K_r и K_p is obtained by using the following expressions:

$$K_r(D_L) = \frac{c_{p^*}^r(D_L)}{c_p^0(D_L)}; \quad (4)$$

$$K_p(D_L) = \frac{c_p^0(D_L)}{c_{p^*}^0(D_L)}; \quad (5)$$

where: $c_p^0(D_L)$ - generalized value of function of the density distribution (probability density function) for the indicator p ; $c_{p^*}^0(D_L)$ - generalized value of probability density function for the indicator p^* .

For example, if the experimental dependence $c_n^r(D_L)$ is known, than a density distribution function of mass concentration determined by the expression (3) is as follows:

$$\begin{aligned} c_m(D_L) &= K_r(D_L) \cdot K_m(D_L) \cdot c_n^r(D_L) = \\ &= \frac{c_n^r(D_L)}{c_n^0(D_L)} \cdot \frac{c_m^0(D_L)}{c_n^0(D_L)} \cdot c_n^r(D_L). \end{aligned} \quad (6)$$

Results and discussion

Comprehensive evaluation of the freight car diesel particulate filter with known correlation between number concentration and particle size carried out using proposed method [3] (Fig. 4).

Two areas are identified in the researched range of particle sizes - 20 ... 600 nm: 1st - 20 ... 40 nm - an area where the number concentration increased after the filter application, 2nd - 40 ... 600 nm - an area where the number concentration decreased.

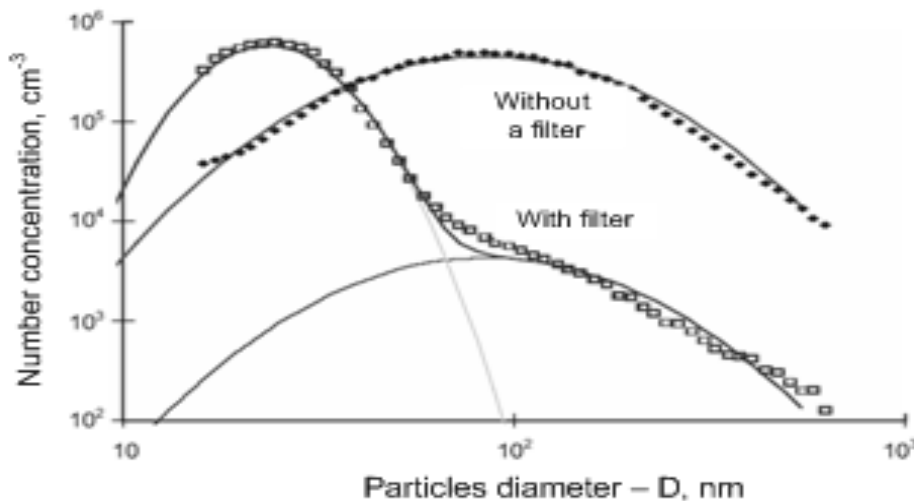


Fig. 4 – The results of experimental research of PM number concentration

Fig. 5 and 6 present the results of determining the c_s and c_m functions, obtained using the expression (3), and indicators of the filter

efficiency calculated using the expression (1). Method of trapezoids was used for integrals calculations (2) [20].

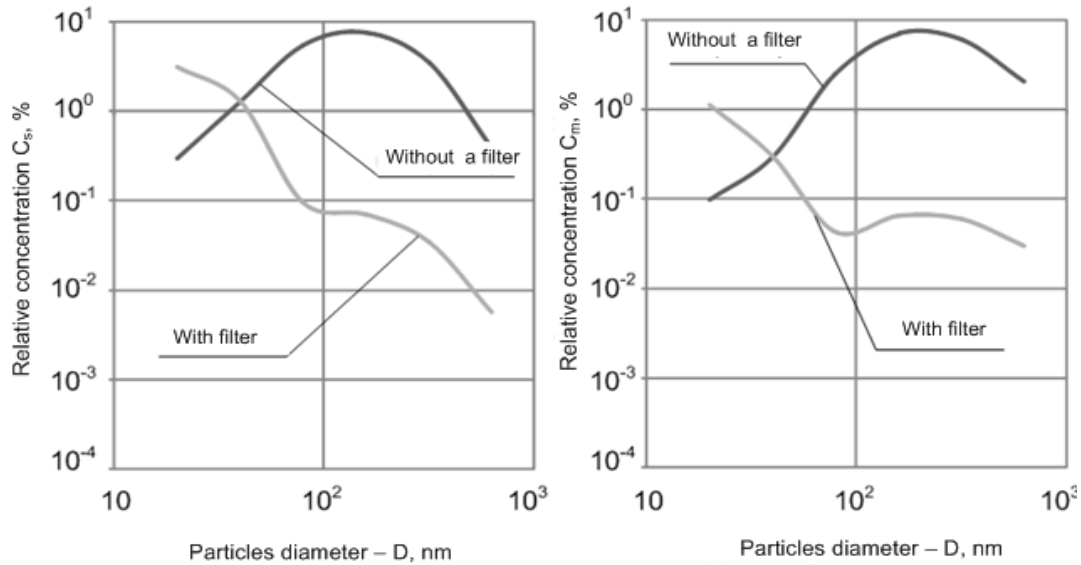


Fig. 5 – The values of the function of the density distribution c_s and c_m for the studied filter

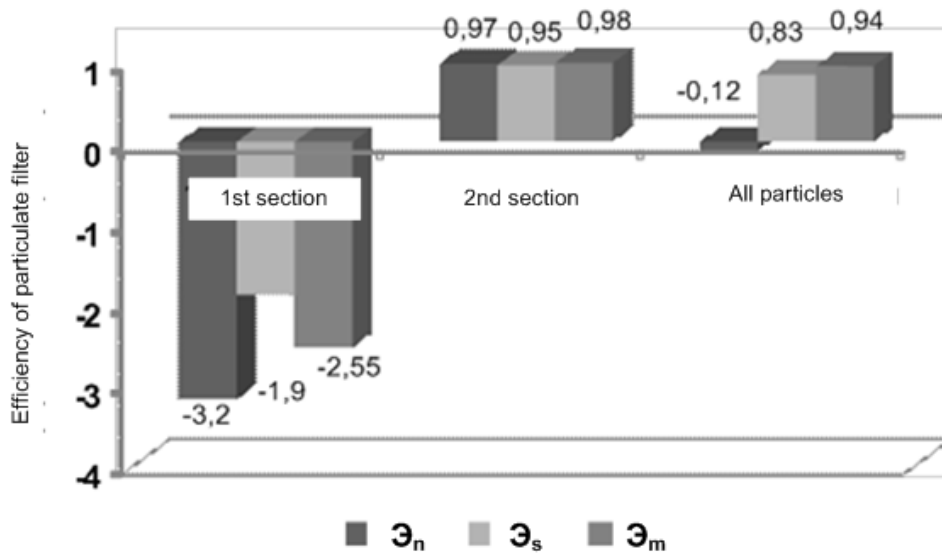


Fig. 6 – Efficiency indicators of studied diesel particulate filter

The research results show:

- The amount of PM: at the 1st section increased 4.2 times, at the 2nd section reduced by 30.5 times, over the whole range increased by 12%;
- the surface area of the particles at the 1st section increases 2.9 times, at the 2nd section reduced by 18.2 times, over the whole range decreased by 5.9 times;
- the mass of PM: at the 1st section - increases 3.55 times, at the 2nd section - reduced

by 49.1 times, over the whole range reduced by 16.1 times.

Thus, with a substantial reduction of the total surface and mass of all particles their total number increases through the increase of the number of fine particles measuring 20 ... 40 nm. The relative proportion of these particles passing through the filter increases from 26% to 98%.

Conclusions

1. Fractional composition of captured particles is necessary to take into consideration while evaluating the efficiency of the particulate filter.

2. Developed a method of a complex estimation of efficiency of the diesel particulate filter according to three criteria: the counting, the surface and the mass concentration of particulate matter in view of the particulate composition.

3. Comprehensive assessment of the efficiency of the studied filter showed the significant decrease of the mass concentration of the total PM flow – by 93.8%, while there was a significant increase of number – 4.2 times, surface area – 1.9 times and mass – 2.55 times of the fine particles measuring 20 ... 40 nm.

Literature

1. Поливянчук А., Щепак Е., Титова Е. Исследование степени токсичности вредных веществ, выбросы которых нормируются европейскими экологическими стандартами. *Вестник Национального технического университета „ХПИ“*. 2007. №2. С. 112-115.
2. Mayer A. Curtailing emissions of diesel engines in tunnel sites. *MTZ: Motortech*. 2014. №2. 13p.
3. Burtscher H. Literature Study on Tailpipe Particulate Emission Measurement for Diesel Engines. *GRPE. Fachhochschule Aargau, University of Applied Science*. 2001. 45 p.
4. Dvulit Z., Bojko O. Towards sustainable transport in Ukraine: main obstacles and directions of development. *ECONTECHMOD*. 2014. Vol. 3, №2. P. 7-14.
5. Batluk V., Romantsov E., Klymets V. The problem of highly effective cleaning of air from dust. *ECONTECHMOD*. 2013. Vol. 2, №2. P. 17-25.
6. Звонов В., Корнилов Г., Козлов А., Симонова Е. Оценка и контроль выбросов дисперсных частиц с отработавшими газами дизелей. М.: Издательство Прима-Пресс. 2005. 312 с.
7. Polivyanchuk A., Parsadanov I., Holkina E. Creation and experimental studies of the dynamic measuring concentrations of particulates in the exhaust gases of diesel engines. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2015. Vol. 15, №2. P. 15–24.
8. Kittelson D., Megan A., Watts W. Review of diesel particulate matter sampling methods: Final Report. *University of Minnesota, Minneapolis, MN*. 1999. 63p.
9. Mundt D.J., Nauss K.H., Gohen A.J., Greenbaum D.S. Diesel emission and lung cancer: epidemiology and quantitative risk assessment: A special report of the Institute Diesel Epidemiology Expert Panel. *Health Effect Institute*. 2013. 74p.
10. Dawson D.S., Alexeeff G.V., Budroe J.D., Campelman S.V. For the proposed identification of diesel exhaust as toxic air contaminant. Part B: Health risk assessment for diesel exhaust. *Office of Environmental Health Hazard Assessment, Air Toxicology and Epidemiology Section*. 1998. 442p.
11. Draper W.M., Phillips J.A., Zeller H.W. Impact of barium fuel additive on the mutagenicity and polycyclic aromatic hydrocarbon content of diesel exhaust particulate emissions. *SAE Technical Papers*. 1988. №881651, 19p.
12. Shore P.R., Tesh J.M., Bootman J.C. Application of short-term bioassays to the assessment of engine exhaust emissions. *SAE Technical Papers*. 1987. №870627. 16p.
13. Nauss, K. Diesel exhaust: a critical analysis of emission exposure and health effects. *Summary of HEI special report*. 1997. 6p.
14. Поливянчук А.П., Львов С.А. Определение регрессионных зависимостей для оценки содержания твердых частиц в отработавших газах дизеля. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Даля*. 2013. № 17 (206). С. 99-104.
15. Bahadur R. Impact of California's air pollution laws on black carbon and their implications for direct radiative forcing. *Atmospheric Environment*. 2011. №45. P. 1162-1167.
16. Scoltock J. Diesel Particulate Filter: PSA Peugeot Citroën was the first to bring in particulate filters to help make diesels cleaner. *Automotive Engineer*. 2014. Vol. 1, №4. P. 4-7.
17. Поливянчук А.П., Парсаданов И.В., Рыкова И.В. Определение и анализ уровней выбросов твердых частиц с отработавшими газами автомобильного дизеля на установившихся режимах работы. *Двигатели внутреннего сгорания*. 2009. №1. С. 92-96.
18. Поливянчук А.П. Повышение точности гравиметрического метода измерений удельного выброса твердых частиц с отработавшими газами дизеля. *Двигатели внутреннего сгорания*. 2010. №2. С. 110-113.
19. Поливянчук А.П. Оценка неопределенности результатов измерений выбросов твердых частиц в ходе экологических испытаний дизелей. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2012. №5 (176). С. 121-128.
20. Стенцель Й. Метрологія та технологічні вимірювання в хімічній промисловості, аналітичні прилади та методи контролю. Луганськ: Видавництво СХУ ім. В. Даля. 2001. 269 с.

References

1. Polivyanchuk, A., Shtepak, E., Titova, E. (2007). Issledovanie stepeni toksichnosti vrednyh veshchestv, vybrosov kotoryh normiruyutsya evropejskimi ehkologicheskimi standartami. [Study degree of toxicity of pollutants, emissions are standardized European environmental standards]. Bulletin of the National Technical University "KHPI", 2, 112-115. [in Russian].
2. Mayer, A. (2014). Curtailing emissions of diesel engines in tunnel sites. MTZ: Motortech, 2, 13. [in English].
3. Burtscher, H. (2001). Literature Study on Tailpipe Particulate Emission Measurement for Diesel Engines. GRPE. Fachhochschule Aargau, University of Applied Science, 45. [in English].
4. Dvulit, Z., Bojko, O. (2014). Towards sustainable transport in Ukraine: main obstacles and directions of development. ECONTECHMOD, 3(2), 7-14.
5. Batluk, V., Romantsov, E., Klymets, V. (2013). The problem of highly effective cleaning of air from dust. ECONTECHMOD, 2(2), 17-25. [in English].
6. Zvonov, V., Kornilov, G., Kozlov, A., Simonova, E. (2005). Ocenka i kontrol' vybrosov dispersnyh chastic s otrabotavshimi gazami dizelej. [Assessment and emission control particulate matter from the exhaust gases of diesel engines]. Moscow. Publishing house: «Prima press», 312 [in Russian].
7. Polivyanchuk, A., Parsadanov, I., Holkina, E. (2015). Creation and experimental studies of the dynamic measuring concentrations of particulates in the exhaust gases of diesel engines. TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture, 15(2), 15-24. [in English].
8. Kittelson, D., Megan, A., Watts, W. (1999). Review of diesel particulate matter sampling methods: Final Report. University of Minnesota, Minneapolis, MN, 63. [in English].
9. Mundt, D.J., Nauss, K.H., Gohen, A.J., Greenbaum, D.S. (2013). Diesel emission and lung cancer: epidemiology and quantitative risk assessment: A special report of the Institute Diesel Epidemiology Expert Panel. Health Effect Institute, 74. [in English].
10. Dawson, D.S., Alexeeff, G.V., Budroe, J.D., Campelman, S.V. (1998). For the proposed identification of diesel exhaust as toxic air contaminant. Part B: Health risk assessment for diesel exhaust. Office of Environmental Health Hazard Assessment, Air Toxicology and Epidemiology Section, 442. [in English].
11. Draper, W.M., Phillips, J.A., Zeller, H.W. (1988). Impact of barium fuel additive on the mutagenicity and polycyclic aromatic hydrocarbon content of diesel exhaust particulate emissions. SAE Technical Papers, 881651, 19. [in English].
12. Shore, P.R., Tesh, J.M., Bootman, J.C. (1987). Application of short-term bioassays to the assessment of engine exhaust emissions. SAE Technical Papers, 870627, 16. [in English].
13. Nauss, K. (1997). Diesel exhaust: a critical analysis of emission exposure and health effects. Summary of HEI special report, 6. [in English].
14. Polivianchuk, A.P., Lvov, S.A. (2013). Opređenje regressionnyh zavisimostej dlya ocenki sodержaniya tverdyh chastic v otrabotavshih gazah dizelya. [Determining the regression dependence to assess the solids content in exhaust gases of diesel engine]. Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian national university, 17 (206), 99-104. [in Russian].
15. Bahadur, R. (2011). Impact of California's air pollution laws on black carbon and their implications for direct radiative forcing. Atmospheric Environment, 45. 1162-1167 [in English].
16. Scoltock, J. (2014). Diesel Particulate Filter: PSA Peugeot Citroën was the first to bring in particulate filters to help make diesels cleaner. Automotive Engineer, 1(4), 4-7. [in English].
17. Polivyanchuk, A. P., Parsadanov, I.V., Rykova, I.V. (2009). Opređenje i analiz urovnej vybrosov tverdyh chastic s otrabotavshimi gazami avtomobil'nogo dizelya na ustanovivshihsy rezhimah raboty. [Determination and analysis of the levels of emissions of particulates with exhaust gases of automotive diesel engine in steady running]. Internal combustion engines, 1, 92-96. [in Russian].
18. Polivyanchuk, A.P. (2010). Povyshenie tochnosti gravimetricheskogo metoda izmerenij udel'nogo vybrosa tverdyh chastic s otrabotavshimi gazami dizelya. [Improving accuracy of gravimetric measurement method for specific emission of particulate matter with exhaust gases of a diesel engine]. Internal combustion engines, 2, 110-113. [in Russian].
19. Polivyanchuk, A.P. (2012). Ocenka neopredelenosti rezul'tatov izmerenij vybrosov tverdyh chastic v hode ehkologicheskikh ispytaniy dizelej [Uncertainty estimate in the results of measurement of particulate emissions during the environmental testing of diesel engines]. Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian national university, 5 (176), 121-128. [in Russian].
20. StencheI, I. (2001). Metrolohiya ta tekhnolohichni vymiryuvannya v khimichnij promyslovosti, analitychni pryklady ta metody kontrolyu [Metrology and measurement technology in the chemical industry, analytical instrumentation and control]. Lugansk: Publishing house Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 269 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 13.08.2017

Наукове видання екологічного факультету Харківського національного університету «Людина та довкілля. Проблеми неоекології» є науковим журналом, який включено до Переліку фахових видань ВАК, де публікуються основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора і кандидата географічних наук.

До публікації приймаються статті, які написані українською, російською або англійською мовами згідно за правилами для авторів і отримали позитивні рекомендації рецензентів.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Електронна версія оформляється у форматі Microsoft Word, шрифт Times New Roman, розмір 11, міжрядковий інтервал 1,0, всі поля по 2,5 см. Жирним шрифтом виділяються підзаголовки у статті; курсив допускається лише у виняткових випадках.

Ілюстрації, включаючи графіки і схеми, мають бути розміщені безпосередньо в тексті. Ілюстрації подаються чорно-білими. Скрізь, де можливо, доцільніше використовувати графіки, а не таблиці.

Орієнтація сторінок – книжкова. Вирівнювання – по ширині. Абзац – 0,63 см.

Для статей необхідно вказати УДК (ліворуч, розмір 11), **ініціали та прізвище автора** (розмір 11, жирним, прописними, по центру), науковий ступінь та звання (розмір 11), повну назву установи та її адреса, e-mail (розмір 10, курсив). **Назва статті** (жирними прописними, по центру, 11 розмір)

Далі подати розширену анотацію (не менше 500 знаків) та ключові слова (5-8) мовою статті: розмір 10, інтервал 1,0. Для експериментальних статей подати структуровані резюме, де має бути вказані слова: **Мета. Методи. Результати. Висновки.**

Також подати прізвище, організацію, назву статті, розширену анотацію та ключові слова англійською (не менше 1500 знаків) й російською (не менше 500 знаків) мовами: розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Анотація повинна бути побудована як реферат у реферативних журналах та відражати суть експериментів, основні результати та їх інтерпретацію. Для експериментальних статей подати структуровані резюме де має бути вказані слова: **Purpose: (Цель). Methods (Методы). Result (Результаты). Conclusion (Выводы).**

Статті друкуються українською, російською та англійською мовами.

Текст експериментальної статті повинен складатися з наступних розділів: «Вступ», «Методика» («Об'єкти та методи дослідження»), «Результати», «Обговорення» (можливий об'єднаний розділ «Результати та обговорення»), «Висновки», «Література».

Розділ «Вступ» повинен містити постановку проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями; короткий аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких розпочато рішення даної проблеми, виділення конкретних невирішених питань, яким присвячена стаття, формулювання мети роботи.

Розділ «Методика» повинен містити відомості про об'єкт (об'єкти) дослідження, умови експериментів, аналітичні методи, прилади та реактиви.

У розділі «Результати досліджень» надаються отримані результати та повинно відображувати закономірності, які витікають з отриманих даних. Отриману інформацію необхідно порівняти з наявними літературними даними та показати її новизну.

У розділі «Висновки» надається узагальнення та інтерпретація результатів, аналіз причинно-наслідкових зв'язків між виявленими ефектами, і повинно завершуватись відповіддю на питання, яке поставлено у вступі.

Література обов'язково оформляється за ДСТУ 8302:2015, повинна містити також і джерела, що опубліковані за останні 5 років: розмір 10, міжрядковий інтервал 1,0. Кількість посилань має бути не менше 15. Також список літератури, як References, має бути поданий за стандартом APA (транслітерація української та російської мови). Посилання на літературу у тексті подаються у квадратних дужках з вказуванням номера у списку літератури.

Адреса редакції: екологічний факультет, 4 поверх, к. 473а,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
Майдан Свободи, 6, Харків, Україна, 61022

тел. 057 / 707-56-36, 057 / 707-53-86 моб. 068-612-40-69

e-mail: ecology_journal@karazin.ua

Сайт журналу: <http://luddovk.univer.kharkov.ua/>

<http://periodicals.karazin.ua/humanenviron/about>

Наукове видання

ЛЮДИНА ТА ДОВКІЛЛЯ. ПРОБЛЕМИ НЕОЕКОЛОГІЇ

№ 3 – 4 (28)

Українською, російською та англійською мовами

Макетування та комп'ютерне верстання
Баскакова Л. В.

Макет обкладинки
Дончик І. М.

Підписано до друку 26.09.17
Формат 60x84/8
Ум. друк. арк. 14,7. Обл.-вид. арк. 14,9.
Наклад 100 пр. Зам.

61022, м. Харків, майдан Свободи, 6.
Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна
Видавництво

Надруковано ХНУ імені В. Н. Каразіна
61022, Харків, майдан Свободи, 4. Тел. 705-24-32
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09