

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**

Випуск 30

Заснований 1999 р.

Харків
2018

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 № 12 від 26.11.2018 р.)

Редакційна колегія:

Крайнюков О. М., д-р геогр. наук (головний редактор),
Тітенко Г. В., канд. геогр. наук, доц., (заступник головного редактора);
Баскакова Л. В., ст. наук. співр., (відповідальний секретар),
Адаменко М. І. д-р техн. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Максименко Н. В., д-р геогр. наук, доц., Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна;
Некос А. Н., д-р геогр. наук, проф., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Уткіна К. Б., канд. геогр. наук, доц., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;
Шкорбатюв 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;
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»;
Кучер А. В., канд. пед. наук, *ННЦ* «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського НААН»;
Медведев В. В., д-р біол. наук, проф., *ННЦ* «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім.О. Н. Соколовського НААН»
Сафранов Т.А., д-р геол.-мин. наук, проф., Одеський державний екологічний університет;
Сонько С.П., д-р геогр. наук, проф., Уманський національний університет садівництва;
Іноземні члени редколегії:
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;
Кіосопоулос Дж., д-р філософії, проф., Афіський університет прикладних наук, м. Афіни, Греція;
Нахтнебель Х.-П., проф. Університету природних ресурсів та прикладних наук – ВОРУ, м. Відень, Австрія;
Торма С., д-р філософії, Науково-дослідний інститут ґрунтознавства та охорони ґрунтів, регіональний філіал у м. Прешов, Словачка республіка
Хусанов А., канд. техн. наук, Південно-Казахстанський університет імені М. Ауезова, 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.urau.ua/ludina_dov <http://periodicals.karazin.ua/humanenviron/about>
www-ecology.univer.kharkov.ua

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за достовірність наведених фактів, власних імен тощо.

Статті пройшли внутрішнє та зовнішнє рецензування

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 5097 від 03.05.2001

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, оформлення, 2018

ЗМІСТ

Сучасні географічні та екологічні дослідження довкілля

<i>Тітенко Г. В., Медведєв В. В.</i> Про ґрунтоохоронну інформацію, етику і етичні норми.....	6
<i>Катеруша Г. П., Сафранов Т. А., Катеруша О. В.</i> Можливі зміни біокліматичних умов зимового періоду в Україні.....	17
<i>Максименко Н.В., Пономаренко П.Р.</i> Оцінка екологічних ризиків від забруднення повітря міст Китаю (англ.).....	28
<i>Дерезюк Н. В., Медінець В. І., Газетов Є. І.</i> Дослідження фітопланктону у прибережних водах острова Зміїний в 2016-2017 рр.....	40
<i>Газетов Є. І., Медінець В. І., Снігірєв С. М., Конарева О. П., Снігірєв П. М., Медінець С. В., Абакумов О. М., Піцик В. З., Ковальова Н. В., Солтис І. Є.</i> Дослідження гідрологічних характеристик морських вод в Одеській затоці у 2016-2017 рр (рос.).....	65
<i>Ковальова Н. В., Медінець В. І., Медінець С. В., Снігірєв С. М., Конарева О. П., Газетов Є. І., Мілева А. П., Грузова І. Л., Солтис І. Є., Снігірєв П. М., Світлична Х. О.</i> Дослідження змін трофічного статусу вод Кучурганського водосховища у 2006-2018 рр...	78
<i>Мартинюк В. О., Зубкович І. В., Андрійчук С. В.</i> Ландшафтно-географічна оцінка ресурсного потенціалу сапропелю озера Любитівське (Волинське Полісся).....	91
<i>Цьось О. О., Музиченко О. С., Боярин М. В.</i> Структурний аналіз вищих водних та прибережно-водних рослин річки Вижівка.....	104
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	
<i>Ричак Н. Л., Богатир В. О.</i> Вплив урболадшафтної геосистеми на сольовий склад річкових вод.....	112
<i>Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Невмивака М. О.</i> Післяпірогенний розвиток молодого соснового насадження в Лісостепу.....	123
<i>Гололобова О. О., Василець Я. С.</i> Агроекологічне обґрунтування поведження з органічними відходами при виробництві гуматів.....	130
<i>Волковая О. О.</i> Порівняльна екологічна оцінка вітроенергетичних проектів: акустичне навантаження (англ.).....	138
І н с т р у м е н т и т а т е х н о л о г і ї д о с л і д ж е н н я д о в к і л л я	
<i>Слепужніков Є. Д., Тарахно О. В., Пономаренко Р. В., Буц Ю. В.</i> Удосконалення контролю відбору проб рідких, газоподібних та сипучих речовин при дослідженні техногенного впливу на довкілля.....	148
М е д и к о - е к о л о г і ч н і д о с л і д ж е н н я	
<i>Циганенко О. І., Хоменко І. М., Першегуба Я. В., Склярова Н. А., Авраменко Л. М.</i> Вплив на екологічне здоров'я спортсменів холодного атмосферного повітря.....	158
<i>Правила оформлення статей</i>	166

CONTENTS

Modern Geographic and Ecological Environment Research

<i>Medvedev V. V., Titenko G. V.</i> About the Soil Conservation Information, Ethics and Ethical Standards.....	6
<i>Katerusha G. P., Safranov T. A., Katerusha O. V.</i> Possible Changes of Bioclimatic Conditions of Winter Period in Ukraine.....	17
<i>Maksymenko N. V., Ponomarenko P. R.</i> Assessment of Environmental Risks From the Air Pollution of China Cities.....	28
<i>Dereziuk N. V., Medinets V. I., Gazyetov Ye. I.</i> Study of Phytoplankton Within the Coastal Waters of Zmiinyi Island in 2016–2017.....	40
<i>Gazyetov Ye. I., Medinets V. I., Snigirov S. M., Konareva O. P., Snigirov P. M., Medinets S. V., Abakumov A. N., Pitsyk V. Z., Kovalova N. V., Soltys I. E.</i> Study of Marine Waters Hydrological Characteristics in Odessa Bay in 2016-2017.....	65
<i>Kovalova N. V., Medinets V. I., Medinets S.V., Snihirov S. M., Konareva O. P., Gazyetov Ye. I., Mileva A. P., Gruzova I. L., Soltys I. E., Snigirev P. M., Svitlichna K. O.</i> Study of Changes of Trophic Status of the Kuchurganske Reservoir in 2006-2018.....	78
<i>Martyniuk V. O., Zubkovich I. V., Andriichuk S. V.</i> The Landscape-Geographical Assessment of Sapropel Resource Capacity of Lubytivske Lake (Volyn Polessia).....	91
<i>Tsos O. A., Muzychenko O. S., Boyarin M. V.</i> Structural Analysis of Higher Aquatic and Coastal-Aquatic Plants of Vyzhivka River.....	104

Anthropogenic Influence on a Natural Environment

<i>Rychak N. L., Bogatyr V.O.</i> The Influence of Urban Landscape Geosystem on Salt Composition of River Waters.....	112
<i>Koval I. M., Sidorenko S. D., Nevmyvaka M. O.</i> Postpyrogenic Development of Young Pine Stand in Forest-Steppe.....	123
<i>Gololobova O. O., Vasilets Ya. S.</i> Agroecological Grounding of Organic Waste Management in the Production of Humates.....	130
<i>Volkovaia O. O.</i> Comparative Environmental Assessment of Wind Energy Projects: Acoustic Load.....	138

Environmental research tools and technologies

<i>Slepuzhnikov E. D., Tarakhno E. V., Ponomarenko R. V., Buts Y. V.</i> Improvement of the Selection Control of Liquid, Gaseous, and Cutting Substances in the Investigation of Technological Influence on Environment.....	148
--	-----

Medical-ecological research

<i>Tsyganenko O. I., Khomenko I. M., Pershehuba Ya. V., Sklyarova N. A., Avramenko L. M.</i> The Influence of Cold Atmospheric Air on the Environmental Health of Sportsman.....	158
<i>Formatting Rules</i>	166

СОДЕРЖАНИЕ

Современные географические и экологические исследования окружающей среды

<i>Медведев В. В., Титенко А. В.</i> О почвоохранной информации, этике и этических нормах.....	6
<i>Катеруша Г. П., Сафранов Т. А., Катеруша Е. В.</i> Возможные изменения биоклиматических условий зимнего периода в Украине.....	17
<i>Максименко Н. В., Пономаренко П. Р.</i> Оценка экологических рисков от загрязнения воздуха городов Китая	28
<i>Дерезюк Н. В., Мединец В. И., Газетов Е. И.</i> Исследования фитопланктона в прибрежных водах острова Змеиный в 2016–2017 гг.....	40
<i>Газетов Е. И., Мединец В. И., Снигирев С. М., Конарева О. П., Снигирев П. М., Мединец С. В., Абакумов А. Н., Пицык В. З., Ковалева Н. В., Солтыс И. Е.</i> Исследования гидрологических характеристик морских вод в Одесском заливе в 2016-2017 гг.....	65
<i>Ковалева Н. В., Мединец В. И., Мединец С. В., Снигирев С. М., Конарева О. П., Газетов Е. И., Милева А. П., Грузова И. Л. Солтыс И. Е., Снигирев П. М., Светличная К. А.</i> Исследования изменений трофического статуса вод Кучурганского водохранилища в 2006-2018 гг.	78
<i>Мартынюк В. А., Зубкович И. В., Андрейчук С. В.</i> Ландшафтно-географическая оценка ресурсного потенциала сапропеля озера Любитовское (Волынское Полесье).....	91
<i>Цёсь О. А., Музыченко О. С., Боярин М. В.</i> Структурный анализ высших водных и прибрежно-водных растений реки Выживка.....	104

Антропогенное влияние на природную среду

<i>Рычак Н. Л., Богатырь В. О.</i> Влияние урболодшафтной геосистемы на солевой состав речных вод.....	112
<i>Коваль И. М., Сидоренко С. Г., Невмывака М. О.</i> Послепирогенное развитие молодого соснового насаждения в Лесостепи.....	123
<i>Гололобова Е. А., Василець Я. С.</i> Агроэкологическое обоснование обращения с органическими отходами при производстве гуматов.....	130
<i>Волковая А. А.</i> Сравнительная экологическая оценка ветроэнергетических проектов: акустическая нагрузка.....	138

Инструменты и технологии исследования окружающей среды

<i>Слепужников Е. Д., Тарахно Е. В., Пономаренко Р. В., Буц Ю. В.</i> Усовершенствование контроля отбора проб жидких, газообразных и сыпучих веществ при исследовании техногенного воздействия на окружающую среду.....	148
---	-----

Медико-экологические исследования

<i>Цыганенко О. И., Хоменко И. М., Першегуба Я. В., Склярова Н. А., Авраменко Л. Н.</i> Влияние на экологическое здоровье спортсменов холодного атмосферного воздуха.....	158
<i>Правила для авторов</i>	166

СУЧАСНІ ГЕОГРАФІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

УДК 502.65

В. В. МЕДВЕДЕВ¹, д-р біол. наук, проф., **Г. В. ТІТЕНКО¹**, канд. геогр. наук, доц.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

майдан Свободи, 6, 61022, Харків, Україна

e-mail: vvmedvedev@ukr.net <https://orcid.org/0000-0001-7319-8773>

titenko@karazin.ua <http://orcid.org/0000-0002-8477-0672>

ПРО ҐРУНТООХОРОННУ ІНФОРМАЦІЮ, ЕТИКУ І ЕТИЧНІ НОРМИ

Мета – визначити деякі моральні норми етичної поведінки як основу раціонального використання і охорони ґрунтів. Дбайливе і турботливе відношення до ґрунту, екологічний імператив – внутрішня потреба керівника, землекористувача і вченого. У взаєминах «держава-землекористувач» повинні бути виключені дії, що шкодять ґрунту. Обговорено питання, як допомогти землевласнику використовувати інформацію, спрямовану на збереження ґрунтового покриву, як досягти прибутковості сільськогосподарського підприємства, не порушивши якість ґрунтового покриву, які дії повинна здійснити держава, щоб ґрунтоохоронні рекомендації вчених знайшли дорогу в практику, що важливіше продуктивна чи екологічна функції ґрунтового покриву. Примусово-заохочувальний принцип ставлення держави до землекористувача і субсидування сільськогосподарської діяльності повинні стати головними у ґрунтоохоронній стратегії держави.

Ключові слова: взаємини «держава-землекористувач», етичні норми, ґрунтоохоронна інформація

Medvedev V.V., Titenko G. V.

V. N. Karazin Kharkiv National University

ABOUT THE SOIL-SAVING INFORMATION, ETHICS AND ETHICAL STANDARDS

The purpose – to define some moral standards of ethical behaviour as a basis of rational use and soil protection. A careful attitude to soil, an ecological imperative - internal need of the head, the land user and the scientist. In mutual relations «state-land user» the actions harming of soil should be excluded. Questions are discussed how to help the land user to use the information directed on soil preservation, how to reach profitability of the agricultural enterprise, not having disturbed quality of soil, what actions the state that soil-saving recommendations of scientists have found the way in practice, that is more important productive or ecological of soil functions should carry out. A compulsorily-incentive principle of the attitude of the state to the land user and subsidizing of agricultural activity should become the main things in soil-saving strategy of the state.

Keywords: mutual relations «state-land user», ethical standards, the soil-saving information

Медведев В. В., Титенко А. В.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

О ПОЧВООХРАННОЙ ИНФОРМАЦИИ, ЭТИКЕ И ЭТИЧЕСКИХ НОРМАХ

Цель – определить некоторые моральные нормы этического поведения как основу рационального использования и охраны почв. Заботливое отношение к почве, экологический императив – внутренняя потребность руководителя, землепользователя и ученого. Во взаимоотношениях «государство-землепользователь» должны быть исключены действия, вредящие почве. Обсуждены вопросы, как помочь землепользователю использовать информацию, направленную на сохранение почв, как достичь прибыльности сельскохозяйственного предприятия, не нарушив качество почв, какие действия должно осуществить государство, чтобы почвоохранные рекомендации ученых нашли дорогу в практику, что важнее продуктивная или экологическая функции почв. Принудительно-поощрительный принцип отношения государства к землепользователю и субсидирование сельскохозяйственной деятельности должны стать главными в почвоохранной стратегии государства.

Ключевые слова: взаимоотношения «государство-землепользователь», этические нормы, почвоохранная информация

Вступ

Звичайно під етикою мається на увазі мораль і моральні норми поведінки. Зрозуміло, в науці прояви етики мають свої особливості. Стосовно до наукової інформації

вона, думаємо, означає насамперед відсутність конфліктності в наукових колективах, між спорідненими колективами, коректне використання інформації в публікаціях, а

тепер, після прийняття відповідних законів, суворе дотримання її суверенітету і конфіденційності [1]. Разом з тим при використанні будь-якої наукової інформації не повинно виникати ніяких обмежень і перешкод, а, якщо необхідно, то і перешкод щодо її перевірки і творчого доопрацювання. Прагнення деяких керівників відомств увести особливі правила у використанні отриманої в рамках виконання державної тематики, тобто, за бюджетні кошти, інформації, звичайно, помилкові і неетичні. Ясно, що тенденції комерціалізації наукової інформації повинні бути подолані.

Само собою зрозуміло, що наукова інформація повинна бути точною, перевіреною, отриманою в атестованих лабораторіях, на сучасних приладах, кваліфікованим персоналом. Не випадково, у Франції за перекручування інформації, отриманої в рамках моніторингових програм, покладається суворе покарання аж до кримінальної відповідальності [2].

Далі нам представляється важливим підкреслити декілька сторін етики, що стосується наукової інформації, особливо тієї її частини, яка є важливою щодо охорони ґрунтів.

Обов'язковість чи добровільність виконання ґрунтоохоронних рекомендацій. Не є секретом, що значна частина рекомендацій учених залишається в публікаціях, звітах, а часто просто порохиться на полицях в архівах. Причин цього чимало. Це й відсутність коштів (наприклад, для формування бездефіцитного балансу поживних речовин в орних ґрунтах Україні необхідно близько 30 млрд. грн., яких немає), і сформовані стереотипи (адже так важко відмовитися від звичного плугу і, здається, немає іншого ефективного способу боротьби з бур'янами!), і іноді некваліфікований і недостатньо поінформований персонал. Часто дорікають учених за недостатні зусилля у впровадженні рекомендацій. Це, упевнені, найменш справедливий докір, тому що в більшості країн світу, вчені зайняті дослідженнями, а впроваджують розробки інші співробітники - наприклад, зі служби охорони ґрунтів, як це здійснюється в США, або із сільськогосподарської палати, як це прийнято в Німеччині і Франції, або служби extension service – у Швеції [3].

З жалем доводиться констатувати, що в Україні система передачі наукової інформації від розроблювача до землекористува-

ча відсутня. У новій Україні зв'язки між наукою й виробництвом поки не склалися. Дослідні господарства Національної академії аграрних наук здебільшого не є зразками високих технологій, нових технічних засобів і взагалі високорентабельними господарствами. Передові агрохолдинги, де застосовуються значно кращі технології і технічні засоби, віддають перевагу закордонним зразкам. Більше того, в агрохолдингах невиправдано затрачають значні кошти на створення власних лабораторій за наявності в кожній області якісних можливостей для оперативного аналізу зразків ґрунтів, рослин і вод.

Зрозуміло, академія прагне поправити ситуацію. Багато інститутів землеробського профілю мають полігони, де демонструють свої досягнення, регулярно проводять дні поля, видають масу рекомендаційної літератури. Головне - в Україні прийнята значна кількість законів і відомчих постанов, спрямованих на раціональне використання і охорону ґрунтів. Але, як це неодноразово підкреслювалося, цей метод своєрідної добровільної агітації виявився неефективним, тому що агротехнології порушуються, меліоративні заходи не застосовуються, а родючість ґрунтів унаслідок стійкого незбалансованого режиму живлення падає [4].

Що робити? Потрібно звернутися до закордонного досвіду. У США, в 30-х рр. тільки що створена Служба Охорони Ґрунтів видала для фермерів кілька регіональних рекомендацій із профілактики дефляції ґрунтів. Вони включали різного роду поради щодо організації полів, застосування полосних способів сівби, обмеження у використанні плугу і, навпроти, більш широкого використання безвідвального обробітку, залишення стерні і заборони на її спалювання. Через кілька років, наприкінці 30-х рр., коли знову розігралася пилова бура (що мала особливо несприятливі наслідки в штаті Техас), виявилось, що фермери практично проігнорували раніше отримані рекомендації. Так, саме після цього в США заговорили про субсидії для фермерів, які стимулювали б їх до застосування ґрунтозахисних способів вирощування культур. Саме в США зародився так званий примусово-заохочувальний спосіб впровадження нових розробок учених, що згодом був сприйнятий країнами Європи і іншими [5].

Нема сумніву, що він повинен бути також сприйнятий і в Україні. У нашій кра-

їні досить ґрунтоохоронних законів, ще більше рекомендацій. Тепер самий час підкріпити їх субсидіями. І ніякі посилення на нестачу коштів не повинні звучати, тому що рекомендації є ґрунтозберезувальними, і їхнє впровадження є найголовнішим завданням держави.

Про компроміс між сталістю сільськогосподарства, сталістю ґрунтів і добробутом фермера. Знайти компроміс у системі, у якій діють суперечливі природні і соціальні фактори, дуже складно. Адже цільний ґрунт, де діють тільки природні фактори, стійкий і незмінний, поки незмінні ґрунтоутворні чинники. Такий ґрунт підтримує майже нульовий баланс енергії і речовин, унаслідок чого стійкий в морфологічних, фізичних, хімічних ознаках і складі живої фази. Ґрунт, що розорюється, унаслідок майже обов'язкового дефіцитного балансу біофільних елементів, ненормованих фізичних і хімічних навантажень схильний до несприятливих змін. Стійкість ґрунту ще більше послабляється, коли він попадає в умови низькоякісного землеробського використання, тобто, тоді, коли порушуються сівозміни, не повертаються повною мірою взяті із ґрунту із урожаєм елементи живлення, застосовуються неприпустимі механічні навантаження, що приводять до залишкових необоротних змін і наприкінці кінців деградації. Зрозуміло, фермер оцінити і тим більше запобігти цим явищам не може. Він може це зрозуміти тільки тоді, коли побачить явні ознаки погіршення ґрунтів його земельної ділянки і зниження прибутковості. Так це йому розуміти і не потрібно. Замість нього ці явища повинна вивчити і зрозуміти наука, а держава активно сприйняти рекомендації науки і зробити все від неї залежне, щоб не наступила деградація, не знижувався врожай, не падав добробут фермера і, головне, ґрунт залишався родючим для наступних поколінь. Саме із цієї причини держави Західної Європи і Північної Америки з інтенсивним землеробством заохочують фермерів субсидіями і тим більшими, чим вищі в них урожаї.

Щоб не допустити зниження родючості ґрунтів. А там, де держави бідні і грошей на субсидії не вистачає, як в Аргентині або в Бразилії, діють інші механізми. Формують асоціації, залучають кошти з недержавних джерел і домагаються компромісу між стійкістю ґрунтової родючості і добробутом фермера, а в цілому домагаються стійкості держави [6].

Таким чином, у цивілізованій державі успішним фермером потрібно вважати того, у кого високий урожай і немає деградації ґрунтів. Дуже хочеться сподіватися, що в Україні владні структури зрозуміли ці порівняно прості закономірності, і на ділі, а не на словах оцінили виняткове значення ґрунту і його родючості для долі країни.

Про екологічний імператив. Екологічний імператив стосовно ґрунту означає систему поглядів, відповідно до яких дбайливе і турботливе відношення до ґрунту стає внутрішньою потребою, основою високоморальної і етичної поведінки. У діяльності людини, що має відношення до ґрунту, повинні бути виключені будь-які дії, що шкодять йому. Це стосується фермера, керівника, і тим більше вченого, що розробляє рекомендації з використання ґрунту. Ці люди повинні добровільно керуватися системою заборон і обмежень, не переступати граничні норми, здатні послабити функціонування ґрунту і привести його до необоротних змін. У багатьох учених особливо молодого покоління, розрахунок відверненого екологічного збитку (наприклад, на тлі застосування протиерозійних заходів) уважається істотним внеском в екологічну ефективність). Зрозуміло, це важлива оцінка, але вона лише частково відповідає екологічному імперативу. Останній вимагає, щоб екологічній оцінці завжди віддавали перевагу, така оцінка є своєрідним параметром оптимізації, заради якого варто підкорити всі свої дії. Саме ця оцінка повинна стати провідною, тому що вона сприяє стійкості ґрунту як тіла природи, відповідального за стійку продуктивну, екологічну і соціальну функції.

Особливо важливе розуміння екологічного імперативу для політичних лідерів, від дій яких часто залежать долі ґрунтів і людей, що проживають на них. Жаль, але в діячів, причетних до земельної реформи, явно були відсутні уявлення про екологічний імператив. Взяло гору бажання швидко одержати ефект на шкоду родючості ґрунтів. Головний прорахунок ініціаторів земельної реформи був у тім, що введення ринкових відносин в агросферу не було погоджено з економічним рівнем держави і технологічним рівнем тодішнього села. У результаті баланс між екологічною свідомістю і економічним прагненням був порушений.

«Ґрунт – парабіотичне (майже живе) тіло». Ці, на диво, точні слова О.Н. Соколовського [7], насамперед, означають необ-

хідність ставлення до ґрунту як живому тілу. Часто, на жаль, дуже часто, господарська діяльність людини вступає в протиріччя із принципами екологічного імперативу. Лише екологічно вірна свідомість, тобто, розуміння закономірностей розвитку ґрунтів повинна зупинити непомірне бажання землекористувача домогтися високого результату за рахунок майбутнього добробуту ґрунту. На закони природи необхідно зважати. Використовувати ґрунт можна лише так, щоб не порушити його здатність підтримувати свої характерні (модальні) характеристики. Всі випадки необоротних змін ґрунтів, пов'язані з погіршенням властивостей і режимів, є результатом порушення екологічного імперативу.

Наслідком недотримання екологічного імперативу служать численні негативні прояви в орному ґрунті, що приводять до його деградації. Прикладів тому в давній і сучасній історії маса. Основна їхня причина - антропогенна діяльність. І якщо за давніх часів вторинне засолення зрощуваних ґрунтів Близького Сходу, або спустелення пасовищ Північної Африки внаслідок надмірного випасу пояснювалося незнанням механізмів цих явищ, то сьогодні з деградацією ґрунтів миритися не можна. Адже наука досить детально прояснила її причини, типи, поширення, способи усунення.

Наслідкування екологічному імперативу повинно стати усвідомленим вибором землекористувача.

Не можна допускати однобічних оцінок агрозаходів, коли навіть незначне збільшення урожаю на тлі зниження умісту гумусу і погіршення фізичних властивостей, служить підставою для рекомендації виробництву.

Не можна постійно недооцінювати надзвичайно високу ґрунтопокрощувальну роль нульового обробітку тільки тому, що в перші роки він не дає збільшення врожаю.

Не можна постійно ігнорувати в рекомендаціях про внесення мінеральних добрив їхню можливу міграцію в нижні горизонти, а потім у ґрунтові води, і не вивчати це питання.

Не можна в рекомендаціях із запобігання ерозії ґрунтів не проводити конкретних вимірів твердого і рідкого стоку, як це вважається майже правилом у відповідних дослідженнях нашої дослідної мережі.

Не можна широко впроваджувати систему обробітку ґрунтів на основі плугу і

важких машинно-тракторних агрегатів, що приводить до утворення плужної підшви, знеструктурення і переущільнення піднасинного прошарку.

Не можна зневажати прогнозною оцінкою подальшої еволюції ґрунтів при застосуванні різних систем їх використання в дослідях, тривалість яких перевищує 50 років. Адже це унікальні об'єкти для оцінки екологічного імперативу.

Ці приклади показують, що екологічний імператив ще не став нормою. Їм у достатній мірі не опанували ні вчені, ні землекористувачі. У наукових програмах не знайти відповідних позицій. А вони зовсім не перешкодили б. Наприклад, надто важливо визначити граничні механічні і хімічні навантаження на ґрунти з урахуванням їхніх регіональних особливостей. Або заходи меліоративного впливу, що сприяють підтримці модального статусу ґрунту. Або установити, як допомогти ґрунту протистояти непомірним навантаженням, або адаптувати його до можливих кліматичних флуктуацій.

Екологічний імператив повинен стати турботою хліборобів. Наука доводить, що можна одержати високий врожай і не тільки не допустити падіння родючості ґрунту, а й, навпаки, примножить її. Не можна тільки одного - жити за рахунок ґрунту, бути його боржником. Для цього країні вкрай потрібна програма збереження родючості ґрунту, яка повинна стати національною, пріоритетною. Ґрунт як незамінний і безмовний годувальник заслуговує на це.

Цей розділ хочемо закінчити цитатою з праці В.В. Докучаєва "Наши степи прежде и теперь" [8]: «Чорнозем, навіть коли він має найкращу статуру і є обдарованим високими природними якістьми, але, через поганий догляд, неправильне живлення, непомірну працю, його сили надірвано, виснажено, він уже не в змозі правильно працювати, на нього не можна покластися, він може сильно постраждати від найменшої випадковості, що за іншого, більш нормального стану він легко б переніс, у будь-якому разі, істотно не постраждав би і швидко виправився. Обов'язок землекористувача - допомогти хворому чорнозему як це завжди допомагають хворій людині».

Реальна незалежність і самоврядність наукових інститутів. Питання про те, чи одержує науково-дослідний інститут вказівки з міністерства про спрямованість і зміст своєї діяльності, викликає в західному

суспільстві лише здивування. Наприклад, у Франції в керівництві INRA (аналог аграрної академії просто нікому давати такі вказівки, тому що там працює всього 6 чоловік і їхнє головне завдання полягає в підтримці активних контактів з науковою комісією ЄС і максимальному поверненні у вигляді проєктів коштів, внесених Францією в бюджет цієї комісії. INRA не проводить майже щотижня засідання, не видає численні постанови, не планує, не координує і не контролює наукову діяльність, справедливо думаючи, що цю роботу краще виконають провідні інститути і провідні вчені.

Дослідження ґрунтів у Франції мають давню історію, ведуться на сучасному рівні, із широким застосуванням польових довготривалих дослідів, натурного і математичного моделювання, геоінформаційних, дистанційних і інших технологій. Майже кожний стаціонарний польовий дослід облаштований приладами для автоматичного контролю параметрів ґрунту і погоди у режимі on-line. Інститути ґрунтознавчого спрямування мають можливості для визначення забрудників органічної і неорганічної природи, приладів для спостереження за емісією з ґрунту вуглецю, азотних і інших сполук, приладів для ґрунтової і рослинної діагностики потреби ґрунтів і рослин у хімієлорантах і добривах. Є досвід використання пересувних лабораторій для експресного визначення параметрів ґрунту і рослин в польових умовах, лізіметричних станцій, устаткування для дослідження поверхневого стоку і ерозії. У Версалі є обладнання для автоматизованого дешифрування космічних знімків і досвід використання одержуваної інформації для картографування ґрунтового покриву і охорони довкілля [9].

Багаторазові відвідування ґрунтових установ Франції переконали в надзвичайно високому рівні їхніх робіт. Наприклад, в агрофізичних дослідженнях практично вирішена проблема точних вимірів диференціальної пористості ґрунтів (за допомогою ртутної порозиметрії і методом аналізу зображень у тонких зрізах), щільності будови (γ – скопіюванням), контролю основних режимів ґрунтів і приземного шару повітря за допомогою автоматичних кліматичних станцій. Давно впроваджений у практику біологічний метод прогнозування, призначення і автоматизації поливів польових і садових культур без відбору ґрунтових проб. Не можна не виділити винятково ви-

сокий рівень використання агрокліматичної інформації.

Звертають на себе увагу також інші досягнення. Це висока якість посівів зернових колосових культур, кукурудзи, цукрових буряків, рапсу, доглянутість полів, луків і пасовищ, відсутність пухирів і видимих проявів ерозії, дуже слабка засміченість, ретельне дотримання маршрутизації руху машинно-тракторних агрегатів при вирощуванні польових культур для зменшення шкоди від переущільнення ґрунтів.

Висока культура землеробства пояснює ті безсумнівні успіхи, яких досягла Франція в сільськогосподарському виробництві (1-е місце в Західній Європі). Особливо вагомі досягнення у виробництві зерна (більше 1,0 т/га в рік на людину), ефективному використанні луків (60% у кормовому балансі), висока продуктивність меліорованих угідь. Рівень хімізації - близько 300 кг/га N+P+K у рік за оптимального співвідношення елементів живлення. Важливо відзначити, що розораність у країні зберігається на досить низькому рівні (близько 50%). Приміром, у лісостепових і степових районах України вона близька до 90%, а внесення туків не перевищує 96 кг д.р.

Франція має великий досвід ведення систематичного моніторингу параметрів довкілля. Країна підтримує мережу точок (усього 2100), розташованих у вузлах сітки 16x16 км. Спостереження ведуться за дуже широкою програмою (подібні програми є тільки в Австрії і Швеції, які вважаються зразковими у даному аспекті). Проведено декілька турів спостережень.

Наукова тематика, наприклад, Інституту агрофізики в Авіньйоні впливає з аналізу сучасного стану фізичних властивостей орних ґрунтів країни, що під впливом інтенсивних способів обробітки і підвищених доз мінеральних добрив в останні роки погіршується. Тому серед наукових тем можна виявити розробки, пов'язані з пошуком засобів оструктурювання ґрунтів, точних і безпечних для структури способів поливу і добрива. Популярне питання краплинного зрошення (тут сільськогосподарська палата регулярно проводить семінари з фермерами з цього приводу), є тематика вивчення властивостей ґрунтів на тлі органічного землеробства. Вивчаються фізичні властивості ґрунтів під садами і виноградниками. Є традиційні для французьких агрофізиків питання вдосконалювання методів вивчення фізичних властивостей ґрунтів.

Тематика досліджень планується безпосередньо в Інституті під керівництвом, як правило, провідного вченого, що має можливість щорічно скористатися досить тривалим відрядженням у кращі наукові установи світу для вивчення досвіду їхньої роботи. Таку ж можливість мають керівники наукових підрозділів Інституту, що, до речі, записана в них у контракті. Важливо відзначити, що всі наукові співробітники (не тільки пенсіонери як в Україні) працюють винятково на контрактних умовах тривалістю від одного до трьох років. Це безумовно дисциплінує співробітників і підвищує ефективність їхньої роботи. До того ж у наукових співробітників немає проблем із англійською мовою і немає ніяких труднощів з доступом до наукових видань. Зовсім зайво вести мову про приладову базу, що має лише обмеження в часі свого використання, по завершенні якого незалежно від стану викидається. Також ясно прописана необхідність регулярного підвищення кваліфікації наукових співробітників лабораторії і аналітичних працівників. Такі ж високі вимоги пред'являються до якості наукових публікацій. Представлені статті аналізуються не менш чим 3-а рецензентами, як правило, провідними спеціалістами в даній області. У зв'язку з наявністю сучасних засобів зв'язку, не має значення, в якій країні працює цей фахівець. Для того щоб одержати ступінь, аналогічний нашому кандидатському рівню, потрібно опублікувати не менше 10 наукових статей у провідних журналах. Це досить важко здійснити. Не випадково, тому, захист дисертації, наприклад, у шведському аграрному університеті Упсала перетворюється у формальність, тому що здобувач після тривалого дискутування з рецензентами своїх статей стає добре підготовленим ученим.

Всі ці заходи сприяють високому рівню досліджень, їх наукової і практичної значимості, а головне – підвищують авторитет науки і її вчених. У Франції, Німеччині, та і в інших країнах нікому із можновладців і тим більше депутатів-політиків або міністрів не впаде в голову давати вказівки науці. На жаль, в Україні, де в порушення всяких етичних норм міністри і депутати самим сумнівним чином стають власниками наукових звань, подібне стає правилом. Незважаючи на незалежність інститутів, записану в уставах українських інститутів, її ніколи не було. Наука не стала самовряд-

ною, і, як це, мабуть, є однією із причин її незavidного положення в українському суспільстві. Надлишкова регуляція наукової діяльності, як і регуляція аграрної сфери, гальмує їхній розвиток.

В Україні вкоренився пострадянський синдром: раз держава фінансує дослідження, вона повинна їх контролювати, затверджувати тематику, призначати керівників. У Франції, навпаки – влада, фінансуючи науку, не втручається в її діяльність, вона довіряє інститутам, вона прислухається до їхньої думки, тому що там здатні вибрати правильне рішення, саме там влада може знайти відповіді на свої питання. До речі, вона не намагається призначати в інститути директорів, довіряючи це зробити їхнім колективам. І це так логічно – тільки колектив інституту може об'єктивно оцінити науковий рівень та інші якості претендента. Ніякий чиновник, що активно не займається наукою, це зробити не в змозі. Тут не може виникнути така ситуація, яка суцільно виникає в Україні – фахівцям, що не мають профільної освіти і досвіду відповідної роботи, довіряють керувати міністерствами і відомствами, забуваючи непорушний принцип: успіх у будь-якій справі залежить від того, хто його очолює.

У США, де фундаментальні аграрні дослідження зосереджені в університетах і великих аграрних корпораціях, положення аграрної науки практично таке саме – вона авторитетна і незалежна, а якщо точніше, то вона залежна лише від фермерів, та і то тільки в етичному плані. Як ми неодноразово пересвідчувалися, особливістю американської аграрної науки є її виняткова прикладна орієнтація. Одному з авторів доводилося слухати чимало доповідей американських учених і всі вони завжди підкреслювали роль фермерів і що їхні дослідження підказані фермерською практикою і що спрямовані вони на вирішення тієї або іншої конкретної проблеми. Більше того, у США, як не вистачає у будь-якій іншій країні, помітне поклоніння ґрунту, турбота про його охорону і повага до землеробської праці. Зразковим можна назвати ставлення у США до американського фермера. Ось розповідь американського фермера: «коли я бачу американський прапор, у мене навертаються сльози. Кілька років назад американський уряд купив моє зерно, заплатив гроші, а через рік на моєму банківському рахунку виявилася додаткова сума коштів. Виявилось,

що моє зерно через низькі ціни не було продано, його продали через рік за більш високу ціну, а різницю перелічили мені».

Відповідальність провідного вченого за зміст і рівень науково-дослідних робіт. Зміст наукової проблематики в ґрунтознавстві звичайно випливає із запитів практики. Прикладів тому чимало. Бурхливий розвиток досліджень ерозійної спрямованості в США був викликаний періодичними і спустошливими пиловими бурями. Інтерес до нульового обробітку в країнах Латинської Америки - тому що основний бич ґрунтів країн Латинської Америки - водна ерозія і прискорена втрата органічних речовин, де середньорічний показник ерозії – від 20 до 60 т/га (у Європі близько 17 т/га за швидкості формування ґрунтів близько 1 т/га). До того ж мінералізація органічної речовини відбувається в 5 разів швидше, ніж у європейських країнах [10]. Консервативний і мінімальний способи обробітку – фактично означали відповідь на виклик, пов'язаний з погіршенням фізичних властивостей під дією глибокого і надто частого обробітку ґрунтів плугом. Точно також у зв'язку з недостатньою ефективністю і негативним впливом на ґрунт «великого» зрошення виник і постійно зростає інтерес до краплинного зрошення. Органічне землеробство – це спроба одержати високоякісну рослинницьку продукцію, не застосовуючи мінеральних добрив і хімічних засобів захисту посівів. Повсюдне забруднення ґрунту продуктами техногенної діяльності, різке зниження біорізноманіття дали поштовх до досліджень різного роду забрудників, особливо в ґрунтах міст і поблизу «брудних» промислових підприємств.

У наукового керівника, якщо він добре знає виробничі проблеми і одночасно знайомий з науковими підходами до їхнього вирішення у світі, не виникає проблем з формуванням наукової тематики. Саме тому в контрактах французьких учених записана можливість поїздки в кращі закордонні установи. Крім того, заохочується участь у різних семінарах, нарадах, з'їздах.

На жаль, можливості в Україні для закордонних контактів сьогодні обмежені. Через це результати наукової діяльності не завжди приносять користь. Наприклад, недостатньо обґрунтовані осушувальні меліорації в Поліссі привели до розвитку дефляції слабооглеєних ґрунтів – кращих ґрунтів Полісся, що не потребують осушення. Однак через прагнення до осушення великих

масивів без урахування строкатості ґрунтового покриву і дало такий результат. Осушувати потрібно було лише середньо- і сильно оглеєні ґрунти.

Через відсутність достовірної інформації про неоднорідність ґрунтового покриву і відповідних технічних засобів не знаходить застосування в Україні точне землеробство. Попередні матеріали показали, що цей новий тип землекористування перспективний з екологічної і особливо економічної сторін. Однак відсутність відповідних наукових даних не дозволяє приступити до його впровадження.

Українське ґрунтознавство зовсім не підготовлене до землекористування в умовах можливих кліматичних змін, зокрема, відсутні матеріали для адаптації технологій до гострої нестачі вологи і підвищеної температури. Тепловий режим ґрунтів України взагалі не досліджений.

Без достатнього обґрунтування в землеробство були впроваджені високопродуктивні машинно-тракторні агрегати з ходовими системами підвищеного питомого тиску на ґрунт, що привело до переущільнення в підорному шарі, де процеси розущільнення не відбуваються або відбуваються вкрай повільно.

Можна привести чимало інших прикладів у галузях, здавалося б досить вивчених, але що також приводять до несприятливих результатів. Так, використовувана у виробництві система мінерального живлення зернових культур приводить до одержання неякісного зерна фуражного типу, вартість якого на закордонному ринку не окупає навіть витрат на його виробництво.

В Україні є чимало проблем, що потребують кваліфікованого наукового обґрунтування. Наприклад, залишаються неясними масштаби і інтенсивність сучасної ерозії ґрунтів. Посилання на її параметри, добуті в 1957-1961 гг. за результатами морфологічного виміру потужності генетичних горизонтів, не витримують ніякої критики, тому що не враховують, що на схилах формуються ґрунти з укороченим гумусовим горизонтом. У той же час сьогодні в Україні немає жодної повноцінної стокової площадки для контролю сучасних темпів ерозії, у той час як у США їх понад 2000, а в Німеччині – 192, зростає їхня кількість у Китаї.

У нашій ґрунтовій науці дотепер не одержала застосування міжнародна класифікація ґрунтів, що робить незрозумілими для наших колег за рубежем особливості

грунтового покриву України. Навіть найбільш освічені з них дотепер думають, що в Україні тільки чорноземи з надпотужним гумусованим профілем. Крім того, ця недоробка явно загальмує входження України в міжнародні системи моніторингу і бази даних і до того ж ускладнить одержання грантів ЄС. Помітимо, до речі, що в Росії, Білорусі, не говорячи про пострадянські прибалтійські республіки застосовуються дві класифікації - національна і міжнародна. В Україні адаптація класифікації ґрунтів до міжнародних лише на початковому етапі.

В Україні не розвинена цифрова картографія, математичне і педотрансферне моделювання, дуже повільно впроваджуються нові методи – геоінформатика, термодинаміка, дистанційні засоби, дослідження основних режимів ґрунтів за допомогою технічних засобів *in situ* і *on-line*, прогнозування.

Всі ці проблеми повинні бути подолані і роль провідних науковців у цьому надзвичайно важлива. Добрим помічником безсумнівно послужить вивчення і використання досвіду закордонних колег. Ізоляцію українського ґрунтознавства обов'язково треба подолати, бо вона гальмує його розвиток.

Завдання держави – активне сприяння землекористувачу у реалізації ґрунтоохоронної інформації. Інформації про те, як правильно використовувати ґрунт, не допустити зниження його родючості і одержати високий урожай, вдосталь. Видаються журнали, рекомендації, все ширшим стає інтернет. Тепер є чималі можливості побувати на виставках і навіть відвідати закордонні країни. Однак буваючи у фермерських господарствах, переконаєшся, як застаріла їхня матеріальна база, відсутня інфраструктура, фактично немає сівозмін, українська спрощена система застосування добрив (тільки у підживлення і тільки під комерційно вигідні культури), немає нових сортів. Про нові підходи до обробітки, протиерозійні заходи або маршрутизацію руху техніки при виконанні операцій і мови немає. Порівняння з німецьким, американським або шведським фермером явно не на нашу користь.

Інше положення в агрохолдингах. Наприклад, компанія «Дружба-Нова» створена в 2001 році, має в управлінні понад 110 тис. га земельних угідь у Чернігівській, Сумській і Полтавській областях. Використовує новітні технології обробітки - міні-тіл, стрип-тіл (в 2012 р. компанія « Дружба-

Нова», що є піонером застосування технології «strip-till» в Україні, посіяла 1600 га кукурудзи), також першою в Україні впровадила елементи точного землеробства. Для цього має спеціальне устаткування для автоматизованого (мобільного) відбирання ґрунтових зразків і сучасну аналітичну лабораторію. Просторову неоднорідність ґрунтового покриву визначають безпосередньо за даними вмісту поживних речовин, а також побічно за даними картограм урожаю, електричного зондування ґрунтів і за рельєфом полів. Сільськогосподарська техніка обладнана GPS-навігаторами для їх просторового й виробничого моніторингу, є техніка для точного (локального) внесення добрив і засобів захисту рослин, здрибнювання рослинних рештків. Компанія також має кілька автоматичних метеорологічних станцій і контролює вологість і температуру ґрунту. Компанія підтримує тісні зв'язки із провідними установами і фахівцями США, Канади, Німеччини, Бразилії з новітніх технологій землеробства.

Просторову неоднорідність ґрунтів поля і урожаю використовують для виявлення проблемних ділянок, формування плану-завдання для диференціації внесення поживних речовин. Інформацію про особливості зволоження поля враховують для оптимізації густоти стояння рослин за сівби і максимізації врожаю. Крім того, інформацію про рельєф, зволоження і температуру ґрунтів полів використовують для економії норм насіння.

За 10 років використання новітніх способів обробітки відзначено тенденцію до збільшення вмісту гумусу в ґрунті (на 0,15-0,28%), запасів його в ґрунті (на 5,9-10,9 т/га), за рахунок рослинних рештків до ґрунту щорічно повернуто 131 кг/га NPK, зменшено вимивання обмінних Ca і Mg, стабілізували реакцію ґрунтового розчину, зменшено витрати на закупівлю мінеральних добрив на 600-1300 грн./га і на паливо. Підкреслимо, що в результаті значно зменшився механічний вплив на ґрунт, непродуктивні витрати вологи, постійно відсутня плужна підшва і взагалі будь-яке переущільнення ґрунту, ризик ерозії. Рівноважна щільність ґрунту в орному шарі зменшена на 0,1-0,2 г/см³, а твердість – на 1,2-2,5 кг/см².

Ясно, що держава повинна орієнтуватися на кращі вітчизняні і закордонні способи взаємодії із землекористувачем. Пріоритет аграрного комплексу, проголошений

президентом, потрібно підкріплювати справами. Особливо необхідна підтримка в здійсненні заходів, пов'язаних з охороною ґрунтів. Держава просто зобов'язана робити це відповідно до Конституції, де написаний цей її обов'язок. Фермер без підтримки держави ніколи не зможе освоїти ефективні ґрунтозахисні технології, наприклад, нульову технологію і точне землеробство, і призупинити деградацію ґрунтів.

Новітні погляди у світі на охорону ґрунтів і роль інформації. Охорона ґрунтів поступово стає пріоритетною справою не тільки в розвинених західноєвропейських країнах, але й у багатьох інших країнах. Ґрунтоохоронна спрямованість у землеробстві одержує все більше визнання і поширення.

У Європі про негативний вплив традиційних систем землеробства, заснованих на оранці і внесенні значних кількостей мінеральних добрив, було відомо порівняно давно. Так, зокрема, після застосування тривалого глибокого обробітку і інтенсивної хімізації констатували зменшення біорізноманіття і погіршення агрономічно важливих властивостей ґрунтів. Чисельність і видовий склад фауни і флори зменшувалися як тільки зростала монокультурність у спеціалізації виробництва [11].

Приблизно з кінця 70-х до початку 90-х років минулого сторіччя відзначався значний приріст площ із консервативною і нульовою технологіями, але потім фермери масово поверталися до плужної системи. Причина – бур'яни, хвороби, підвищення витрат, знижений урожай, що не виправдував вкладення. Майже схожою була ситуація як у північних, так і в південних країнах континенту. З кінця 90-х років прихильність фермерів знову змінилася на користь консервативної і нульової систем. Причина – загострення проблем з деградацією ґрунтів – втратою гумусу, структури, розвитком ерозії. Це ж стало причиною повсюдного зменшення механічного і хімічного навантаження на навколишнє середовище. Стали дещо обмежувати внесення пестицидів, добрива вносити переважно на малородючих ґрунтах, а їхню кількість розраховувати тільки на компенсацію виносу поживних речовин із урожаєм, значно розширилися площі, на яких застосовували консервативну систему і органічне землеробство. Одночасно відзначається активізація досліджень із пестицидами, методів відновлення природної рівноваги, використання вторинних природних продуктів замість мінеральних добрив.

Таким чином, у другій половині минулого сторіччя в більшості європейських країн поступово були сформульовані принципові основи нової аграрної політики. Це – охорона навколишнього середовища і активна підтримка ґрунтозахисних технологій.

Активізація зусиль в охороні ґрунтів до певної міри стала вимушеною реакцією на численні факти погіршення стану ґрунтового покриву внаслідок інтенсивного землекористування. Погіршення екологічного стану ґрунтів і поверхневих вод потребувало вдосконалення агротехнологій.

Відбуваються зміни і у наукових дослідженнях, які набувають екологічного спрямування, вишукують нові методи збереження і відновлення біорізноманіття, біометоди захисту від бур'янів і хвороб, патогенних мікроорганізмів і загалом методи підвищення родючості без додаткових штучних вкладень. Нині в більшості європейських країн переважають технології, спрямовані на максимально можливе збереження біорізноманіття, складу і властивостей ґрунту, захист від деградаційних процесів (ерозії, втрат гумусу, переущільнення тощо). Згідно з такою концепцією землеробства зменшується кількість та глибина механічних обробітків, коригується структура угідь і сівозмін на користь ґрунтозберезувальних культур, балансується живлення рослин. У Франції консервативне землеробство розглядають як важливу частину державного плану охорони довкілля.

Саме завдяки систематичним спостереженням за ґрунтами і врожайми у землеробстві Норвегії відбулися радикальні зміни географії аграрної галузі - землеробство було зосереджено у найбільш сприятливих південних і південно-західних, а тваринництво – у найменш сприятливих передгірських і гірських районах. У Норвегії заборонені окремі види використання ґрунтів, що сприяють скиданню поверхневого стоку і забрудненню Північного моря і це контролюється дистанційно супутниковими засобами.

У більшості європейських країн, особливо в північних, виявлено забруднені території, які потребують спеціальних заходів з обмеження господарської діяльності або введення особливого режиму використання. Такі роботи здійснено в Австрії, Угорщині, Чехії, Словаччині, Румунії. Тут здійснено районування орних земель за їхнім станом з метою виокремлення так званих територій «hot spots» – «гарячих плям» з деградованими або забрудненими ґрунтами для впро-

вадження особливого режиму їх використання і фінансування.

Інтенсивно розвивається порівняно новий напрям, пов'язаний з прогностичними педотрансферними функціями, який найчастіше використовується з ґрунтоохоронною метою.

За таких новітніх тенденцій у землеробстві відповідних змін повинні набути і дії в Україні, зокрема у підтримці ґрунтоохоронної інформації, поглибленні змісту

роботи мас-медіа, активізації ґрунтоохоронної діяльності у роботі суспільних рухів, покращенні освіти, особливо підготовці керівників нового типу, здатних сприймати і впроваджувати ґрунтоохоронну інформацію.

Європейський вибір України, майбутнє приєднання до ЄС вимагає поступового переведення землекористування країни на шлях сталого розвитку і активного впровадження принципів «європейської ґрунтової політики».

Висновки

Ґрунтоохоронна спрямованість у землеробстві повинна одержувати все більше визнання і поширення. Дбайливе і турботливе відношення до ґрунту - це внутрішня потреба, основа високоморальної і етичної поведінки. Керівник будь-якого рівня, фермер або вчений, що розробляє рекомендації виробництву, повинні добровільно керуватися системою заборон і обмежень, не переступати граничні норми, здатні послабити функціонування ґрунту і привести його до негативних необоротних змін. Екологічний імператив вимагає, щоб йому завжди віддавали перевагу, така оцінка є своєрідним параметром оптимізації, заради якого варто підкорити всі свої дії. Саме ця оцінка

є провідною, тому що сприяє стійкості ґрунту як тіла природи, відповідального за стійку продуктивну, екологічну і соціальну функції. Цивілізована країна – це країна, де торжествує поклоніння ґрунту і повага до землеробської праці. Надлишкова регуляція аграрної сфери, як і наукової діяльності, гальмує їхній розвиток.

Фермер без підтримки держави ніколи не зможе освоїти ефективні ґрунтозахисні технології і призупинити деградацію ґрунтів. Примусово-заохочувальний принцип ставлення держави до землекористувача і субсидування сільськогосподарської діяльності повинні стати головними у ґрунтоохоронній стратегії держави.

Література

1. Про затвердження положення про державну службу інтелектуальної власності України, Постанова Кабінету Міністрів, 668, редакція 19.11.2014.
2. Gentile A.R. (Project manager). Proposal for an European soil monitoring and assessment framework. European Environmental Agency. Copenhagen, 2001, P.58.
3. Barth, N., Brandtner, W., Cordsen, F., Dam, T., Emmerich, K.H., Feldhaus, D., Kleefisch, B., Schilling, B., Utermann, J. Boden-Dauerbeobachtung: Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (2000). Rosenkranz/Einsele/Harress (Hrsg.). BoS 32. Lfg. XI/2000 Kap. 9152.
4. Балюк С.А., Медведєв В.В. (редактори) Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України. К.: Аграрна наука, 2012. 240 с.
5. During R.-A., Michels A. Conservation Agriculture, Organic Farming and GM crops in Germany. Main focus: Western Germany. Report D 1.1. A 5. KASSA Project. CIRAD. France. 2006, pp. 1-45.
6. Lal R. Constraints to adopting no-till farming in developing countries. *Soil and Tillage Research*. 2007. 94. P. 1-3.
7. Соколовский А.Н. Почвоведение. Москва. Сельхозгиз. 1956, 335 с.
8. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. М.-Л.: ОГИЗ. Сельхозгиз, 1936. 116 с.
9. Lahmar R., Tourdonner S.de, Barz P., During R.-A., Frielinghaus M., Kolli R., Kubat J., Medvedev V., Netland J., Picard D. Prospect for Conservation Agriculture in Northern and Eastern European Countries, Lessons of Kassa. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*. 2006. 11. P. 77-88.
10. Дерпш Р., Мория К. Влияние обработки почв на сельскохозяйственную культуру и экосистему. 2-я конф. «Самовосстанавливающееся эффективное земледелие». Днепропетровск, 2005, с. 42-61.
11. Barz P., Edwards T., Campbell T. I., Hood D. W. Alternative agricultural systems in the United Kingdom. Report D 1.1 A8. KASSA Project. CIRAD, France, 2006, pp. 1-95.

References

1. Pro zatverdzhennya polozhennya pro derzhavnu sluzhbu intelektual'noyi vlasnosti Ukrayiny. (2014). [On Approval of the Provision on the State Service of Intellectual Property of Ukraine]. Resolution of the Cabinet of Ministers, 668, edited 19.11.2014 [in Ukrainian].
2. Gentile, A.R. (2001). Proposal for an European soil monitoring and assessment framework. European Environmental Agency. Copengagen, 58 [in English].
3. Barth, N., Brandtner, W., Cordsen, F., Dam, T., Emmerich, K.H., Feldhaus, D., Kleefisch, B., Schilling, B. Utermann, J. (2000). Boden-Dauerbeobachtung: Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen Rosenkranz/Einsele/Harress (Hrsg.). BoS 32. Lfg. XI/2000 Kap. 9152 [in Nimetsky].
4. Balyuk, S.A., Medvedyev, V. V. (2012). Strategiya zbalansovanogo vy`kory`stannya, vidtvorennya i upravlinnya g`runtovy`my` resursamy` Ukrayiny` [Strategy of balanced use, reproduction and management of Ukrainian soil resources]. Kyiv : Agrarian Science, 240 [in Ukrainian].
5. During, R.-A., Michels, A. (2006). Conservation Agriculture, Organic Farming and GM crops in Germany. Main focus: Western Germany. Report D 1.1. A 5. KASSA Project. CIRAD. France, 1-45 [in English].
6. Lal, R. (2007). Constraints to adopting no-till farming in developing countries. *Soil and Tillage Research*, 94, 1-3 [in English].
7. Sokolovskij, A.N. (1956). Pochvovedenie [Soil science]. Moskow. Sel'hozgiz, 335 [in Russian].
8. Dokuchaev, V.V. (1936). Nashi stepi prezhde i teper'. [Our steppe before and now. Moskow-Leningrad: OGIZ. Selkhozgiz, 116 [in Russian].
9. Lahmar, R., Tourdonner, S.de, Barz, P., During, R.-A., Frielinghaus, M., Kolli, R., Kubat, J., Medvedev, V., Netland, J., Picard, D. (2006). Prospect for Conservation Agriculture in Northern and Eastern European Countries, Lessons of Kassa. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*, 11, 77-88 [in English].
10. Derpsh, R., Moria, K. (2005). Vliyanie obrabotki pochv na sel'skohozyajstvennuyu kul'turu i ehkosistemu. [The Impact of Soil Treatment on Crops and Ecosystems]. Proceeding of 2nd Conference «Self-restoring efficient farming». Dnepropetrovsk, 42-61 [in Russian].
11. Barz, P., Edwards, T., Campbell, T. I., Hood, D. W. (2006). Alternative agricultural systems in the United Kingdom. Report D 1.1 A8. KASSA Project. CIRAD, France, 1-95 [in English].

Надійшла до редколегії 28.09.2018

УДК 551.5

Г. П. КАТЕРУША¹, канд. геогр. наук, доц., Т. А. САФРАНОВ¹, д-р. геол.-мін. наук, проф.,
О. В. КАТЕРУША¹

¹Одеський державний екологічний університет,

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

e-mail: katerusha17@ukr.net

safranov@ukr.net <http://orcid.org/0000-0003-0928-5121>

МОЖЛИВІ ЗМІНИ БІОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЗИМОВОГО ПЕРІОДУ В УКРАЇНІ

Мета. Оцінка біокліматичних умов холодної пори року на основі показників жорсткості погоди та аналіз їх динаміки на території України. **Методи.** Оцінка можливих значень деяких індексів холодового стресу та їх змін у різних регіонах країни ґрунтується на двох сюжетних лініях А1В і А2. **Результати.** Розглянуто можливі наслідки змін клімату для здоров'я людей у зимову пору року на території України. На основі показника Бодмана та вітро-холодового індексу Сайпла-Пассела надано прогностичні показники дискомфорності клімату за три періоди: 1986-2005 рр., 2011-2030 рр. і 2031-2050 рр.. За обома сценаріями середні за досліджувані періоди значення показника Бодмана на переважній частині території України знаходяться у межах 2-3 бали, а це свідчить про те, що в окремі зимові місяці і в середньому за зиму будуть домінувати умови помірно суворі; проте, у західних і південних регіонах – мало суворі. Згідно обох сюжетних ліній у грудні-січні протягом першого і другого періодів у деяких регіонах країни можливий навіть високий ризик переохолодження і обмороження відкритих ділянок шкіри за 5-10 хвилин. Найсуворіші умови очікуються у січні-лютому в Сумах (А1В) і Луганську (А2), найменш суворі – у Кропивницькому (А1В) і Тернополі (А2). Проведено аналіз тенденції зміни умов переохолодження і обмороження у зимовий сезон у різних районах країни. **Висновки.** У всі зимові місяці переважає тенденція на зниження індексу Бодмана по всій території країни. Більш жорсткими у першому і третьому періодах є погодні умови лютого, у другому – січня-лютого (сценарій А1В), за іншим сценарієм за весь досліджуваний час – січня. У грудні всіх часових проміжків, які розглядались, погодні зимові умови найкомфортніші за обома сценаріями. Але найчастіше у зимові місяці переважає повторюваність значень вітро-холодового індексу Сайпла-Пассела в межах 0 ÷ -9 °С, тобто буде спостерігатись невеликий ризик обмороження, деякий дискомфорт. Отже, взимку очікувані сполучення низької температури повітря і вітру в окремі дні в майбутньому можуть призвести до обморожень різного ступеня, впливатимуть на поширення інфекційних епідемій та «холодових» захворювань.

Ключові слова: зміни клімату, сюжетні лінії, біокліматичні показники, жорсткість погоди

Katerusha G.P., Safranov T.A., Katerusha O.V.

Odessa State Environmental University, Odessa

POSSIBLE CHANGES OF BIOCLIMATIC CONDITIONS OF WINTER PERIOD IN UKRAINE

Purpose. Assessment of bioclimatic conditions of cold season on the basis of weather severeness indices and analysis of their dynamics on the territory of Ukraine. **Methods.** Estimation of possible values of some cold stress indices and their changes in different regions of the country is based on two scenarios A1B and A2. **Results.** Possible consequences of climate change on human health in Ukraine are considered. On the base of Bodman index and wind chill factor of Siple-Passel, there are given forecast parameters of uncomfortable climate within three periods: 1986-2005, 2011-2030 and 2031-2050 years. According to both scenarios, mean values of Bodman index during the given periods on the major part of Ukraine reach to 2-3 points and this means that during certain winter months and whole winter moderate severe conditions will prevail, though in western and southern areas will dominate slightly severe ones. According to both scenarios, during December-January within first and second periods in some areas of the country even high risk of hypothermia is possible, as well as frostbite of open parts of the skin in 5-10 minutes can occur. The most severe conditions are expected in January-February in Sumy (A1B) and Lugansk (A2), the least severe – in Kropyvnytsky (A1B) and Ternopil (A2). The trend of hypothermia and frostbite conditions change during the winter season in different regions of the country has been analyzed. **Conclusions.** The trend of decrease of Bodman index prevails on the whole territory of the country during all winter months. Weather conditions in February are the harshest in first and third periods and weather conditions in January-February are the most severe in the second period (A1B), according to another scenario for the whole researched time the harshest conditions are observed in January. In all analyzed time periods, in December winter weather conditions were the most comfortable according to both scenarios. But mostly repeatability of wind chill factor of Siple-Passel prevailed in the interval of 0 ÷ -9 °C, thus a slight risk of frostbite, some discomfort will be observed. So, in winter expected compounds of low air temperature and wind in certain days in future might cause frostbite of different levels, they will influence on spreading of infections epidemics and «cold» diseases.

Keywords: climate changes, scenarios, bioclimatic indices, weather severeness

Катеруша Г.П., Сафранов Т.А., Катеруша Е.В.

Одеський державний екологічний університет

ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА В УКРАИНЕ

Цель. Оценка биоклиматических условий холодного времени года на основе показателей жестокости погоды и анализ их динамики на территории Украины. **Методы.** Оценка возможных значений некоторых индексов холодового стресса и их изменений в разных регионах страны базируется на двух сюжетных линиях А1В і А2. **Результаты.** Рассмотрены возможные последствия изменений климата для здоровья людей в зимнее время на территории Украины. На основе показателя Бодмана и ветро-холодового индекса Сайпла-Пассела представлены прогностические показатели дискомфорта климата за три периода: 1986-2005 гг., 2011-2030 гг. і 2031-2050 гг. Согласно обоим сценариям, средние за исследуемые периоды значения показателя Бодмана на большей части территории Украины находятся в интервале 2-3 балла, а это свидетельствует о том, что в отдельные зимние месяцы и в среднем за зиму будут доминировать условия умеренно суровые; однако, в западных и южных регионах – мало суровые. Согласно обоим сюжетных линий в декабре-январе в течение первого и второго периодов в некоторых регионах страны возможен даже высокий риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи за 5-10 минут. Самые суровые условия ожидаются в январе-феврале в Сумах (А1В) и Луганске (А2), наименее суровые – в Кропивницкому (А1В) и Тернополе (А2). Проведен анализ тенденции изменения условий переохлаждения и обморожения в зимний сезон в разных районах страны. **Выводы.** Во все зимние месяцы преобладает тенденция на снижение индекса Бодмана по всей территории страны. Более жесткими в первом и третьем периодах являются погодные условия февраля, во втором – января-февраля (сценарий А1В), по другому сценарию за всё исследуемое время – января. В декабре всех рассматриваемых временных промежутков погодные зимние условия самые комфортные (А1В и А2). Но чаще всего в зимние месяцы преобладает повторяемость значений ветро-холодового индекса Сайпла-Пассела в интервале $0 \div -9$ °С, то есть будет наблюдаться небольшой риск обморожения, некоторый дискомфорт. Таким образом, зимой ожидаемое сочетание низкой температуры воздуха и ветра в отдельные дни в будущем могут привести к обморожению разной степени, будут влиять на распространение инфекционных эпидемий и «холодовых» заболеваний.

Ключевые слова: изменения климата, сюжетные линии, биоклиматические показатели, жестокость погоды

Вступ

Проблема регіональних змін клімату стала сьогодні як ніколи актуальною через триваюче зростання концентрації CO₂ та інших парникових газів в атмосфері. Факт глобального потепління наразі не викликає сумнівів і є доведеним. Наслідком його є зниження вираженості екстремальних холодів, але вони й надалі будуть продовжувати впливати на значну частину Європейського регіону, особливо у північних широтах [1]. На фоні глобального потепління, яке відбувається, фіксувались іноді екстремально низькі температури. Так, наприклад, у лютому 2011 року на сході та північному сході Європи (Україна, Білорусь, країни Балтії, Швеція, Фінляндія, Польща, Словаччина, Угорщина, Словенія, Хорватія, Румунія, Молдова) середня місячна температура була помітно нижчою за норму: аномалії становили -2...-3 °С, а у Фінляндії – -5...-6 °С. Крім того, були зафіксовані рекорди мінімальної добової температури повітря. В Україні вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів встановився крижаний припай. Це явище спостерігається не досить часто: в Одесі воно останній раз було зафіксовано 30 років тому. А в цілому по Україні температура лютого на 2 °С була нижчою за норму [2]. Зима 2006 року стала найхолоднішою для України за все перше десятиріччя ХХІ століття. Так січень і грудень у Києві виявились холод-

нішими за норму на 1,9 °С. У деякі дні січня добові екстремуми були перевищені: 20 числа середня добова температура становила -22,7 °С (-22,6 °С 20 січня 1907 року), а добовий максимум склав -20,6 °С (найбільш низьке значення добового максимуму раніше було відмічене у 1942 році і становило -15,7 °С); 21 січня – середня добова температура стала рекордно низькою для цього дня за весь період спостережень -23,8 °С (попереднє значення відмічене 21 січня 1907 року і становило -21,0 °С), найбільш низьке значення максимальної добової температури також було нижче за попереднє історичне значення для цього дня майже на 3 °С і становило -20,3 °С (-17,6 °С 21 січня 1907 року) [3].

Зміни клімату, що відбуваються у світі, являють собою суттєві фактори ризику для здоров'я людей. У більшості європейських країн відмічається надлишкова смертність у зимовий період, рівень якої становить від 5 до 30 % [1]. Екстремально низькі температури можуть впливати на здоров'я людей безпосередньо. Якщо людина знаходиться в умовах низької температури, то у неї посилюється теплопродукція і зменшується діаметр периферичних судин шкіри, що призводить до зниження температури шкіри, у 6-7 разів зменшується теплопровідність шкіри та поверхневих тканин посилюється приплив крові до глибо-

ких тканин і внутрішніх органів. Артеріальний тиск має тенденцію до підвищення (особливо при м'язовому тремтінні). Тривалий вплив відносно низьких температур повітря (або короткочасні впливи особливо низьких температур) викликає значне порушення функціонального стану. У таких умовах часто виникають різні простудні захворювання або загострення хронічних захворювань (м'язів і зв'язково-суглобового апарату; ревматизму; радикуліту тощо). У результаті постійного охолодження організму підвищується частота виникнення простудних та інфекційних захворювань [4, 5, 6].

У роботі [7] виявлено, що найбільш значущим метеорологічним чинником, який спричиняє метеотропну реакцію у вигляді підвищення артеріального тиску, є від'ємна середня добова температура повітря нижче -10°C , а це призводить до пікового зростання частоти викликів швидкої допомоги.

Термічні умови зовнішнього середовища дуже впливають на теплообмін організму

Матеріали та методи дослідження

Метою роботи є оцінка біокліматичних умов холодної пори року на основі показників жорсткості погоди та аналіз їх динаміки на території України. Для її реалізації використовувались, перш за все, середні декадні значення температури повітря і швидкості вітру у січні, лютому та грудні за три досліджувані періоди (1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр.) на двадцяти двох станціях (для визначення індексу Бодмана). Крім того, використовувались мінімальні за добу значення температури повітря та середні добові значення швидкості вітру за три зимові місяці і за ті ж вказані періоди на шести станціях: Житомир, Суми, Кропивницький, Тернопіль, Полтава, Луганськ (для визначення індексу Сайпла-Пассела), бо саме на цих станціях виявлено найбільш суворі зими на території країни і розташовані вони у різних регіонах країни. Всі вихідні дані є результатом моделювання згідно зі сценаріями А1В і А2. Сюжетна лінія та сценарна родина А1 містить опис майбутнього світу, що характеризується швидким економічним зростанням, глобальним населенням, показники якого досягають пікових значень в середині сторіччя з подальшим зменшенням, а також швидким впровадженням нових та ефективніших технологій. Одна з трьох груп у цій родині, а саме А1В, описує рівновагу між всіма джерелами енергії. У сюжетній лінії А2 надається опис

людини із зовнішнім середовищем. Чинником, здатним істотно змінити швидкість тепловіддачі організму, є вітер. Вітер переносить прилеглий до шкіри шар більш теплого повітря і замінює його більш холодним навколишнім повітрям, створює умови для посилення тепловіддачі зі шкіри шляхом конвекції. Тим самим вітер посилює охолоджувальну силу повітряного середовища. Отже, найбільш суттєвим для здоров'я, самопочуття людини і його життєдіяльності є фактори, які визначають його тепловий стан. Через це важливо врахувати спільний вплив на людину температури і вітру за допомогою біокліматичних індексів. У зимових умовах для планування заходів у різних галузях господарчої діяльності наразі використовують показники жорсткості погоди: Бодмана, Сайпла-Пассела, Хілла, Адаменко і Хайрулліна, Арнольдї та ін. [5, 6, 8, 9, 10 11].

дуже неоднорідного світу. Найважливішою темою є самозабезпечення і збереження місцевої самобутності. Показники народжуваності у різних регіонах дуже повільно зближуються, результатом чого стане стале зростання загальної кількості населення. Економічний розвиток матиме, головним чином, регіональну спрямованість, а економічне зростання у розрахунку на душу населення і технологічні зміни будуть більш фрагментарними і повільними порівняно з іншими сюжетними лініями [10, 12].

Одним з методів, що найчастіше використовуються для оцінки суворості погоди у зимовий сезон, є метод Бодмана [5, 6, 8]. Згідно з яким ступінь суворості (жорсткості) погоди S – біокліматичний індекс Бодмана – визначається за формулою

$$S = (1 - 0,04 t)(1 + 0,272 v), \quad (1)$$

де t – температура повітря,

v – швидкість вітру.

Якщо $S < 1$ – зима несувора, м'яка, $S = 1-2$ – малосувора, $S = 2-3$ – помірно сувора, $S = 3-4$ – сувора, $S = 4-5$ – дуже сувора, $S = 5-6$ – жорстко сувора, $S > 6$ – край сувора.

Біокліматичні індекси у фізичному відношенні характеризують особливості теплової структури середовища і є непрямим індикатором стану теплового поля, що оточує

людину. Індекс Бодмана належить до температурно-вітрових показників.

У табл. 1 і 2 наведено середні місячні значення індексу Бодмана в окремі місяці зимової пори року 1986-2005 рр. (перший період), 2011-2030 рр. (другий період) і 2030-2050 рр. (третій період) для 22 станцій України за двома сценаріями.

Результати розрахунків показують: середні по періодах значення S знаходяться у межах 2-3 бали на переважній більшості території України, а це свідчить про те, що в окремі зимові місяці і в середньому за зиму переважають умови помірно суворі. Але у крайніх західних районах (Ужгород) індекс Бодмана навіть у січні протягом трьох періодів, які розглядалися, буде меншим за 2 бали, тобто зима тут малосуворі. Подібні зимові умови в окремі періоди можна очікувати і в інших районах країни, особливо на півдні. Слід зазначити, що S визначені за різними сценаріями не дуже відрізняються. Для наочності на рис. 1 представлено середні значення цього індексу у січні для всіх досліджуваних станцій.

Аналіз результатів розрахунків показав, що найвищі S у січні: в окремі роки, наприклад, 2000-ому – максимальне значення його становило 4,51 – у Луганську, а умови для більшості областей країни були суворими і дуже суворими.

У всі зимові місяці переважає тенденція на зниження індексу Бодмана по всій території країни (див. табл. 1 і 2).

Зазначимо, що індекси холодного стресу, до яких належить і індекс Бодмана, слід враховувати при дослідженні поширення інфекційних епідемій і «холодових» захворювань. Коли температура повітря знижується нижче нуля і швидкість вітру велика, то дуже швидко може настати обмороження. Існує ще один спосіб визначення жорсткості погоди, тобто суб'єктивного відчуття людини за одночасної дії на неї морозу і вітру – вітрохолодовий індекс. Розробка перших емпіричних формул його викликана прагненням збройних сил США підготувати своїх солдатів для холодної європейської зими під час Другої світової війни. Звернулись до полярних дослідників Пола Сайпла і Чарльза Пассела, які під час другої антарктичної експедиції Ричарда Берда провели низку експериментів. Вони спостерігали швидкість замерзання води у залежності від температури повітря і швидкості вітру. Температура повітря під час експерименту коливалася від

-56 °C до -9 °C, швидкість вітру від нуля до 12 м/с. Вчені дістали формулу, яка пізніше була перетворена і тепер має такий вигляд

$$WCT = 13,12 + 0,6215t - 11,37v^{0,16} + 0,3965t v^{0,16} \quad (2)$$

де WCT – вітро-холодовий індекс (Wind Chill Temperature Index) (°C), t – температура повітря (°C), v – швидкість вітру (км/год) [10, 11].

Цей індекс використовується з 2001 року і дотепер Національною службою погоди США (National Weather Service, NWS) і Метеорологічною службою Канади [11].

За допомогою вітро-холодового індексу – індексу холодного стресу – можна адекватно оцінити мороз, дати рекомендації, як одягаться людині і як себе вести за певних умов.

За формулою (2) нами розраховано значення вітро-холодового індексу за мінімальної добової температури повітря зимових місяців всіх трьох досліджуваних періодів для шести станцій, розташованих у різних регіонах країни: Житомир, Суми, Кропивницький, Тернопіль, Полтава і Луганськ.

Результати розрахунків наведено у табл. 3 і 4 у вигляді повторюваностей значень вітро-холодового індексу за різними градаціями. З таблиць випливає, що за сценарієм А1В у грудні-січні протягом першого і другого періодів може спостерігатись навіть високий ризик переохолодження і обмороження відкритих ділянок шкіри за 5-10 хвилин на деяких станціях (хоча максимальна ймовірність його 1,9 % у Сумах), бо $WCT = -40 \div -47$ °C. Найсуворіші умови на ст. Суми у січні-лютому у період з 2011 по 2030рр.: у 50% випадків – невеликий ризик обмороження ($WCT = -10 \div -27$ °C), дискомфорт, ризик гіпотермії у випадку тривалого перебування на повітрі без відповідного захисту і 13 % – середній ризик обмороження відкритих ділянок шкіри протягом 10-30 хвилин ($WCT = -28 \div -39$ °C).

У третьому періоді очікується підвищення вітрохолодового індексу і у зимові місяці переважними будуть $WCT = 0 \div -9$ °C, а це означає невеликий ризик обмороження, деякий дискомфорт.

Найменш суворі умови у Кропивницькому. І саме тут вітро-холодовий індекс має тенденцію на зниження протягом усього досліджуваного часу. На решті станцій повторюваність значень WCT у межах -10÷-47 °C від першого до другого періоду зростає, а з 2031 по 2050 рр. очікується її зменшення.

Таблиця 1

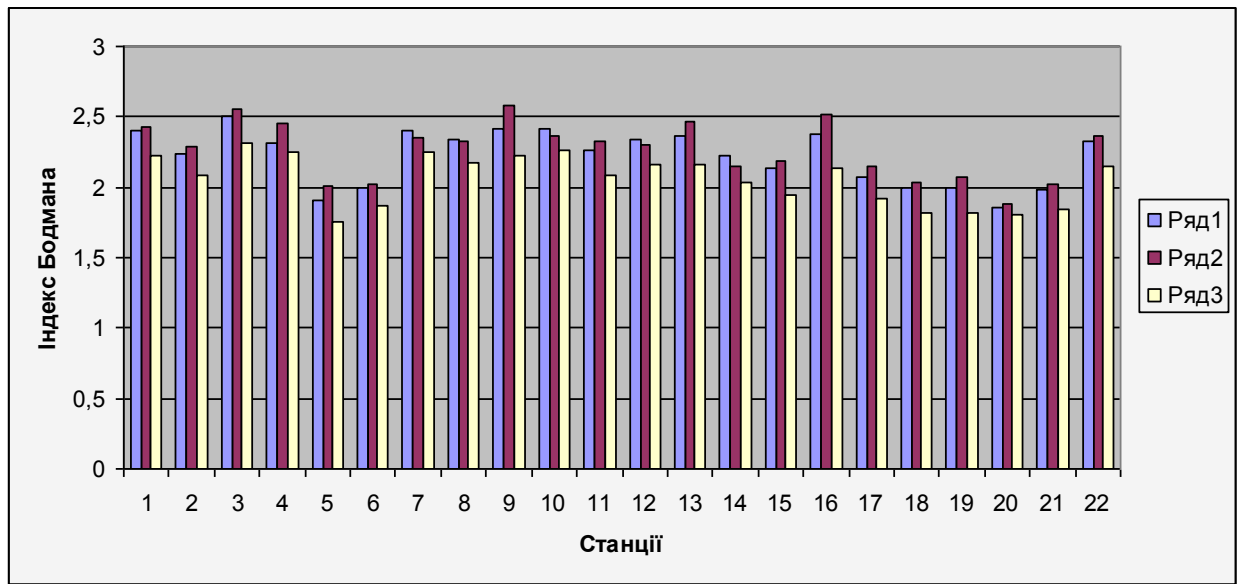
Середні значення індексу Бодмана за перший (I), другий (II) і третій (III) періоди та їх зміна (II-I), (III-II), (III-I) (сценарій А1В)

№ п/п	Назва станції	Січень						Лютий						Грудень					
		I	II	III	II-I	III-II	III-I	I	II	III	II-I	III-II	III-I	I	II	III	II-I	III-II	III-I
1	Житомир	2,40	2,43	2,23	0,03	-0,20	-0,17	2,38	2,42	2,22	0,04	-0,20	-0,16	2,29	2,26	2,25	-0,03	-0,01	-0,04
2	Вінниця	2,24	2,29	2,09	0,05	-0,20	-0,15	2,24	2,27	2,08	0,03	-0,19	-0,16	2,15	2,14	2,11	-0,01	-0,03	-0,04
3	Суми	2,50	2,55	2,31	0,05	-0,24	-0,19	2,49	2,52	2,35	0,03	-0,17	-0,14	2,38	2,32	2,25	-0,06	-0,07	-0,13
4	Кропивницький	2,31	2,45	2,25	0,14	-0,20	-0,06	2,26	2,29	2,11	0,03	-0,18	-0,15	2,24	2,10	2,09	-0,14	-0,01	-0,15
5	Миколаїв	1,91	2,01	1,76	0,10	-0,25	-0,15	2,01	2,04	1,81	0,03	-0,23	-0,20	1,78	1,80	1,71	0,02	-0,09	-0,07
6	Ізмаїл	2,00	2,02	1,87	0,02	-0,15	-0,13	2,05	1,92	1,77	-0,13	-0,15	-0,28	1,96	1,92	1,88	-0,04	-0,04	-0,08
7	Броди	2,40	2,35	2,25	-0,05	-0,10	-0,15	2,38	2,31	2,19	-0,07	-0,12	-0,19	2,30	2,18	2,27	-0,12	0,09	-0,03
8	Сарни	2,34	2,33	2,18	-0,01	-0,15	-0,16	2,34	2,34	2,17	0,00	-0,17	-0,17	2,23	2,17	2,19	-0,06	0,02	-0,04
9	Щорс	2,41	2,58	2,23	0,17	-0,35	-0,18	2,41	2,54	2,26	0,13	-0,28	-0,15	2,28	2,30	2,19	0,02	-0,11	-0,09
10	Тернопіль	2,42	2,37	2,26	-0,05	-0,11	-0,16	2,41	2,35	2,22	-0,06	-0,13	-0,19	2,34	2,22	2,32	-0,12	0,10	-0,02
11	Умань	2,26	2,33	2,09	0,07	-0,24	-0,17	2,24	2,25	2,08	0,01	-0,17	-0,16	2,15	2,15	2,10	0,00	-0,05	-0,05
12	Полтава	2,34	2,30	2,16	-0,04	-0,14	-0,18	2,36	2,31	2,19	-0,05	-0,12	-0,17	2,23	2,12	2,10	-0,11	-0,02	-0,13
13	Харків	2,36	2,47	2,16	0,11	-0,31	-0,20	2,35	2,42	2,20	0,07	-0,22	-0,15	2,25	2,21	2,10	-0,04	-0,11	-0,15
14	Губиниха	2,23	2,15	2,04	-0,08	-0,11	-0,19	2,25	2,15	2,08	-0,10	-0,07	-0,17	2,15	1,96	1,99	-0,19	0,03	-0,16
15	Донецьк	2,13	2,19	1,94	0,06	-0,25	-0,19	2,11	2,15	1,95	0,04	-0,20	-0,16	2,04	1,99	1,88	-0,05	-0,11	-0,16
16	Луганськ	2,38	2,52	2,14	0,14	-0,38	-0,24	2,33	2,47	2,20	0,14	-0,27	-0,13	2,28	2,23	2,07	-0,05	-0,16	-0,21
17	Сарата	2,07	2,15	1,92	0,08	-0,23	-0,15	2,10	2,06	1,85	-0,04	-0,21	-0,25	1,97	1,97	1,86	0,00	-0,11	-0,11
18	Мелітополь	1,99	2,04	1,82	0,05	-0,22	-0,17	2,05	2,01	1,86	-0,04	-0,15	-0,19	1,88	1,82	1,71	-0,06	-0,11	-0,17
19	Джанкой	2,00	2,07	1,82	0,07	-0,25	-0,18	2,02	2,02	1,86	0,00	-0,16	-0,16	1,88	1,82	1,71	-0,06	-0,11	-0,17
20	Ужгород	1,86	1,88	1,81	0,02	-0,07	-0,05	1,82	1,84	1,64	0,02	-0,20	-0,18	1,88	1,86	1,73	-0,02	-0,13	-0,15
21	Чернівці	1,98	2,02	1,84	0,04	-0,18	-0,14	2,08	2,04	1,83	-0,04	-0,21	-0,25	1,93	1,96	1,85	0,03	-0,11	-0,08
22	Ім.Старченка	2,32	2,37	2,15	0,05	-0,22	-0,17	2,29	2,34	2,14	0,05	-0,20	-0,15	2,15	2,18	2,05	0,03	-0,13	-0,10

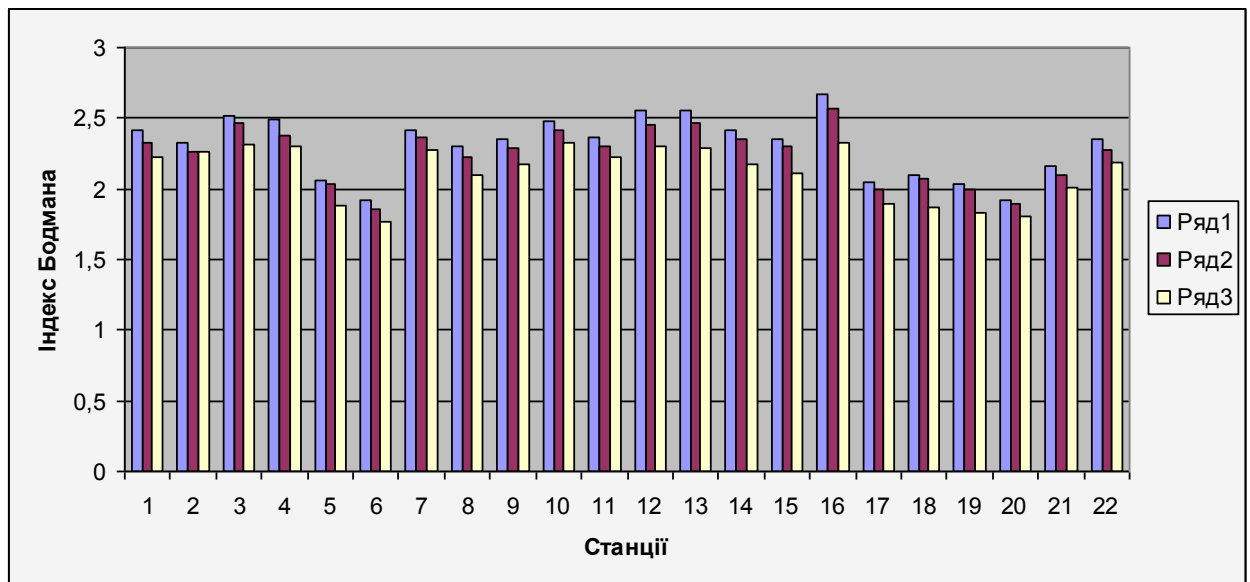
Таблиця 2

Середні значення індексу Бодмана за перший (I), другий (II) і третій (III) періоди та їх зміна (II-I), (III-II), (III-I) (сценарій A2)

№ п/п	Назва станції	Січень						Лютий						Грудень					
		I	II	III	II-I	III-II	III-I	I	II	III	II-I	III-II	III-I	I	II	III	II-I	III-II	III-I
1	Житомир	2,41	2,33	2,23	-0,08	-0,10	-0,18	2,20	2,26	1,97	0,06	-0,29	-0,23	2,24	2,04	2,07	-0,20	0,03	-0,17
2	Вінниця	2,33	2,26	2,26	-0,07	-0,00	-0,07	2,13	2,19	1,93	0,06	-0,26	-0,20	2,19	1,98	2,01	-0,21	0,03	-0,18
3	Суми	2,52	2,46	2,31	-0,06	-0,15	-0,20	2,34	2,39	2,07	0,05	-0,32	-0,27	2,29	2,14	2,13	-0,15	-0,01	-0,16
4	Кропивницький	2,49	2,38	2,30	-0,11	-0,09	-0,20	2,23	2,26	1,98	0,03	-0,28	-0,25	2,29	2,05	2,09	-0,24	0,04	-0,20
5	Миколаїв	2,06	2,04	1,88	-0,02	-0,16	-0,19	1,86	1,93	1,70	0,07	-0,23	-0,16	1,86	1,72	1,72	-0,14	0,00	-0,14
6	Ізмаїл	1,92	1,86	1,77	-0,06	-0,10	-0,15	1,72	1,77	1,60	0,05	-0,17	-0,12	1,76	1,60	1,58	-0,16	-0,02	-0,18
7	Броди	2,42	2,36	2,27	-0,06	-0,09	-0,15	2,19	2,29	2,00	0,10	-0,29	-0,19	2,28	2,09	2,09	-0,19	0,00	-0,19
8	Сарни	2,30	2,22	2,10	-0,08	-0,12	-0,20	2,09	2,17	1,88	0,08	-0,29	-0,21	2,15	1,97	1,99	-0,18	0,02	-0,16
9	Щорс	2,35	2,29	2,17	-0,06	-0,12	-0,19	2,19	2,25	1,97	0,06	-0,28	-0,22	2,19	2,01	2,05	-0,18	0,04	-0,14
10	Тернопіль	2,48	2,42	2,33	-0,06	-0,10	-0,14	2,25	2,34	2,05	0,09	-0,29	-0,20	2,33	2,13	2,12	-0,2	-0,01	-0,21
11	Умань	2,37	2,30	2,22	-0,07	-0,09	-0,16	2,15	2,21	1,95	0,06	-0,26	-0,20	2,23	2,01	2,04	-0,22	0,03	-0,19
12	Полтава	2,55	2,45	2,30	-0,10	-0,15	-0,25	2,31	2,37	2,02	0,06	-0,35	-0,29	2,28	2,11	2,10	-0,17	-0,01	-0,18
13	Харків	2,56	2,47	2,29	-0,09	-0,18	-0,27	2,33	2,39	2,04	0,06	-0,35	-0,29	2,27	2,12	2,11	-0,15	-0,01	-0,16
14	Губиниха	2,41	2,35	2,18	-0,06	-0,17	-0,23	2,18	2,25	1,93	0,07	-0,32	-0,25	2,17	2,01	2,02	-0,16	0,01	-0,15
15	Донецьк	2,35	2,30	2,11	-0,05	-0,19	-0,23	2,11	2,20	1,91	0,09	-0,29	-0,20	2,11	1,98	1,98	-0,13	0,00	-0,13
16	Луганськ	2,67	2,57	2,33	-0,10	-0,24	-0,34	2,40	2,47	2,10	0,07	-0,37	-0,30	2,35	2,20	2,16	-0,15	-0,04	-0,19
17	Сарата	2,05	1,99	1,90	-0,06	-0,10	-0,16	1,80	1,86	1,69	0,06	-0,17	-0,11	1,89	1,85	1,71	-0,04	-0,14	-0,18
18	Мелітополь	2,10	2,07	1,87	-0,03	-0,2	-0,23	1,87	1,97	1,71	0,10	-0,26	-0,16	1,86	1,74	1,76	-0,12	0,02	-0,10
19	Джанкой	2,03	1,99	1,83	-0,04	-0,16	-0,20	1,83	1,92	1,70	0,09	-0,22	-0,13	1,80	1,68	1,69	-0,12	0,01	-0,11
20	Ужгород	1,92	1,90	1,80	-0,02	-0,1	-0,12	1,76	1,81	1,68	0,05	-0,13	-0,08	1,84	1,72	1,68	-0,12	-0,04	-0,16
21	Чернівці	2,16	2,10	2,01	-0,06	-0,1	-0,15	1,09	2,01	1,79	0,11	-0,22	-0,11	2,01	1,84	1,82	-0,17	-0,02	-0,19
22	Ім.Старченка	2,35	2,27	2,19	-0,08	-0,09	-0,17	2,14	2,20	1,93	0,06	-0,27	-0,21	2,20	1,98	2,02	-0,22	0,04	-0,18



а)



б)

Ряд 1 – S за 1986-2005 рр.; Ряд 2 – S – за 2011-2030 рр.; Ряд 3– S –2031-2050 рр.
1-22 – номери досліджуваних станцій

Рис. 1 – Індекс Бодмана для сценаріїв А1В (а) і А2 (б). Січень

За сценарієм А2 повторюваність вітрохолодового індексу в межах $0 \div -9^{\circ}\text{C}$ переважає у січні-грудні всіх трьох періодів за винятком січня 1981-2005 рр., коли максимум повторюваності його припадає на $-10 \div -27^{\circ}\text{C}$.

Слід зазначити, що повторюваність $WCT \geq 0$ і $0 \div -9^{\circ}\text{C}$ за сценарієм А2 суттєво перевищить повторюваність цих градацій за сценарієм А1В, тобто саме за останнім сценарієм очікуються більш суворі зимові умови.

Зауважимо, що збільшує ризик обмороження вологий одяг (взуття), погане харчуван-

ня, відсутність гарячої їжі, неможливість зігрітись, хвороба.

Взимку в цілому кількість смертельних випадків може зменшитись через підвищення середньої температури у цей сезон, але очікувані сполучення низької температури повітря і вітру в окремі дні в майбутньому можуть призвести до обморожень різного ступеня, впливатимуть на поширення інфекційних епідемій та «холодових» захворювань.

Таблиця 3

Повторюваність (%) вітро-холодового індексу WCT (сценарій A1B)

Назва станції	1986-2005					2011-2030					2031-2050				
	Градації, °C					Градації, °C					Градації, °C				
	> 0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47	> 0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47	> 0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47
Січень															
Житомир	0,2	58,1	37,9	3,5	0,3	-	50,8	43,4	5,8	-	2,1	62,6	33,7	1,6	-
Суми	-	43,1	46,3	9,4	1,3	-	35,3	50,0	13,5	1,1	1,6	54,5	39,0	4,8	-
Кропивницький	1,6	62,4	33,1	2,9	-	0,3	51,5	45,3	2,9	-	5,6	67,6	26,0	0,8	-
Тернопіль	0,2	55,5	40,5	3,2	0,6	-	50,6	46,3	2,9	0,2	1,8	59,8	37,4	1,0	-
Полтава	1,0	52,9	40,5	5,3	0,3	0,5	43,4	45,8	10,0	0,3	5,2	64,7	27,3	2,9	-
Луганськ	1,0	48,7	45,0	4,2	1,1	1,1	45,0	43,4	9,7	0,8	5,2	61,3	32,1	1,5	-
Лютий															
Житомир	1,8	49,0	43,0	5,5	0,7	-	52,0	42,1	5,5	0,4	2,3	60,5	34,2	3,0	-
Суми	-	37,0	52,2	8,7	1,9	0,2	35,8	49,2	13,1	1,8	0,2	46,7	45,3	7,4	0,4
Кропивницький	3,4	54,5	39,6	2,5	-	1,1	58,2	36,6	4,1	-	3,2	66,7	29,2	0,9	-
Тернопіль	2,3	51,9	40,5	5,3	-	0,7	56,1	36,8	6,2	0,2	3,2	58,2	37,2	1,4	-
Полтава	0,9	45,0	45,5	8,3	0,4	0,2	46,7	43,7	8,5	0,9	0,7	58,1	36,8	4,4	-
Луганськ	1,8	44,8	45,8	6,2	1,4	1,1	47,8	45,7	5,5	-	1,6	56,6	40,2	1,6	-
Грудень															
Житомир	2,3	67,7	27,4	2,6	-	9,4	60,0	29,0	1,5	0,2	3,7	70,3	25,5	0,5	-
Суми	0,8	47,4	46,6	5,0	0,2	1,5	56,3	38,1	3,7	0,5	3,4	61,1	32,7	2,7	-
Кропивницький	5,2	64,0	30,3	0,5	-	7,4	63,5	29,0	-	-	6,6	74,2	19,0	0,2	-
Тернопіль	2,1	71,8	23,9	2,3	-	2,6	61,1	35,2	1,1	-	6,1	68,9	24,7	0,3	-
Полтава	3,4	57,7	36,1	2,6	0,2	5,3	64,7	28,5	1,1	0,3	6,1	69,0	23,5	1,3	-
Луганськ	1,8	51,9	41,6	4,7	-	6,9	55,6	35,2	2,1	0,2	7,7	65,2	26,5	0,6	-

Таблиця 4

Повторюваність (%) вітро-холодового індексу WCT (сценарій А2)

Назва станції	1986-2005					2011-2030					2031-2050				
	Градації, °С					Градації, °С					Градації, °С				
	> 0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47	> 0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47	> 0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47
Січень															
Житомир	0,8	48,2	48,2	2,7	-	1,9	61,9	33,7	2,4	-	3,1	71,5	25,5	-	-
Суми	0,8	40,5	51,9	5,8	1,0	2,3	47,9	42,1	7,7	-	3,1	60,6	34,2	2,1	-
Кропивницький	1,6	42,9	52,3	3,2	-	4,4	57,4	34,5	3,7	-	4,7	64,7	30,0	0,6	-
Тернопіль	1,1	47,4	49,8	1,6	-	1,5	58,4	38,4	1,8	-	4,2	65,6	29,5	0,6	-
Полтава	2,1	41,0	51,9	4,4	0,6	3,5	54,0	35,0	7,4	-	5,0	63,7	30,0	1,3	-
Луганськ	2,7	34,0	52,4	9,7	1,1	2,6	43,2	45,0	9,2	-	4,0	56,0	37,7	2,3	-
Лютий															
Житомир	2,3	61,6	33,8	2,3	-	2,5	63,4	31,5	2,7	-	9,9	77,5	12,6	-	-
Суми	0,9	47,6	46,7	4,8	-	1,9	55,0	36,6	6,4	-	4,4	71,9	23,4	0,4	-
Кропивницький	3,2	61,9	33,3	1,6	-	3,0	61,8	32,0	3,2	-	10,8	76,3	12,9	-	-
Тернопіль	2,8	59,5	36,3	1,4	-	2,8	61,8	33,5	1,8	0,2	6,7	78,4	14,9	-	-
Полтава	3,2	56,1	38,2	2,5	-	3,4	57,3	35,0	4,2	-	8,3	74,3	16,8	0,5	-
Луганськ	3,0	52,9	40,4	3,7	-	2,1	51,0	37,9	9,0	-	7,4	67,6	24,1	0,9	-
Грудень															
Житомир	3,4	63,1	33,4	0,2	-	9,4	73,7	16,9	-	-	10,8	73,2	16,0	-	-
Суми	1,9	52,7	43,9	1,5	-	6,0	65,3	28,2	0,5	-	8,1	65,3	26,6	-	-
Кропивницький	4,8	57,1	37,9	0,2	-	11,6	67,1	21,3	-	-	10,3	70,3	19,4	-	-
Тернопіль	2,4	62,3	35,2	0,2	-	8,5	69,7	21,8	-	-	10,5	73,1	16,3	0,2	-
Полтава	4,0	57,4	37,7	0,8	-	10,2	66,1	23,7	-	--	12,3	64,8	22,7	0,2	-
Луганськ	5,2	46,8	46,1	1,9	-	6,9	57,6	33,5	1,9	-	10,2	66,6	22,7	0,5	-

Висновки

У всі зимові місяці переважає тенденція на зниження індексу Бодмана по всій території країни, тобто зменшення холодного дискомфорту. В середньому за зиму на більшій частині території України будуть домінувати помірно-суворі умови, а у західних і південних регіонах – мало суворі.

Більш жорсткими у першому і третьому періодах є погодні умови лютого, у другому – січня-лютого (за сценарієм А1В), за іншим сценарієм (А2) за весь досліджуваний час – січня. У грудні всіх часових проміжків, які розглядались, погодні зимові умови найм'якші за обома сценаріями. Але найчастіше переважає за обома сценаріями, повторюваність вітро-холодового індексу в межах

$0 \div -9$ °С, тобто буде спостерігатись невеликий ризик обмороження, деякий дискомфорт.

Для України, з її низькими показниками тривалості життя, прогностична оцінка умов зимового періоду може бути дуже корисною при розробці профілактичних заходів, спрямованих на мінімізацію впливів факторів ризику смертності населення. У подальшому необхідно щоб система охорони здоров'я, органи управління, цивільної оборони, служби соціального захисту нашої країни здійснили комплекс організаційних і профілактичних заходів по запобіганню впливу несприятливих наслідків зміни клімату і таким чином розв'язали проблему збереження здоров'я людини.

Література

1. Цифры и факты. Принятие мер по защите здоровья населения Европы от изменений климата. ВОЗ. Копенгаген, 4 апреля 2008 г. URL: http://www.fs_4_Apr_08r.pdf (дата звернення 6.10.2018).
2. Косовець ,О.О., Пахалюк, О.Є. Кліматичні екстремуми в умовах зміни клімату. *Фізична географія та геоморфологія*. 2009. Вип. 57. С. 81-89.
3. Косовець, О.О., Пахалюк, О.Є. Огляд температурного режиму та опадів у 2011 році: Північна півкуля, Європа та Україна. Центральна геофізична обсерваторія. URL: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=klimat_2011&f=ukraine/data-u-klimat (дата звернення 12.11.2018).
4. Бокша, В.Г., Богуцкий, Б.В. Медицинская климатология и климатотерапия: монография. Киев: «Здоров'я», 1980. 260 с.
5. Исаев ,А.А. Экологическая климатология: монография. Москва: «Научный мир», 2001. 458 с.
6. Врублевська, О.О., Катеруша, Г.П. Прикладна кліматологія: конспект лекцій. Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. 131 с.
7. Беляева, В.А. Влияние метеофакторов на частоту повышения артериального давления. *Анализ риска здоровью*. 2016. №4. С. 17–22. URL: <http://oaji.net/articles/2017/3795-1484138706.pdf> (дата звернення 30.09.2018).
8. Малицька, Л. В. Дискомфорт погодних умов зимового періоду в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2017. № 20. С. 26-36.
9. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. URL: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm-ru.pdf> (дата звернення: 6.10.2108).
10. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / С.М. Степаненко та ін.; за ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового. Одеса: ТЕС, 2015. 518 с.
11. Шипко, Ю.В., Шувакин, Е.В. Специализированный климатический показатель оценки безопасности работ на открытом воздухе в жёстких холодных условиях. *Гелиогеофизические исследования*. 2014. Вып. 9. С. 161-165.
12. Groen, G. Wind chill equivalent temperature (WCET). Climatology and scenarios for Schiphol Airport. KNMI, 2009. URL: <http://www.knmi.nl/samenw/kbs/ doc/WCET-Schiphol.pdf> (дата звернення 11.10.2018).

References

1. Tsifryi i faktyi. Prinyatie mer po zaschite zdorovya naseleniya Evropyi ot izmeneniy klimata [Figures and facts. Taking action of protection health population of Europe from climate change]. (2008). VOZ. Kopengagen Available at: http://www.fs_4_Apr_08r.pdf [in Russian].
2. Kosovets, O.O., Pahalyuk, O.E. (2009). Klimatichni ekstremumi v umovah zmini klimatu. [Climatic extremes in conditions of climate change]. *Fizichna geografiya ta geomorfologiya*, (57), 81-89 [in Ukraine].
3. Kosovets, O.O., Pahalyuk, O.E. Oglyad temperaturnogo rezhimu ta opadiv u 2011 rotsi: Pivnichna pivkulya, Evropa ta Ukraina. [Review of thermal regime and precipitation in 2011: Northern hemisphere, Europe and

- Ukraine]. Tsentralna geofizichna observatoriya. Available at: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=klimat_2011&f=ukraine/data-u-klimat [in Ukraine].
4. Boksha, V.G., Bogutskiy, B.V. (1980). Meditsinskaya klimatologiya i klimatoterapiya. [Medical climatology and climatotherapy]. Kiev: «Zdorov'ya», 260 [in Ukraine].
 5. Isaev, A.A. (2001). Ekologicheskaya klimatologiya [Ecological climatology]. Moskva: Nauchnyy mir, 458 [in Russian].
 6. Vrublevska, O.O., Katerusha, G.P. (2005). Prikladna klimatologiya [Applied climatology]. Dnipropetrovsk: Ekonomika, 131 [in Ukraine].
 7. Belyaeva, V.A. (2016). Vliyaniye meteofaktorov na chastotu povyisheniya arterialnogo davleniya. [Impact of meteorofactors on frequency of arterial pressure]. *Analiz riska zdorov'yu*, (4), 17–22 Available at: <http://oaji.net/articles/2017/3795-1484138706.pdf> [in Russian].
 8. Malitska, L. V. (2017). Diskomfort pogodnih umov zimovogo periodu v Ukrayini. [Uncomfortability of weather conditions of winter period in Ukraine]. *Ukrai'ns'kiy gidrometeorologichniy zhurnal*, (20), 26-36 [in Ukraine].
 9. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller eds. (2007). IPCC, Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm-ru.pdf> [in English].
 10. Stepanenko, S.M., Pol'ovyy, A.M. eds. (2015). Klimatychni zminy ta i'h vplyv na sfery ekonomikyUkrai'ny [Climatic changes and their influence on the spheres of economy of Ukraine]. Odesa: TES, 518 [in Ukraine].
 11. Shipko, Yu.V., Shuvakin, E.V. (2014). Spetsializirovannyiy klimaticheskiiy pokazatel otsenki bezopasnosti rabot na otkryitom vozduhe v zhyostkih holodnyih usloviyah. [Specialized climatic index of assessment of open air work safety in severe cold conditions]. *Geliogeofizicheskie issledovaniya*, (9), 161-165 [in Russian].
 12. Groen, G. (2018). Wind chill equivalent temperature (WCET). Climatology and scenarios for Schiphol Airport. KNMI. Available at: <http://www.knmi.nl/samenw/kbs/doc/WCET-Schiphol.pdf> [in English].

Надійшла до редколегії 07.10.2018

УДК 504.3.054+914/919(912.438)

N. V. MAKSYMENKO¹, DSc(Geography), Assoc. Prof., **P. R. PONOMARENKO¹**

¹*V. N. Karazin Kharkiv National University,
4 Svobody sq., Kharkiv, 61022, Ukraine*

e-mail: nadezdav08@gmail.com <http://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS FROM THE AIR POLLUTION OF CHINA CITIES

The problem of air pollution in the cities of China is known far beyond its borders. It even jeopardized the holding of the XXIX Olympic Games in 2008. **Purpose.** o determine environmental risks for the population based on the assessment of air pollution in the cities of Beijing, Chengdu and Sanya (PRC). The work was carried out on the basis of data from the Chinese online platform «PM2.5 lishishuju» on the condition of air pollution in China's cities. A comparative assessment of pollutants content in the air has been carried out and the environmental risk for the population of these cities has been calculated. This calculation has been made in accordance with the methodology used in assessing the risk to public health exposed to chemicals that pollute the environment by inhaling substances into the human body. The risk is calculated by comparing the actual exposure level with the safe exposure level and determining the hazard coefficient of exposure to the substance. According to the calculations results, the ranking of substances polluting the air by the magnitude of the hazard coefficient was carried out to determine the highest priority pollutants. The results of the study have showed that the overall risk level for Beijing is 11.6; for the city of Chengdu – 26.4; for the city of Sanya – 4.5. In all studied cities, the overall level of non-carcinogenic risk exceeds the permissible limit value. The greatest contribution to the overall risk of non-carcinogenicity is made by the following elements: in Beijing – suspended solids (PM 2.5) – 40%, in Chengdu – suspended solids (PM 2.5) – 73%, in Sanya – ozone (O₃) - 52%. These substances determine the likelihood of negative effects in various organs and systems of the human body. Therefore, in addition to the overall level of risk, the effects on critical organs and systems must also be considered. The results of the study have showed that the respiratory organs are most vulnerable to air pollution in the cities under study. The most dangerous excess is observed in Chengdu – 26.11. A negative effect on the cardiovascular system occurs in two cities: Chengdu – 2.35, and Beijing – 2.30; impact on human development is from 2.30 to 2.35 (respectively, in Beijing and Chengdu). In Sanya, risk indicators do not exceed the permissible level.

Keywords: air, pollution, online monitoring, suspended substances, ozone, environmental risk, Beijing, Chengdu, Sanya, China

Максименко Н. В., Пономаренко П. Р.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ МІСТ КИТАЮ

Проблема забруднення атмосферного повітря міст Китаю відома далеко за його межами. Вона, навіть, поставила під загрозу проведення XXIX Олімпійських ігор у 2008 році. Мета роботи: на основі оцінки забруднення атмосферного повітря міст Пекін, Ченду і Санья (КНР) визначити екологічні ризики для населення. Робота виконувалась на основі даних китайської он-лайн платформи «PM2.5 lishishuju» щодо стану забруднення атмосферного повітря міст Китаю. Проведено порівняльну оцінку вмісту забруднюючих речовин у повітрі та розраховано екологічний ризик для населення цих міст. Розрахунок екологічного ризику зроблено у відповідності до методики, яка використовується для оцінки ризику для здоров'я населення, що зазнає впливу хімічних речовин, забруднюючих довкілля при інгаляційному надходженні речовин до організму людини. Обраховано ризик шляхом порівняння фактичного рівня експозиції з безпечним рівнем впливу та визначення коефіцієнту небезпеки впливу речовини. За результатами розрахунків здійснено ранжування речовини, що забруднюють повітря за величиною коефіцієнту небезпеки для визначення найбільш пріоритетних забруднювачів. Результати дослідження показали, що рівень загального ризику для м. Пекін складає 11,6; для м. Ченду – 26,4; для м. Санья – 4,5. В усіх досліджуваних містах загальний рівень неканцерогенного ризику перевищує граничну прийнятну величину – 1. Найбільший внесок у сумарний неканцерогенний ризик вносять такі елементи: у м. Пекін – завислі речовини (PM 2,5) – 40%, у м. Ченду – завислі речовини (PM 2,5) – 73%, у м. Санья - озон (O₃) – 52%. Зазначені речовини обумовлюють імовірність розвитку негативних ефектів у різних органах і системах організму людини. Тому необхідно розглядати окрім загального рівня ризику, ще й вплив на критичні органи і системи. Результати дослідження показали, що найбільш уразливими в умовах забруднення атмосферного повітря досліджуваних міст є органи дихання. Найнебезпечніше перевищення спостерігається в м. Ченду – 26,11. Негативний вплив на серцево-судинну систему відбувається в двох містах: Ченду – 2,35 та Пекіні – 2,30; на розвиток людини діапазон значення ризику розвитку неканцерогенних ефектів складає від 2,30 до 2,35 у м. Пекін та м. Ченду, в м.Санья значення ризику не перевищують допустимий рівень.

Ключові слова: атмосферне повітря, забруднення, он-лайн моніторинг, завислі речовини, озон, екологічний ризик, Пекин, Ченду, Санья, Китай

Максименко Н. В., Пономаренко П. Р.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ГОРОДОВ КИТАЯ

Проблема загрязнения атмосферного воздуха городов Китая известна далеко за его пределами. Она даже поставила под угрозу проведение XXIX Олимпийских игр в 2008 году. Цель работы: на основе оценки загрязнения атмосферного воздуха городов Пекин, Чэнду и Санья (КНР) определить экологические риски для населения. Работа выполнялась на основе данных китайской онлайн платформы «PM2.5 Iishishuju» о состоянии загрязнения атмосферного воздуха городов Китая. Проведена сравнительная оценка содержания загрязняющих веществ в воздухе и рассчитан экологический риск для населения этих городов. Расчет экологического риска сделан в соответствии с методикой, которая используется в оценке риска для здоровья населения, подвергающегося воздействию химических веществ, загрязняющих окружающую среду при ингаляционном поступлении веществ в организм человека. Рассчитан риск путем сравнения фактического уровня экспозиции с безопасным уровнем воздействия и определения коэффициента опасности воздействия вещества. По результатам расчетов осуществлено ранжирование веществ, загрязняющих воздух по величине коэффициента опасности для определения наиболее приоритетных загрязнителей. Результаты исследования показали, что уровень общего риска для г. Пекин составляет 11,6; для г. Чэнду – 26,4; для г. Санья – 4,5. Во всех исследуемых городах общий уровень не канцерогенного риска превышает предельную приемлемую величину. Наибольший вклад в суммарный не канцерогенный риск вносят такие элементы: в г. Пекин - взвешенные вещества (PM 2,5) – 40%, в г. Чэнду – взвешенные вещества (PM 2,5) – 73%, в г. Санья - озон (O₃) - 52%. Указанные вещества обуславливают вероятность развития негативных эффектов в различных органах и системах организма человека. Поэтому необходимо рассматривать кроме общего уровня риска, еще и влияние на критические органы и системы. Результаты исследования показали, что наиболее уязвимыми в условиях загрязнения атмосферного воздуха исследуемых городов являются органы дыхания. Самое опасное превышение наблюдается в г. Чэнду – 26,11. Негативное влияние на сердечно-сосудистую систему происходит в двух городах Чэнду – 2,35 и Пекине – 2,30; влияние на развитие человека составляет от 2,30 до 2,35 (соответственно, в г. Пекин и г. Чэнду. В г. Санья показатели риска не превышают допустимый уровень.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязнение, он-лайн мониторинг, взвешенные вещества, озон, экологический риск, Пекин, Чэнду, Санья, Китай

Introduction

The problem of air pollution is one of the global problems of mankind. Growing emissions of pollutants into the atmosphere are the focus of attention not only of residents of large cities, but also of the scientific community and the government. In this regard, a large number of regional and international summits were held to address this problem. International agreements were signed and governmental (at the level of individual countries) programs to limit and reduce emissions to the atmosphere [19–20] were adopted, giving positive results.

International attention to the problem of air pollution has led scientists to develop a system for monitoring the ecological state of the atmosphere in all regions of the world. There are now more than 20,000 known air quality monitoring stations in the world, monitoring data of more than 10,000 of which is published in the World Air Quality Index (AQI) project. The map below (Fig. 1) shows the location of known monitoring stations (Fig. 1). The AQI

standard for each published station is based on the US EPA Instant-Cast standard.

From the outset, the World Air Quality Index project team (WAQI) has always strived for transparency in delivering Air Quality Information to citizens of the world. In order to make common information about air quality more relevant, the World Air Quality Index team has organized studies with the most well-known international institutions on the possibility of creating an open database. The project involved:

- UNEP (United Nation Environmental Program);
- WMO (World Meteorological Organization);
- WHO (World Health Organization);
- GEO (Group on Earth Observations);
- CCA (Climate & Clean Air Coalition);
- UNIDO (United Nation Industrial Development Organization);
- WRI (World Resource Institute) [7].



Fig. 1 – Network of stations for automatic monitoring of air quality [6]

In September 2018, thanks to the great efforts of the world the EPA (Environmental Protection Agency), information on air quality is now available in real time for more than 10 000 stations in 1000 large cities from 80 countries [6].

Data published in AQI in real time cannot be corrected at the time of publication, which ensures the objectivity of the information. However, to provide a high level of accuracy for each digit of the AQI, several levels of computer processing are used. For example, the consistency of the data is checked in real time with neighboring stations, which allows you to automatically identify the faulty monitoring stations and delete them, if necessary, from the map.

As the World Environment Agency is constantly evolving and increasing the list of air quality monitoring stations, this page is regularly updated on the Internet.

Formulation of the problem

The system of atmospheric air condition observation in China now covers almost the entire country. At present, 24 organizations conduct real-time observations in all major cities of China. In March 2015, a meeting was held in Beijing with many environmental specialists from the US State Department, as well as with the China Mission (a well-known organization working in PM2.5 monitoring time at the embassy in Beijing). Among all the questions that were considered, it is worth mentioning the «now» system. This system is used by the US EPA to convert raw pollutant, expressed in $\mu\text{g} / \text{m}^3$ or ppb, to AQI (scale from 0 to 500) [6]. It is used for all AQI values reported at airnow.gov.

The problem is to compensate for the «24-hour averaging» that should be used when converting the concentration to AQI. The reason for this averaging is that the AQI scale indicates that

each of the levels of health problems (i.e. Good, Moderate ... Unhealthy ...) is valid for 24 hours of exposure [1]. For example, when you see 188 AQI (unhealthy), you should read it as «if I stay in place for 24 hours, and AQI - 188 during these 24 hours, then the effect on health is negative». This is very different from the fact that «if AQI reported that now it is 188, then the effect on health is negative».

The problem is that 24-hour averaging is a very bad idea and should be reversed [3] for at least two reasons:

Firstly, the dynamics of air pollution is such that the wind is able to completely clean the air in less than 30 minutes! This phenomenon is often observed in Beijing with strong northern winds that can reduce PM2.5 AQI from more than 300 to less than 50 in less than an hour [2]. When this happens, no one wants to wait 24 hours before knowing that the air quality is good (and go for a walk to enjoy the fresh air!);

The second reason is that the air quality suddenly deteriorates. One of the known cases is the Indonesian forest fire, which caused the Singapore smog. When the winds move north, in these circumstances, the AQI can grow from 50 to 150 in just one hour. Indeed, there were a lot of requests from asthmatics / sensitive people, when the average for the previous 24 hours was still applied in Singapore.

For these reasons, the US EPA introduced the NowCast system: it is an alternative conversion formula that is used to counteract the balance of averaging needs as air quality conditions change.

To emphasize the importance of substances selected for monitoring, we will explain where these pollutants originate from and how they affect our health and the environment.

NO₂ is a reddish-brown gas that is released from all internal combustion engines. There are two main nitrogen-based compounds that are produced from internal combustion engines: NO₂ and nitrogen oxide (NO). At the point of emission (i.e. exhaust pipe), the proportion of NO_x is about 90% NO and 10% NO₂ [1].

After a few hours in the atmosphere and in the presence of volatile organic compounds (VOC), NO is converted to NO₂. This reaction can take from a couple of seconds to several hours [2]. NO₂ then reacts with other substances in the air to form nitric acid, particulate matter, and substances called PANs (peroxyacyl nitrates).

Also, with the help of sunlight, NO₂ can turn back to NO and produce ozone (O₃) as a strange pollutant. Through the potential of NO₂ for the production of these «secondary» pollutants, it is important to control and regulate NO₂.

Short-term and long-term exposure to NO₂ is associated with an increased risk of developing respiratory disfunctions. People with asthma, young children and adults have an increased sensitivity to its effects [1].

Secondary pollutants caused by the presence of NO₂ in the atmosphere also have their adverse effects. PAN is an irritant, nitric acid causes acid rain and particles, and O₃ causes breathing problems.

Suspended particles (PM - particulate matter) are a widespread air pollutant, including a mixture of solid and liquid particles in the air in suspension.

Indicators that are commonly used to characterize PM and are important for health include mass concentration of particles with a diameter of less than 10 microns (PM₁₀) and particles with a diameter of less than 2.5 microns (PM_{2.5}). PM_{2.5}, which is often referred to as

fine suspended particles, also contains ultra-fine-dispersed particles with a diameter of less than 0.1 microns. In most of Europe, PM_{2.5} is 50-70% PM₁₀ [9]. RM with a diameter of 0.1 μm to 1 μm can be in the air for many days and weeks and, accordingly, undergo transboundary air transport over long distances. 2PM is a mixture with physical and chemical characteristics, varying with location. The most common chemical components of the PM include sulfates, nitrates, ammonia, other inorganic ions, such as sodium, potassium, calcium, magnesium and chloride ions, organic and elemental carbon, minerals of the earth's crust, water bound particles, metals (including vanadium, cadmium, copper, nickel and zinc) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). In the composition of the RM biological components, such as allergens and microorganisms, [9] are also found.

Currently, there are new studies, showing that PM_{2.5} is more harmful than PM₁₀. Physically, it makes sense - less than a fraction, a greater likelihood that it will be absorbed deeper into the lungs and harm us. This is also one of the important reasons for WHO to push all countries to have standards for PM_{2.5}.

Ozone O₃. It is worth considering ozone pollution as a global problem. In general, ozone is distributed from the surface to an altitude of 20 km and thus contains both "good ozone", the ozone layer in the upper stratosphere, and "bad" ozone in the troposphere. Ozone pollution is tropospheric ozone, and in particular, surface concentration, which is important for quantifying health effects. In addition, tropospheric ozone has a daily cycle, with pollution exceeding during the day when the temperature reaches its maximum, and almost no pollution during the night. In China, ozone actually becomes a major pollutant, exceeding PM_{2.5} pollution.

Research methods

The purpose of the study is to assess the degree of air pollution in the cities of Beijing, Chengdu and Sanya (PRC) and to determine the environmental health risk.

The work was carried out on the basis of the collected statistical reporting on the condition of air pollution in the cities of China - Beijing, Chengdu and Sanya. A comparative assessment of pollutants content in the air of cities was carried out and the environmental risk from this pollution was calculated.

Modern monitoring in the world is carried out with the help of GAIA Air Quality Monitoring Stations. It is a specially optimized, highly accurate and easy-to-use monitoring

station, developed by Earth Sensing laboratories. Gaia A13: Gasification [8]. The Chinese online air monitoring and analysis platform is a software platform and contains information on the air composition of 367 cities.

The platform records such indicators as AQI, PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO, temperature, humidity, wind speed, wind direction, satellite images of clouds and other monitoring elements. All data is automatically updated every hour. The platform provides a historical analysis of data requests from December 2013, including real-time monitoring, statistical data, urban analysis, satellite imagery of clouds and equipped with other functions.

The results of on-line monitoring are posted on the Internet and on demonstration screens in certain places of cities. The color coding of the level of pollution of the atmosphere is used; it makes it possible, without read-

ing the numbers, to understand the degree of threat to health (Fig. 2).

The color coding of the air pollution level is used; it allows one to understand the degree of threat to health without reading the numbers (Table 1).

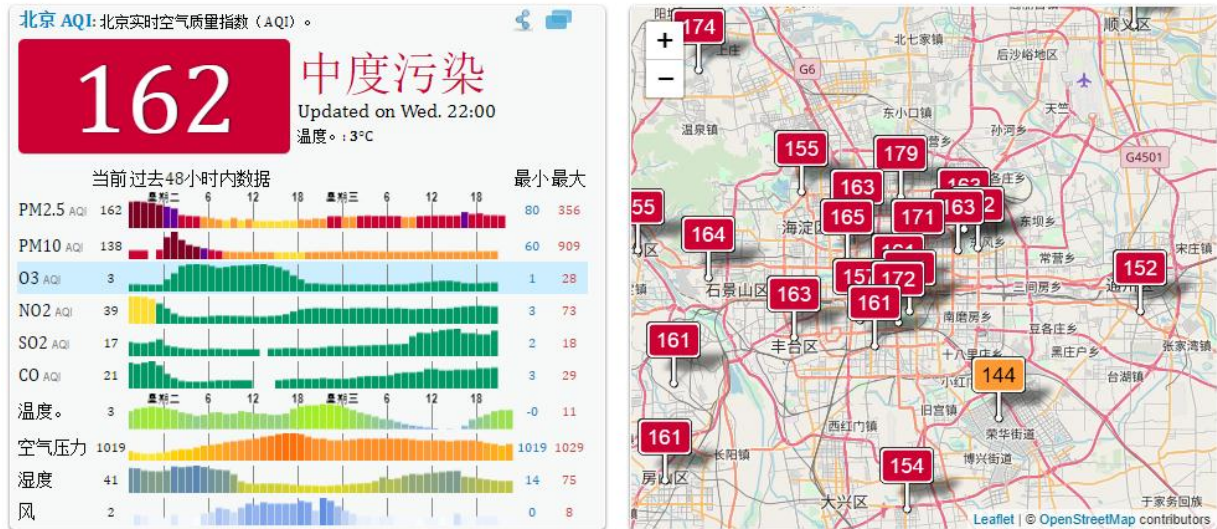


Fig. 2 – An example of a comprehensive description of the environmental condition of atmospheric air in Beijing [2]

Table 1

Scale of pollution level relative to calculated AQI index and health risk

Category	Index Value	Level of Health Concern	How Does This Affect Me?
Green Good	0-50	Good. Air quality is considered satisfactory and air pollution poses little or no risk.	The air quality is good. No precautions necessary. Breathe deeply and enjoy!
Yellow	51-100	Moderate. Air quality is acceptable; however, for some pollutants there may be a moderate health concern for a very small number of individuals. For example, people who are unusually sensitive to ozone may experience respiratory symptoms if ozone levels fall into this range.	Sensitive people* should plan strenuous outside activities when air quality is better.
Orange	101-150	Unhealthy for Sensitive Groups. Members of sensitive groups may experience health effects.	Sensitive people* should cut back or reschedule strenuous outside activities. Everyone else should consider limiting strenuous outdoor activities.
Red	151-200	Unhealthy. Everyone may begin to experience health effects. Members of sensitive groups may experience more serious health effects.	Sensitive people* should avoid strenuous outside activities. Everyone else should cut back or reschedule strenuous outside activities.
Purple	201-300	Very Unhealthy. This will trigger a health alert, meaning everyone may experience serious health effects.	Sensitive people* should avoid all outside physical activities. Everyone else should significantly cut back on outside physical activities.
Maroon	301-500	Hazardous. This triggers health warnings of emergency conditions. The entire population is likely to be affected.	Everyone should avoid all outside physical activities.

The calculation of the environmental risk in the work is done in accordance with the methodology described in [10], which is used to assess the risk to public health exposed to chemical substances that pollute the environment.

Characterization of the risk of non-carcinogenic effects is carried out either by

comparing the actual level of exposure with a safe level of exposure (index / hazard ratio), or based on the concentration-response parameters obtained in epidemiological studies [10].

Since our study determined the concentration of pollutants in the ambient air, from a large set of methods for calculating environ-

mental risk contained in [10], we use the one that is used during inhalation of substances in the human body. Environmental risk is calculated by the formula:

$$HQ_i = C_i / RfC, \quad (1)$$

where: HQ – the hazard coefficient of exposure to a substance and; RfC – the safe level of the substance exposure, mg / m³ (Table 2); C_i – level of exposure, mg / m³.

Table 2

Reference concentrations for chronic inhalation exposure [10]

CAS		Substance	RfC, мг/м ³	Critical organs/ systems
	PM2,5	Suspended particles <2,5 mm	0,015	Respiratory system, mortality
	PM10	Suspended particles <10 mm	0,05	Respiratory system, mortality, cardiovascular system, development
7446-09-5	SO2	Sulfur dioxide	0,05	Respiratory system, mortality
630-08-0	CO	Carbon monoxide	3	Blood, cardiovascular system, development, CNS
10102-44-0	NO ₂	Nitrogen dioxide	0,04	Respiratory system, blood, formation of MetHb
10028-15-6	O ₃	Ozone	0,03	Respiratory system

If the calculated hazard coefficient (HQ) of a substance does not exceed one, then the probability of the development of harmful effects in a person with the daily intake of a substance during life is insignificant. Such an impact is characterized as acceptable.

If the hazard coefficient exceeds one, then the probability of occurrence of harmful

effects in a person increases in proportion to the increase in HQ, but it is impossible to accurately name the multiplicity.

According to the results of calculations, it is advisable to rank the substances polluting the air by the magnitude of the hazard ratio to determine the highest priority for pollutants.

Research results

The ecological condition of atmospheric air in China is controlled by automated systems. Monitoring results are constantly updated on the website, where information is collected on all cities of the country, forecasts are analyzed and compiled [8].

Many indicators are used to assess the ecological state, including:

- Air temperature;
- Atmospheric pressure;
- Air humidity;
- Wind;
- Content in the air:
 - suspended particles up to 2.5 mm and up to 10 mm in size (PM2.5 and PM10)
 - carbon monoxide (CO)
 - nitrogen dioxide (NO₂)
 - ozone (O₃)
 - sulfur dioxide (SO₂).

The network of tracking stations in China covers almost the entire country (Fig. 3). Therefore, the accuracy of the information provided on the monitoring site is quite high. It

is ensured not only by the accuracy of the equipment and the quality of the software, but also by constant adjustments of the indicators by comparison with neighboring stations of observation.

The density of stations is especially high in the eastern part of the country, where the largest cities are located and the main sources of air pollution are concentrated. As can be seen from Fig. 3, the overwhelming majority of cities have threatening AQI indicators, the cause of which is the intense anthropogenic load on the atmospheric air in China.

To assess the diversity of the ecological status of cities in China, a study was conducted on the example of three fundamentally different settlements. For the study Beijing, Chengdu and Sanya were selected.

Beijing is the capital of the People's Republic of China, a national political, cultural, scientific and technological innovation center. It should be noted that after the XXIX Olympic Games (2008), it is in Beijing where they are supported now, which is reflected in many low average atmospheric pollution indices (Fig. 4).

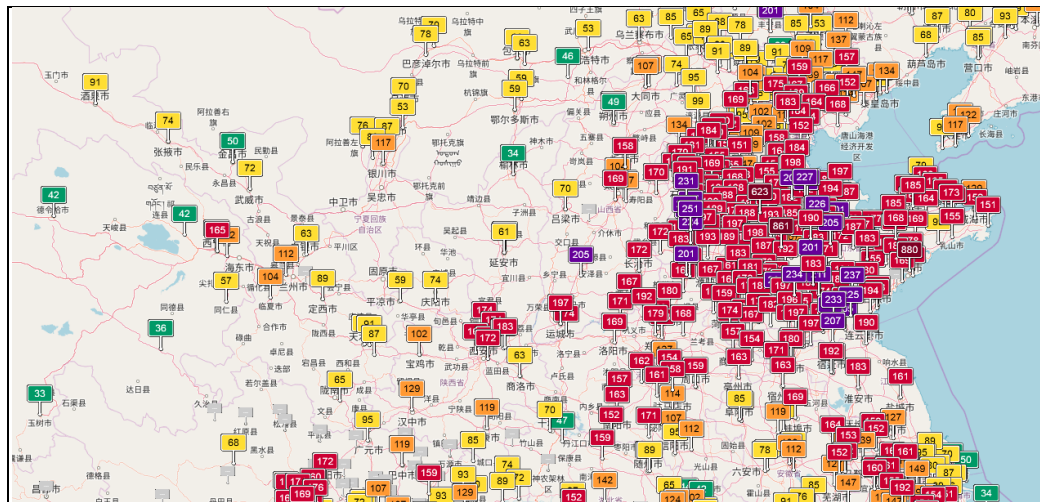


Fig. 3 – Location of monitoring points in the People's Republic of China with the symbol of the pollution index (taken from on-line monitoring) [11]



Fig. 4 – Air Pollution in Beijing (AQI) [14]

The city has a large number of observation posts that allow you to make appropriate calculations and plot the resulting value on the map, updated every hour.

Pollution distribution in the air is significantly influenced by the weather and, in general, the climate. Beijing is located in a monsoon-prone humid continental climate or a monsoon subtropical climate, characterized by hot, wet summers due to the influence of the eastern monsoons and cold, windy, dry winters, which are formed under the influence of Siberian anticyclones. The average annual temperature in a flat area is 11 ~ 13 °C, 800 meters below the sea is 9 ~ 11 °C, in a mountainous area is 3 ~ 5 °C. The average annual maximum temperature ranges between 35 ~ 40 °C. Extreme minimum temperatures, like typically between -14 ~ -20 °C [12].

Spatial distribution of annual precipitation is uneven. In the northeast and southwest, the windward slope of the mountain front resists precipitation, so the amount of precipitation is between 600 ~ 700 mm. In the north and northwest, rainfall is less than 500 mm. Summer precipitation is about 3/4 of annual precipitation [12].

For a more detailed description of the air pollution in each area of the city, there are screens showing online change of the situation, which are duplicated on the Internet and sent to SMS on phones.

Chengdu is the capital of Sichuan province, one of the largest cities in China, is a political, economic, cultural and educational center. The climate is subtropical wet monsoon, four different seasons are clearly distinguished, summer without heat, winter without cold. The average annual temperature is 16.7 °C. The solar

temperature is 1071 hours, the average annual precipitation is 945.6 mm. Chengdu is located in the eastern part of the plain, with an average elevation of about 500 meters above sea level.

The climate feature of Chengdu is excessive cloudiness and short daylight hours. Also, the climate of Chengdu is described by air humidity, in summer the temperature is not high (the maximum temperature as a whole does not exceed 37 ° C), but the high humidity creates a feeling of dry temperatures. The average temperature in winter does not exceed 5 ° C, but due to cloudiness, the air seems very cold.

In total, the city has more than 500 different enterprises. They are mainly focused on the

production of chemical raw materials and products (without flammable, explosive materials, easily accessible drugs and hazardous products), building materials, steel, detergents.

Monitoring of the ecological state of atmospheric air is carried out in the on-line system (Fig. 5).

Sanya is a city of the province and island of Hainan, located in the southern part of Hainan Island. Sanya is located in low latitudes, tropical sea monsoon climate zone. The island has a long summer, there is no winter, in the fall and spring it is immediately sunny, a large amount of evaporation. The climate is characterized by frequent typhoons and strong winds.

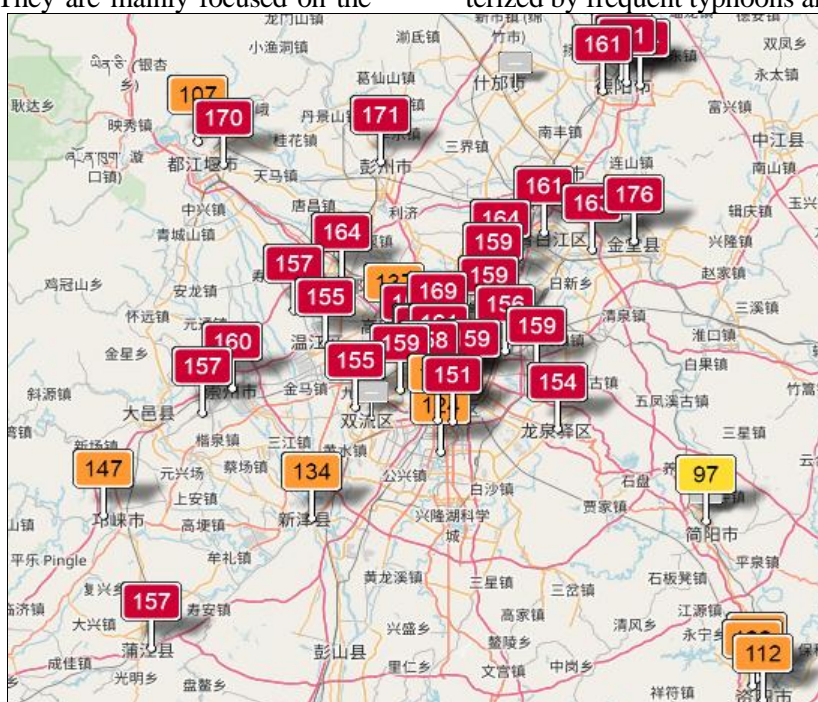


Fig. 5 – Air pollution in Chengdu (AQI) [16]



Fig. 6 – Air pollution in Sanya (AQI) [18]

The average annual temperature is 26.2 °C. The average maximum temperature of the year is 34.4 °C. The average minimum temperature is 15 °C. The average annual rainfall is 1347.5 mm. There are 2226.1 hours of sunshine throughout the year [16].

On the territory of Hainan tourist and recreational activities are being actively developed, which is due to the warm mild climate most of the year.

Absence of industrial pollution sources does not eliminate the need for air quality control. Online monitoring records the air pollutant content, calculates AQI and displays on the corresponding map (Fig. 6). Air pollution indices are very low.

Based on the data of the Chinese online platform “PM2.5 lishishuju”, we calculated the environmental risk, using formula (1) for the population of these cities (Tables 3–5).

Table 3
Assessment of non-carcinogenic risk for the population of Beijing (PRC) due to atmospheric pollution

№	Chemical element	C _i , мг/м ³	RFC _i , мг/м ³	HQ	Critical organs and systems
1	PM2,5	0,070389	0,015	4,692	Respiratory system, mortality
2	PM10	0,095889	0,05	1,92	Respiratory system, mortality, cardiovascular system, development
3	Sulfur dioxide	0,010056	0,05	0,2011	Respiratory system, mortality
5	Carbon monoxide	1,157028	3	0,39	Blood, cardiovascular system, development, CNS
5	Nitrogen dioxide	0,047528	0,04	1,188	Respiratory system, blood, formation of MetHb
6	Ozone	0,097778	0,03	3,26	Respiratory system
General HQ					11,644
Respiratory system					11,25893
Cardiovascular system					2,303449
Development					2,303449
Blood					1,573868
Formation of methemoglobin					1,188192
CNS					0,385676
Mortality					6,81

Table 4
Assessment of non-carcinogenic risk for the population of Chengdu (PRC) due to atmospheric pollution

№	Chemical element	C _i , мг/м ³	RFC _i , мг/м ³	HQ	Critical organs and systems
1	PM2,5	0,291083333	0,015	19,405	Respiratory system, mortality
2	PM10	0,099943333	0,05	2,00	Respiratory system, mortality, cardiovascular system, development
3	Sulfur dioxide	0,013806667	0,05	0,276	Respiratory system, mortality
5	Carbon monoxide	1,083333333	3	0,36	Blood, cardiovascular system, development, CNS
5	Nitrogen dioxide	0,052053333	0,04	1,301	Respiratory system, blood, formation of MetHb
6	Ozone	0,094083333	0,03	3,14	Respiratory system
General HQ					26,479
Respiratory system					26,118
Cardiovascular system					2,360
Development					2,360
Blood					1,662
Formation of methemoglobin					1,301
CNS					0,361
Mortality					21,68

Table 5
Assessment of non-carcinogenic risk for the population of Sanya (PRC) due to atmospheric pollution

№	Chemical element	Ci, мг/м ³	RfCi, мг/м ³	HQ	Critical organs and systems
1	PM2,5	0,015222	0,015	1,015	Respiratory system, mortality
2	PM10	0,029389	0,05	0,59	Respiratory system, mortality, cardiovascular system, development
3	Sulfur dioxide	0,002861	0,05	0,0572	Respiratory system, mortality
5	Carbon monoxide	0,625972	3	0,21	Blood, cardiovascular system, development, CNS
5	Nitrogen dioxide	0,012417	0,04	0,310	Respiratory system, blood, formation of MetHb
6	Ozone	0,070083	0,03	2,34	Respiratory system
General HQ					4,515
Respiratory system					4,31
Cardiovascular system					0,80
Development					0,80
Blood					0,52
Formation of methemoglobin					0,31
CNS					0,21
Mortality					1,66

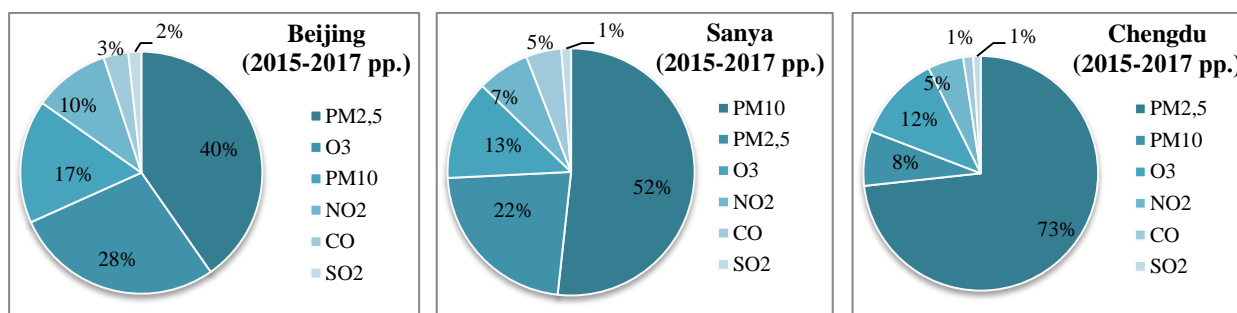


Fig. 7 – The contribution of each pollutant to the overall environmental risk of the studied cities

The results of the study have showed that the following substances make the greatest contribution to the total non-carcinogenic risk: in Beijing – suspended particles PM 2.5 – 40%, in Chengdu - suspended particles PM 2.5 – 73%, in Sanya – O₃ ozone – 52% (Fig. 7). These substances determine the likelihood of the development of harmful effects in the respiratory system.

The results of air pollution analysis for the period from 2015 to 2017 (Fig. 7 on the left) have showed that a significant excess of PM 2.5 is observed in the city of Beijing, in the city of Chengdu, this excess is particularly critical, especially in the village. In Sanya, harmful pollutants exceeding the norm are not observed. Hazard ratio for PM10 is exceeded in Beijing and in Chengdu, equal to 1.91 and 1.99, respectively. Excess of NO₂ pollutant is observed in the city of Beijing – 1.18 and in the city of Chengdu – 1.30. In all three cities, hazard coefficient of O₃ is exceeded (city of Beijing – 3.25,

m. Sanya – 2.33), but in city of Chengdu the excess is the highest – 3.13. The three-year HQ averages with SO₂ and CO substances did not show excess in any of the cities.

The analysis and comparison of the seasons of the year (Fig. 3.8 right). It is established that in winter high rates are observed in the city of Chengdu; in spring, in summer and in autumn, the greatest atmospheric pollution is observed in Beijing, which is caused by the meteorological conditions of the atmospheric stratification.

Each pollutant has a special effect on the human body. This action is manifested in the occurrence of certain negative effects in various organs and systems of the human body. It is therefore necessary to consider, in addition to the general level of risk, also the effect on critical organs and systems in the event of exposure to pollutants.

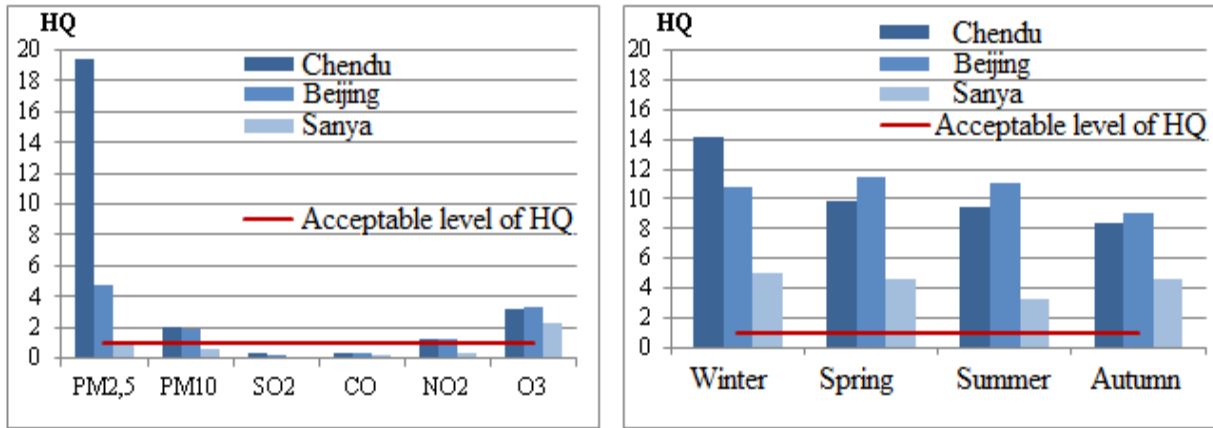


Fig. 8 – Comparison of environmental risk due to atmospheric pollution in different seasons of the cities of Beijing, Chengdu and Sanya

The results of the study have showed that the respiratory organs are the most vulnerable in conditions of air pollution in the studied cities. The most dangerous excess is observed in Chengdu, 26.11 (Fig. 9).

Threatening effects on the cardiovascular system occur in two cities of Chengdu – 2.35 and Beijing – 2.30; on human development the risk value of the development of non-carcinogenic effects ranges from 2.30 to 2.35 in the city of Beijing and the city of Chengdu, in the city of Sanya the risk value does not exceed the permissible level. In blood and

methemoglobin formation, the greatest risk is associated with the formation of methemoglobin – from 0.31 to 1.30. Risk of developing non-carcinogenic diseases of the CNS is in the range of 0.20 to 0.38.

Thanks to the work of online monitoring, in any city in China for any period of time there is a warning of the population against threats associated with air pollution. By following the recommendations that are provided there, you can prevent a negative impact on your health.

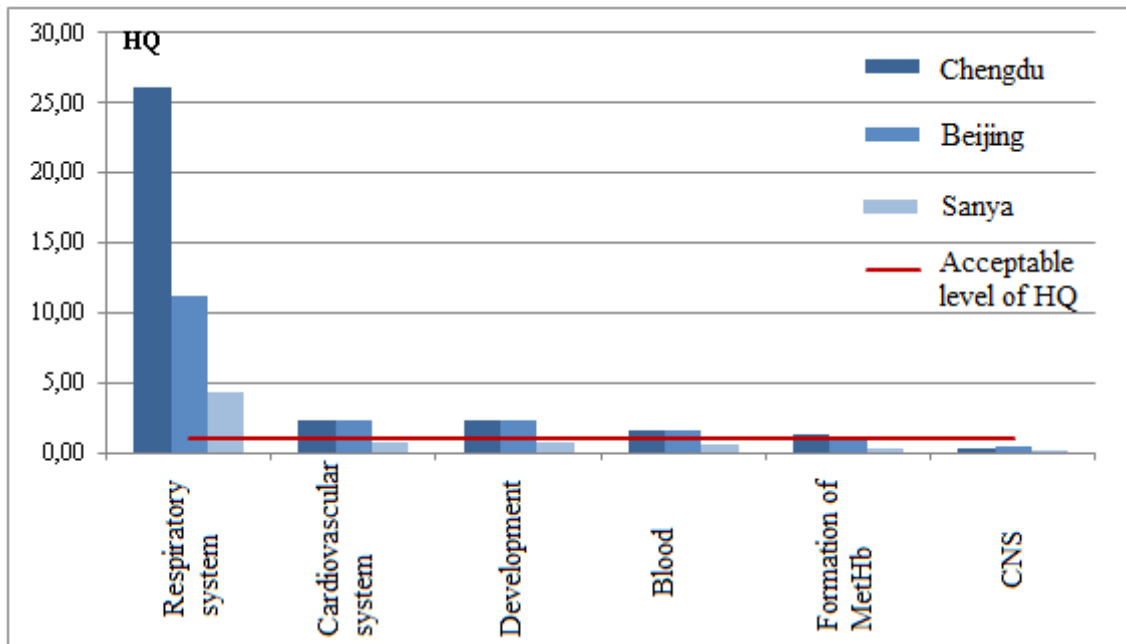


Fig. 9 – Comparison of the risk of certain types of diseases in the cities of Beijing, Chengdu and Sanya as a result of atmospheric pollution

Conclusions

The world air monitoring system covers almost all continents and has more than 20,000 known air quality monitoring stations, of which more than 10,000 are published in the World Air Quality Index (AQI) project. Interval of observations and updates in the system is different in different countries – from one day to 1:00. The work substantiates the expediency of an hourly update of information considering the use of its population as warnings about the occurrence of negative health effects.

On the selected territory – three cities of the PRC (Beijing, Chengdu, Sanya), atmospheric air pollution studies are conducted by the Chinese online monitoring platform and updated hourly. On the basis of statistics, for the three-year observation period (2015–2017), collected by the authors, an environmental risk assessment was made for indicators such as

AQI, PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO. It has been established that the greatest contribution to the total non-carcinogenic risk in Beijing and Chengdu is made by suspended particles (PM₂), respectively – 40% and 73%, in the city Sanya – ozone – 52%.

Since the effect of pollutants on the human body is manifested in the occurrence of certain diseases, their risk has been assessed. The results of the study have showed that the respiratory organs are the most vulnerable in conditions of air pollution in the studied cities. The most dangerous excess is observed in the city of Chengdu - 26.11 (at a rate of HQ = 1).

It is advisable for the population to avoid the negative impact of pollution by following the recommendations developed in accordance with the calculated AQI index.

References

1. Office of Research and Development National Center for Environmental Assessment. Integrated science assessment for oxides of nitrogen (2016), North Carolina United States. [in English].
2. Paul N. Cheremisinoff, Richard Alan Young (1977). Air Pollution Control and Design Handbook, 672-673 [in English].
3. Boulter, P G, Borken-Kleefeld, J and Ntziachristos, L (2013). Urban Air Quality in Europe. Handbook of Environmental Chemistry, 31-54 [in English]
4. Zhao B. (2013) NO_x emissions in China: historical trends and future perspectives. Atmospheric Chemistry and Physics, 69- 97 [in English].
5. Online map of Nitrogen Dioxide (NO₂) in our atmosphere. (2018). Available at: <http://aqicn.org/faq/2017-01-10/nitrogen-dioxide-no2-in-our-atmosphere/> [in English]
6. World-wide Air Quality Monitoring Data Coverage (2018). doi: <http://aqicn.org/sources/> [in English].
7. United Framework. (2018). Available at: <http://aqicn.org/data-platform/register/> [in English]
8. Air quality monitoring device & sensors research. (2018). Available at: <https://aqicn.org/sensor> [in English].
9. Mikroskopicheskaya ugroza: chasticy PM10 i PM2,5 [Microscopic threat: PM10 and PM2.5 particles.] (2107). Available at: <https://www.msulab.ru/knowledge/air/microscopic-threat-particles-pm10-and-pm2%265/> [in Russian].
10. Rukovodstvo po ocenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii himicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchih okruzhayushchuyu sredu [Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment]. (2004). Federal'nyj centr Gossanehpindadzora Minzdrava Rossii,143 [in Russian].
11. Air Pollution in Asia: Real-time Air Quality Index Visual Map (2017). Available at: <http://aqicn.org/map/>
12. Klimat m. Pekina. (2017). Available at: <http://bj.weather.com.cn> [in Ukrainian].
13. Klimat m. Chendu (2017). Available at: <http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=49265&refer=&cityname=Chengdu-China> [in Ukrainian].
14. Zagryaznenie vozduha v Pekine v rezhime real'nogo vremeni. Indeks kachestva vozduha (AKI). [Air pollution in Beijing in real time. Air quality index (AQI)]. (2017). Available at: <http://aqicn.org/city/beijing/ru/> [in Russian].
15. Zagryaznenie vozduha v Chendu v rezhime real'nogo vremeni. Indeks kachestva vozduha (AKI).[Chengdu Air Pollution Real-Time Air Quality Index (AQI)].(2017). Available at: <http://aqicn.org/city/chengdu/ru/> [in Russian].
16. Klimat m. San'ya (KNR). (2017). doi: <http://www.hnszw.org.cn/data/news/2015/02/76945/> [in Ukrainian].
17. Zagryaznenie vozduha v San'ya v rezhime real'nogo vremeni. Indeks kachestva vozduha (AKI). (2017). Available at: <http://aqicn.org/city/sanya/ru/> [in Russian].
18. Kiots'kij protokol. [Kyoto Protocol].(1998). Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kprus.pdf> [in Ukrainian].
19. Maksimenko N. V. (2012) Environmental management activity textbook for students of higher education establishments, Kharkiv, Ukraine, 336 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 5.11.2018

УДК 581.526.325.3

Н. В. ДЕРЕЗЮК¹, В. І. МЕДІНЕЦЬ¹, канд. фіз.-мат. наук, Є. І. ГАЗЕТОВ¹

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна
пров. Маяковського 7, м. Одеса, 65082, Україна

e-mail: n.derezyuk@onu.edu.ua <https://orcid.org/0000-0003-1418-0981>
medinets@te.net.ua <http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>
gazetov@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5362-1973>

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОПЛАНКТОНУ У ПРИБЕРЕЖНИХ ВОДАХ ОСТРОВА ЗМІЙНИЙ В 2016-2017 РР.

Мета. Вивчення сезонних змін кількісних характеристик фітопланктону та біорізноманіття угруповань, зокрема видового складу потенційно небезпечних (токсичних) видів. **Методи.** Збір та аналіз зразків фітопланктону в прибережних водах о. Зміїний виконували за стандартними методами. Консервацію зразків здійснювали з використанням формаліну. Для обробки зразків використовували мікроскопи HUND-H600 та OLIMPUS-BH2. Систематика мікроводоростей і ціанобактерій застосована у відповідності до стандартів міжнародних баз. **Результати.** Проведений аналіз основних абіотичних факторів, які впливають на стан фітоценозу. У видовому складі зареєстровано 238 видів фітопланктону з 11 класів: діатомові – Bacillariophyceae, дінофітові – Dinophyceae, зелені – Chlorophyceae, ціанобактерії – Cyanobacteria, примнезієві – Prymnesiophyceae, еугленові – Euglenoidea, золотисті – Chrysophyceae, криптофітові – Cryptophyceae, діктохові – Dictyochophyceae, хоанофлагелати – Choanoflagellata. Показано, що головними таксонами фітопланктону були Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae і Cyanobacteria. Вперше в районі острова Зміїний було зареєстровано 11 прісноводних дінофітових видів. Проаналізовані статистичні взаємозв'язки метрик фітопланктону і абіотичних характеристик. Було зафіксовано розвиток 54 видів фітопланктону, що відносяться до групи потенційно небезпечних (токсичних), серед яких 21 вид сягав рівню цвітіння. **Висновки.** Основними абіотичними факторами, які визначають стан фітопланктону та його сезонні зміни, є солоність та прозорість. Впродовж 2016–2017 рр. у фотичному шарі прибережних вод острова Зміїний зареєстровано 4 сезонних максимуми розвитку мікроводоростей: навесні, влітку, восени та взимку, які відповідали термінам нормальної циклічності вегетації чорноморського фітопланктону. Порівняння сучасних максимальних величин з аналогічними даними, отриманими у попередні роки, дозволяє зробити висновок про значне збільшення кількісних характеристик фітопланктону в 2016–2017 рр. Якість води в поверхневих шарах води в районі острова Зміїний, яку оцінено за основними метриками фітопланктону, була значно гіршою, ніж для придонних шарів води, що обумовлено впливом річкового стоку Дунаю, який спостерігається, насамперед, в поверхневих шарах води.

Ключові слова: Чорне море, біомаса, чисельність, біорізноманіття, цвітіння, якість води

Dereziuk N. V., Medinets V.I., Gazetov Ye.I.

Odessa I.I. Mechnikov National University, Odessa

STUDY OF PHYTOPLANKTON WITHIN THE COASTAL WATERS OF ZMIINYI ISLAND IN 2016–2017

Purpose. To reveal seasonal changes in phytoplankton quantitative characteristics including biodiversity and species composition of potentially dangerous (toxic) species. **Methods.** Phytoplankton sampling in Odessa bay coastal waters and sample analyses were carried out using standard methodologies. The samples were preserved using formalin. Microscopes HUND-H600 and OLYMPUS-BH2 have been used for sample analyses. Classification of microalgae and Cyanobacteria was done according to the standards of the international database. **Results.** Analysis of the main abiotic factors influencing the state of phytocene has been carried out. In the species composition, 238 species of phytoplankton belonging to 11 classes have been registered: diatoms – Bacillariophyceae, dinophytes – Dinophyceae, green – Chlorophyceae, Cyanobacteria, Prymnesiophyceae, Euglenoidea, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Dictyochophyceae, Choanoflagellata. It was shown that the dominant phytoplankton species were Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae and Cyanobacteria. For the first time, 11 freshwater species of dinophytes were registered in the Zmiinyi Island area. Statistical interconnections between phytoplankton metrics and abiotic characteristics were analysed. Development of 54 phytoplankton species, which refer to the group of potentially harmful (toxic) was registered; out of this number, 21 reached blooming level. **Conclusions.** The main abiotic factors determining the state of phytoplankton and its seasonal changes are salinity and transparency. During 2016–2017, 4 seasonal maximums of microalgae development were registered in the photic layer of the Zmiinyi Island coastal waters (in spring, summer, autumn and winter), which corresponded to the terms of the normal periodicity of the Black Sea phytoplankton vegetation. Comparison of modern maximum values with simi-

lar data obtained in previous years, allows us to conclude that a significant increase in the quantitative characteristics of phytoplankton took place in 2016–2017. The quality of water in the surface layers in the Zmiinyi Island area assessed using the main metrics of phytoplankton was much lower than that in the bottom water layers, which was caused by the Danube River discharge impact, first of all, observed in the surface layers of water.

Keywords: the Black Sea, biomass, abundance, biodiversity, blooms, water quality

Дерезюк Н. В., Мединец В. И., Газетов Е. И.

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ В 2016–2017 ГГ.

Цель. Выявление сезонных изменений количественных характеристик фитопланктона и биоразнообразия сообществ, включая видовой состав потенциально опасных (токсичных) видов. **Методы.** Сбор и анализ проб фитопланктона в прибрежных водах острова Змеиный выполняли стандартными методами. Консервацию образцов осуществляли с использованием формалина. Для обработки проб использовали микроскопы HUND–H600 и OLIMPUS–BH2. Систематика микроводорослей и цианобактерий приведена в соответствии со стандартами международных баз. **Результаты.** Проведен анализ основных абиотических факторов, влияющих на состояние фитоценоза. В видовом составе зарегистрировано 238 видов фитопланктона из 11 классов: диатомовые – Bacillariophyceae, динофитовые – Dinophyceae, зеленые – Chlorophyceae, цианобактерии – Cyanobacteria, примнезиевые – Prymnesiophyceae, евгленовые – Euglenoidea, золотистые – Chrysophyceae, криптофитовые – Cryptophyceae, диктиоховые – Dictyochophyceae, хоанофлагелляты – Choanoflagellata. Показано, что главными таксонами фитопланктона были Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae и Cyanobacteria. Впервые в районе острова Змеиный было зарегистрировано 11 пресноводных динофитовых видов. Проанализированы статистические взаимосвязи метрик фитопланктона и абиотических характеристик. Было зафиксировано развитие 54 видов фитопланктона, относящихся к группе потенциально опасных (токсичных), среди которых 21 вид достигал уровня цветения. **Выводы.** Основными абиотическими факторами, определяющими состояние фитопланктона и его сезонные изменения, являются соленость и прозрачность. В течение 2016–2017 гг. в фотическом слое прибрежных вод острова Змеиный зарегистрировано 4 сезонных максимума развития микроводорослей: весной, летом, осенью и зимой, отвечающих срокам нормальной цикличности вегетации черноморского фитопланктона. Сравнение современных максимальных величин с аналогичными данными, полученными в предыдущие годы, позволяет сделать вывод о значительном увеличении количественных характеристик фитопланктона в 2016–2017 гг. Качество воды в поверхностных слоях воды в районе острова Змеиный, оцененная по основным метрикам фитопланктона, было значительно ниже, чем для придонных слоев воды, что обусловлено влиянием речного стока Дуная, который наблюдается в первую очередь в поверхностных слоях воды.

Ключевые слова: Черное море, биомасса, численность, биоразнообразие, цветение, качество воды

Вступ

Основні закономірності розвитку фітопланктону північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) в залежності від абиотичних умов природного або антропогенного генезису інтенсивно вивчались в період евтрофікації ХХ – ХХІ ст. [1–9]. Проте в останні 20 років різко зменшилась як кількість досліджень, так і регулярність інформації про стан фітопланктону, як основної автотрофної ланки харчових ланцюгів унікальної морської екосистеми ПЗЧМ [8, 9]. Особливий інтерес мають спостереження в відкритих районах моря, в яких в останні 16 років лише наукова група Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету імені І.І. Мечникова (ОНУ) проводила спостереження за основними характеристиками екосистеми прибережних вод острова Зміїний [10–15], за аналізом яких було визначено, що особливості функціонування специфічних видів микроводорослей

або угруповань фітопланктону у прибережних водах о. Зміїний обумовлені періодичними впливами річкового стоку р. Дунай.

Враховуючі той факт, що прибережні води острову Зміїний знаходяться на відстані біля 40 км від дельтової частини Дуная, результати досліджень якості морського середовища, і, насамперед, зміни в структурі фітопланктону, в цьому районі є джерелом інформації для оцінки довгострокових змін, що спостерігаються в окремих районах ПЗЧМ протягом останніх років [16, 17]. Саме тому, в рамках міжнародного проекту ЕМБЛАС II [18], у 2016–2017 рр. була реалізована пілотна програма інтегрованого моніторингу, одним з найважливіших елементів якої був збір і аналіз зразків фітопланктону в окремих районах ПЗЧМ для впровадження Водної рамкової директиви [19] та Рамкової директиви ЄС з морської стратегії [20].

Метою наших досліджень було вивчення сезонних змін кількісних характерис-

тик мікроводоростей, в тому числі потенційно небезпечних (токсичних) видів, та оцінка сучасного стану біорізноманіття фітопланктону в прибережних водах острова Зміїний в 2016–2017 рр.

Методи дослідження

Відповідно до програми досліджень зразки фітопланктону збирали на станції ZPR (45°15'26,9" пн.ш. та 30°12'17,9" сх.д.) з глибиною 8 м, що розташована на причалі острова Зміїний у північній частині острова на відстані біля 100 м від берегової лінії [10].

Відбір зразків проводили щодавно на 3 горизонтах (0, 2 та 8 м) з 10 квітня до 22 грудня 2016 р. та з 28 квітня до 20 грудня 2017 р. було зібрано 238 зразків фітопланктону, аналіз яких виконували за стандартними методами [21,22,23]. В якості консерванту використовували 2 % нейтральний розчин формаліну. Згущення зразків фітопланктону здійснювали седиментаційним методом після 3-тижневого відстоювання. Для визначення чисельності та видового складу фітоп-

Об'єктом дослідження є прибережні води о. Зміїний, предметом дослідження – видовий склад та кількісні характеристики фітопланктону (чисельність та біомаса), показники біорізноманіття і структура угруповань.

ланктону використовували світові мікроскопи HUND-H600 та OLIMPUS-BH2. Систематику мікроводоростей та ціанобактерій проводили відповідно до стандартів міжнародних баз даних [24, 25]. Розрахунки об'ємів клітин, їх чисельності і біомаси були виконані за програмою TRITON[©] [26]. Індекси біорізноманіття розраховували за формулами Шенону (H) та Шелдону (Sh) [27, 28]. Потенційно токсичні і небезпечні види фітопланктону ідентифікували у відповідності з рекомендаціями [29–31]. Паралельно зі збором зразків фітопланктону проводили спостереження основних фізико-хімічних та гідрохімічних характеристик води за стандартними методами [22,23, 32,33].

Результати досліджень та обговорення

За результатами проведених досліджень зразків фітопланктону і спостережень за фізико-хімічними характеристиками морських вод в районі станції ZPR біля острова Зміїний був накопичений масив експериментальних даних, аналіз якого дозволяє вивчити сезонні зміни видового складу та кількісних характеристик фітопланктону в 2016–2017 рр. та оцінити їх залежність від абіотичних факторів, таких як прозорість, температура, солоність, водневий показник та вміст кисню, які є добрими індикаторами якості водного середовища [16] та походження водної маси [17].

Короткий аналіз змін основних абіотичних характеристик водних мас в районі

острова Зміїний в 2016–2017 рр. (табл. 1 і 2) показав наступне.

Прозорість прибережних вод змінювалась в межах від 0,8 м у травні 2016 р. до більш, як 8 м у липні – грудні 2016 р. та серпні – грудні 2017 р. при середніх значеннях $3,9 \pm 0,4$ та $4,9 \pm 0,3$ у 2016 і 2017 рр. відповідно. Як правило, з квітня до липня кожного року реєструвався сезонний мінімум прозорості.

Температура морських поверхневих вод характеризувалась ярко вираженим сезонним ходом с максимумом влітку та мінімумом взимку і змінювалась у 2016 році від $6,6^{\circ}\text{C}$ (22 грудня) до $26,3,0^{\circ}\text{C}$ (30 липня)

Таблиця 1

Середні значення основних фізико-хімічних характеристик прибережних вод біля острова Зміїний у 2016 і 2017 рр.

Показник	2016		2017		2016–2017	
	0 м	8 м	0 м	8 м	0 м	8 м
Прозорість, м	$3,9 \pm 0,4$	-	$5,9 \pm 0,3$	-	$4,9 \pm 0,3$	-
Температура, °C	$17,1 \pm 0,8$	$17,1 \pm 1,2$	$18,3 \pm 0,8$	$17,9 \pm 0,8$	$17,8 \pm 0,6$	$17,6 \pm 0,7$
Солоність, PSU	$14,26 \pm 0,30$	$15,80 \pm 0,22$	$15,86 \pm 0,23$	$16,28 \pm 0,19$	$15,10 \pm 0,21$	$16,11 \pm 0,14$
Кисень, мг/л	$8,89 \pm 0,15$	$8,49 \pm 0,24$	$8,45 \pm 0,15$	$8,24 \pm 0,13$	$8,66 \pm 0,11$	$8,33 \pm 0,12$
Кисень, %	$100,2 \pm 0,7$	$95,2 \pm 0,9$	$97,5 \pm 1,2$	$94,3 \pm 0,8$	$98,8 \pm 0,7$	$94,6 \pm 0,6$
Водневий показник, од. рН	$8,38 \pm 0,05$	$8,31 \pm 0,05$	$8,31 \pm 0,03$	$8,30 \pm 0,02$	$8,34 \pm 0,03$	$8,30 \pm 0,02$

Таблиця 2

Межі коливань (мін/макс) основних фізико-хімічних характеристик прибережних вод біля острова Зміїний у 2016 і 2017 рр.

Показник	2016				2017			
	0 м		8 м		0 м		8 м	
Прозорість, м	0.8/ 8.0	23.05, 24.05 /10.07, 20.07,10.08 20.08, 30.08, 21.09, 10.10, 20.10,22.12	-	-	1.3/8.3	05.06 / 05.10, 10.10, 26.10, 05.11, 10.11, 15.11, 25.11	-	-
Температура, °C	6.6/ 26.3	22.12 / 30.07	6.7/ 25.2	22.12 / 10.08	9.2/ 26.6	20.12/05.08	9.3 / 25.3	28.04 / 10.08, 20.08
Солоність, PSU	9.57/ 17.54	14.04 / 01.11	13.75/ 17.61	20.06 / 01.11	11.65 / 18.27	15.06/16.08	12.26 / 18.34	30.06 / 16.08
Кисень, мг/л	7.16/ 10.96	10.07 / 22.12	7.05/ 10.88	30.06 / 22.12	6.73 / 11.02	05.08/05.06	6.59 / 9.94	05.08 / 30.04
Кисень, %	90.6/ 109.5	20.10 / 03.06	86.5/ 104.8	20.10 / 20.11	87.9 / 135.2	31.07/05.06	83.2 / 112.0	10.09 / 10.06
Водневий показник, од. рН	7.60/ 8.99	10.04 /24.05	7.62/ 8.63	10.04 / -	7.96 / 8.86	20.12/05.06	7.99 / 8.63	20.12 / 10.06

та у 2017 році від 9,2°C (20 грудня) до 26,6°C (6 серпня) при середніх значеннях 17,1±0,8°C і 18,3±0,8°C відповідно

Порівняння температур у поверхневих (0 і 2 м) та в придонному шарах води (8 м) показало, що вони змінювались майже синхронно, але навесні і влітку в окремі періоди їх різниця була доволі примітною і сягала значень 3–5 °C. Монотонність сезонних змін температури декілька разів порушувалась, коли до прибережної смуги надходили морські водні маси (01.05.2016 р., 25.05.2016, 10.06.2016, 10.07.2016, 10.05.2017, 05.07.2017, 31.07.2017, 10.09.2017). При цьому температура води зменшувалась на 2–3 °C.

Солоність поверхневого і придонного шарів води коливалась у 2016 році від 9,57 PSU (14 квітня) до 17,54 PSU (1 листопада) при середніх значеннях 14,26±0,31 і 15,80±0,22 PSU у поверхневому та придонному шарах води відповідно. Зміни солоності у 2017 р. були у межах від 8,23 (26 травня) до 18,27 PSU (16 і 23 серпня) при середніх значеннях 15,86±0,23 і 16,28±0,96 PSU у поверхневому і придонному шарах води відповідно. Найбільші розбіжності в значеннях солоності поверхневого і придонного шарах води спостерігали у весняно-літній період року, коли до району досліджень поступали розпрісненні води від дельтової частини Дунаю. Навесні та влітку 2016 р. спостерігали зменшення солоності до 9,81 PSU (14.04.2016) і далі солоність періодично зменшувалась аж до 10,38

PSU (11.06.2016). У 2017 р. весняне розпріснення не було значущим – до 14,81 PSU (05.05.2017), але влітку реєстрували епізодичний підхід річкової води зі зменшенням солоності до 11,95 PSU (15.06.2017). Восени рівень солоності залишався майже незмінним (15–17 PSU), лише 20.10.2017 зафіксували зменшення солоності до 13,22 PSU.

Концентрації розчиненого кисню у 2016 р. коливались в межах від 7,16 (10.07) до 10,96 мг·л⁻¹ (22.12) та від 7,05 (30.06) до 10,88 мг·л⁻¹ (22.12) у поверхневому та придонному шарах води відповідно. Середні значення при цьому складали 8,89±0,15 та 8,49±0,24 мг·л⁻¹. У 2017 році межі коливань концентрацій кисню складали 6,78 (05.08) – 11,02 (05.06) та 6,59 (05.08) – 9,94 мг·л⁻¹ (30.04) на поверхневому та придонному горизонті відповідно, при середніх значеннях 8,45±0,15 і 8,24±0,13 мг·л⁻¹.

Відносна насиченість вод киснем (O₂, %) поверхневого шару води у 2016 р. змінювалась в межах від 90,6 % (20.10) до 109,5 % (03.06) при середньому значенні 100,2 %. У придонному шарі межі коливань були від 96,5 % (20.10) до 104,8 % (20.11) при середньому значенні 95,2±0,9%. У 2017 році діапазон коливань збільшився від 87,9 (31.07) до 135,2 % (05.06) у поверхневому шарі та від 83,2(10.09) до 112,0 % (10.06) у придонному шарі води при середніх значеннях 97,5±1,2 і 94,3±0,8 % відповідно.

Водневий показник прибережних вод в 2016–2017 рр. змінювався в межах від 8,01 (10.04.2016 р.) до 8,99 (24.05.2016 р.) у поверхневому шарі воли, та від 7,62 (10.04.16) до 8,63 (10.06.17) у придонному. Середні значення водневого показника для поверхневого і придонного шарів води склали відповідно у 2016 р. $8,38 \pm 0,05$ і $8,31 \pm 0,05$; а у 2017 році $8,31 \pm 0,03$ і $8,30 \pm 0,02$. При цьому коливання значень насиченості киснем і водневого показника спостерігали синхронно зі змінами солоності і температури.

Аналіз статистичних взаємозв'язків між фізико-хімічними характеристиками показав, що значимі коефіцієнти кореляції (при $P > 0,95$) в порядку зменшення спостерігались для поверхневого шару води: прозорості – з солоністю (0,85), ступеню насиченості киснем (–0,54) та концентрацією кисню (–0,39); температури – з концентрацією кисню (–0,84) і водневим показником (0,65); солоності – з прозорістю (0,85), ступеню насичення киснем (–0,54), концентрацією кисню (0,27) і водневим показником (–0,28); водневого показника – з температурою (0,65), насиченістю киснем (0,46) концентрацією кисню (–0,35) Для придонного шару води кореляційні взаємозв'язки були дещо іншими: прозорості – з солоністю (0,72), ступеню насиченості киснем (–0,32); температури – з концентрацією кисню (–0,90) і водневим показником (0,70); солоності – з прозорістю (0,72), ступеню насичення киснем (–0,30); водневого показника – з температурою (0,70), насиченістю киснем (0,31) концентрацією кисню (–0,53).

Таким чином можна зробити висновок про те, що статистичні взаємозв'язки фізико-хімічних характеристик свідчать про визначальну роль температури і солоності морських вод у формуванні прозорості, кисневого режиму та кислотності води.

Аналіз видового складу показав, що з лютого 2016 р. по грудень 2017 р. в прибережних водах о. Зміїний було зареєстровано 238 видів фітопланктону з 11 класів: діатомові – Bacillariophyceae (80 видів в 236 зразках), дінофітові – Dinophyceae (82 види в 237 зразках), зелені – Chlorophyceae (25 в 78 зразках), ціанобактерії – Cyanobacteria (11 в 40 зразках), примнезієві – Prymnesiophyceae (17 в 138 зразках), евгленові – Euglenoidea (6 в 29 зразках), золотисті – Chrysophyceae (4 види в 37 зразках), криптофітові – Cryptophyceae (6 в 178 зразках), діктіохові – Dictyochophyceae (3 види в 29 зразках), хоанофлагелати – Choanoflagellata (2 види в 8 зразках), ебрідієві – Ebrizophyceae (2 в 55 зразках). Вперше, у порі-

в'янні з минулими роками [2, 8], було зареєстровано появу 11 прісноводних дінофітових видів: *Glochidinium penardiforme* (Linden.) Bolt., *Gymnodinium cnecooides* Harris, *G. helveticum* Penard., *G. lantzschii* Utermohl, *Peridiniopsis penardii* (Lemm.) Bour, *Peridinium aciculiferum* Lemm., *P. goslaviense* Wolosz., *P. lomnickii* Wolosz., *Tovellia coronata* (Wolosz.) Moest., *Woloszynskia neglecta* (Schill.) Thompson, *W. pascheri* (Suchl.) Stosch.

Морську групу фітопланктону (загалом 152 види) створювали дінофітові (65 видів) і діатомові (59 видів), примнезієві водорості (14), криптофітові (5), діктіохові (3), по 2 види золотистих і ебрідієвих водоростей та хоанофлагелати (2). Серед них було зафіксовано розвиток 54 небезпечних (НАВ) або потенційно токсичних (ТХ, ТР) видів. До групи прісноводного фітопланктону (загалом 72 види) було віднесено 18 видів діатомових водоростей, 25 зелених та 13 дінофітових водоростей, 10 ціанобактерій, 4 евгленових та 2 види золотистих водоростей, далі 10 видів належали до небезпечних. Космополіти (загалом 14 видів) були представлені незначною кількістю діатомових, дінофітових і примнезієвих водоростей (по 3–4 види), а також евгленовими, криптофітовими та ціанобактеріями (по 1–2 видів), але НАВ видів було зареєстровано лише 2 (*Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., *Eutreptia lanowii* Steuer).

До групи прісноводного фітопланктону (загалом 72 види) було віднесено 18 видів діатомових водоростей, 25 – зелених та 13 – дінофітових водоростей, 10 – ціанобактерій, 4 евгленових та 2 золотистих водоростей. Космополіти (загалом 14 видів) були представлені незначною кількістю діатомових, дінофітових і примнезієвих водоростей (по 3–4 види), а також евгленовими, криптофітовими та ціанобактеріями (по 1–2 видів).

Кількість видів фітопланктону в поверхневому шарі води (0–2 м) на станції ZPR (рис.1) коливалась в межах від 5 (30.06.2016) до 33 (30.09.2016 р.) при середньому значенні 20 ± 5 за весь період спостережень. У 43 % зразків кількість видів на горизонті 2 м перевищувала показники кількості на поверхні. В придонному шарі води кількість видів також змінювалась в інтервалі від 5 (01.12.2016, 25.11.2017 р.) до 32 (20.10.2017 р.), при середньому значенні 18 ± 5 видів.

При цьому у 31 % зразків в 2016–2017 рр. кількість видів на придонному горизонті перевищувало число видів у поверхневому шарі води. За період спостережень середня

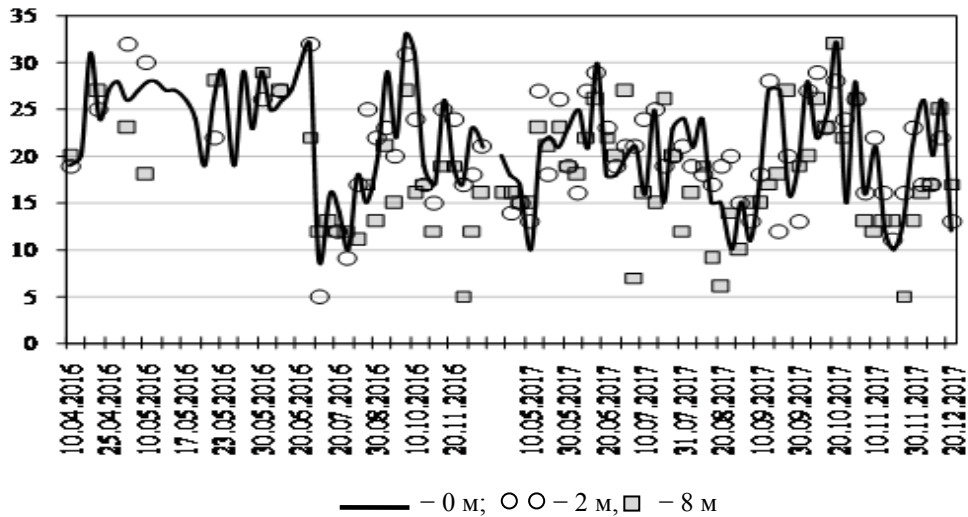


Рис. 1 – Кількість видів фітопланктону в зразках води, які збирали на різних горизонтах станції ZPR в 2016–2017 рр.

кількість мікроводоростей у всьому стовпі води склала 20 ± 1 вид, що менше середньої кількості видів (22 ± 2), зареєстрованої у 2003–2010 рр. [34]. У часовому розподілі кількості видів фітопланктону, які реєстрували в зразках води з різних горизонтів, спостерігались сезонні зміни, які у 2016 р. характеризувались весняним (квітень – травень) і осіннім (кінець серпня – листопад) максимумами зразках та мінімумами у липні. У 2017 році сезонні максимумами кількості видів у зразках реєстрували з кінця травня до кінця липня, а мінімумами – у серпні та листопаді.

Аналіз статистичних взаємозв'язків кількості видів фітопланктону з основними абіотичними характеристиками зразків води показав, що значимі коефіцієнти кореляції (при $P > 0,95$) в порядку зменшення спостерігались для поверхневого шару води: з прозорістю ($-0,47$), ступенем насичення кисню ($0,22$), солоністю ($-0,38$). Для придонного шару води значимі коефіцієнти кореляції були дещо меншими і спостерігались лише з прозорістю ($-0,38$) та солоністю ($-0,30$). Ці взаємозв'язки підтверджуються нашими даними щодо збільшення кількості видів фітопланктону в зразках до 27–32 при зменшенні солоності води до 9–14 PSU (14.04.2016 р., 16.04.2016, 25–26.04.2016, 30.04.2016, 01.05.2016, 10.05.2016, 13.05.2016, 15–18.05.2016, 20.05.2016, 23–26.05.2016, 30.05.2016, 03.06.2016, 10–11.06.2016, 20.06.2016, 30.05.2017, 05–20.06.2017). Тобто зафіксовано, що в терміни надходження розпріснених вод спостерігали збільшення кількості видів за рахунок прісноводної флори, а з підвищенням солоності, що є наслідком адвекції в район досліджень суто морських вод-

них мас, кількість видів в зразках зменшувалась до 10 – 24 (10.04.2016, 22.04.2016, 10.07.2016, 20.07.2016, 10–25.05.2017, 25.06.2017).

Аналіз сезонних змін сумарних чисельності і біомаси фітопланктону на станції ZPR (горизонти 0, 2 і 8 м) у 2016 – 2017 рр. показав наступне.

У першій половині 2016 р. (квітень – червень) сумарна чисельність фітопланктону у поверхневому шарі води (рис. 2) змінювалась в межах від $781 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ до $169389 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (30.06.2016 і 17.05.2016 відповідно) при середньому значенні $62765 \pm 35060 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$.

З липня 2016 р. сумарна чисельність фітопланктону різко зменшувалася і до кінця року сягала величин 228 – $11128 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (20.10.2016 і 21.09.2016) при середніх значеннях $3222 \pm 2765 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$.

Навесні – влітку 2017 р. сумарна чисельність змінювалась в інтервалі від $678 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ до $83412 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (10.05.2017 р. і 05.06.2017 р. відповідно) при середніх значеннях $27379 \pm 18098 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$, а восени – взимку 2017 р. чисельність коливалася в інтервалах 416 – $65551 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (25.09.2017 і 20.10.2017), при цьому середня величина чисельності мікроводоростей в зразках становила $6220 \pm 7437 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$.

Сумарна біомаса фітопланктону на горизонті 0 м у першій половині 2016 р. (квітень – червень) коливалась в межах $865,8 - 67939,9 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (30.06.2016 і 23.05.2016 відповідно) при середньому значенні $17551,7 \pm 10362 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, а з липня до грудня 2016 р. була в межах 86,1 – $90021,8 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (20.10.2016 і 20.11.2016) при середньому

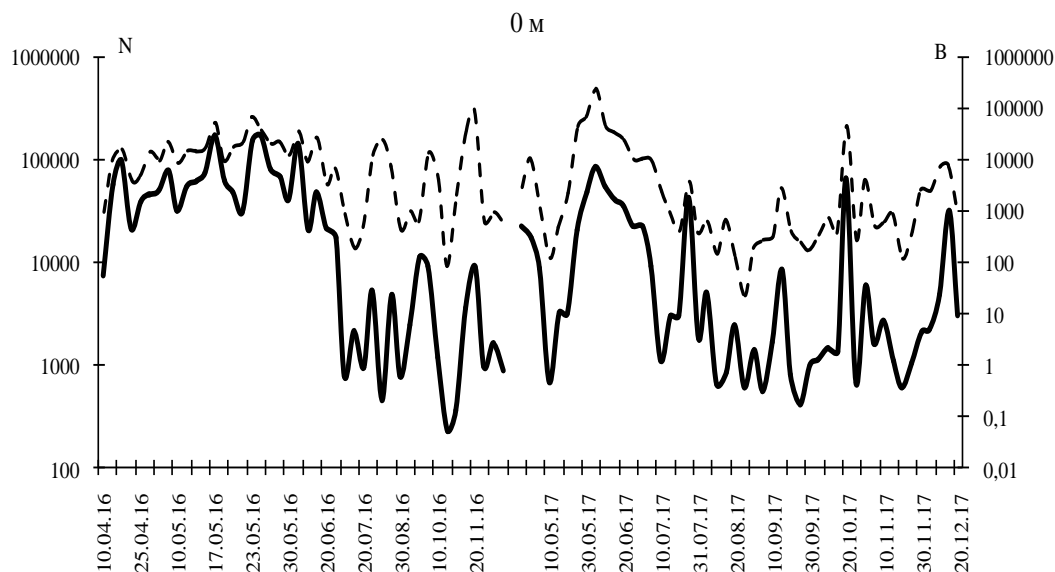


Рис. 2 – Сумарні чисельність (— N, кл. · 10³ · л⁻¹) і біомаса (--- B, мг · м⁻³) фітопланктону на станції ZPR (горизонт 0 м) в 2016–2017 рр.

значенні $11599,9 \pm 14202$ мг · м⁻³. Навесні – влітку 2017 р. зміни біомаси були в межах від $123,3$ мг · м⁻³ до $234565,9$ мг · м⁻³ (10.05.2017 і 05.06.2017 відповідно) при середньому значенні $34541,8 \pm 35810$ мг · м⁻³, а восени – взимку 2017 р. біомаса коливалася в інтервалі $22,6 - 44137,1$ мг · м⁻³ (25.08.2017 і 20.10.2017) з суттєво меншим середнім значенням $2815,9 \pm 3363$ мг · м⁻³.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що зменшення солоності поверхневих шарів води навесні кожного року до 11–13 ‰, внаслідок зростання впливу річкового стоку Дунаю, викликало збільшення сумарних величин чисельності і біомаси фітопланктону. Це підтверджується також і результатами кореляційного аналізу, який був проведений по отриманому в 2016–2017 рр. масиву планктонних і гідролого-гідрохімічних даних. Значимі коефіцієнти кореляції ($P > 0,95$) для сумарної чисельності фітопланктону були зафіксовані з солоністю ($-0,72$), прозорістю води ($-0,73$), відносною насиченістю киснем ($0,50$). Для біомаси фітопланктону значимі кореляційні зв'язки ($P > 0,95$) спостерігали лише з відносною насиченістю киснем ($r = 0,73$). Коефіцієнт взаємкореляції між сумарними чисельністю та біомасою фітопланктону складав лише $0,49$, що, за нашою думкою, потребує подальших досліджень.

Зміни сумарних чисельності і біомаси фітопланктону на горизонті 2 м у 2016–2017 рр. (рис. 3) відбувалися практично синхронно до змін цих характеристик на горизонті 0 м, про що свідчать високі коефіцієнти коре-

ляції як між рядами біомас ($0,79$), так і чисельності ($0,73$).

Впродовж 2016 р. сумарна чисельність на горизонті 2 м змінювалась від 142 кл. · 10³ · л⁻¹ до 70922 кл. · 10³ · л⁻¹ (20.10.2016 і 20.06.2016 відповідно) при середньому значенні 12446 ± 12914 кл. · 10³ · л⁻¹. У квітні – червні 2017 р. сумарна чисельність змінювалась в інтервалі від 540 кл. · 10³ · л⁻¹ до 127454 кл. · 10³ · л⁻¹ (10.05.2017 і 15.06.2017 відповідно) при середньому значенні 32331 ± 22738 кл. · 10³ · л⁻¹, а в липні – грудні 2017 р. чисельність коливалася від 276 кл. · 10³ · л⁻¹ до 54050 кл. · 10³ · л⁻¹ (30.09.2017 і 20.10.2017), при цьому середня величина становила 4555 ± 4078 кл. · 10³ · л⁻¹.

У 2016 р. сумарна біомаса фітопланктону на горизонті 2 м змінювалась в межах від $70,1$ до $129960,1$ мг · м⁻³ (20.10.2016 і 11.11.2016 відповідно) при середньому значенні $12437,7 \pm 12972$ мг · м⁻³, а у квітні – червні 2017 р. – від $130,6$ до $59696,6$ мг · м⁻³ (10.05.2017 і 30.05.2017 відповідно) при середньому значенні $25469,7 \pm 25381$ мг · м⁻³, в липні–грудні 2017 р. – від $53,9$ мг · м⁻³ до $28283,4$ мг · м⁻³ (16.08.2017 і 20.10.2017 відповідно) при середньому значенні $2124,8 \pm 2305$ мг · м⁻³.

Значимі коефіцієнти кореляції (при $P > 0,95$) сумарної чисельності фітопланктону на 2 м були зафіксовані з солоністю ($-0,72$), прозорістю води ($-0,69$), відносною насиченістю киснем ($0,55$). Для біомаси фітопланктону значимі кореляційні зв'язки ($P > 0,95$) спостерігали лише з відносною насиченістю

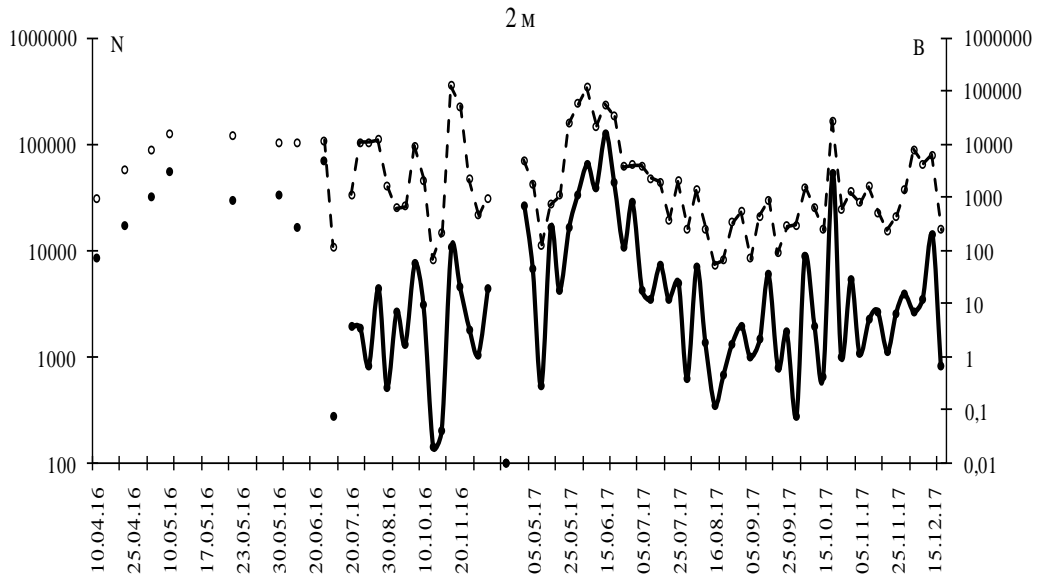


Рис. 3 – Сумарні чисельність (— N, кл. · 10³ · л⁻¹) і біомаса (- - - B, мг · м⁻³) фітопланктону на станції ZPR (горизонт 2 м) в 2016–2017 рр.

киснем (0,63). Коефіцієнт взаємкореляції між чисельністю та біомасою складав 0,50, тобто був практично таким же, як і на горизонті 0 м.

Слід відмітити, що у 46 % зразків, зібраних на глибині 2 м, сумарна чисельність фітопланктону перевищувала показники на горизонті 0 м, а в 51% – була нижчою. При цьому сумарна біомаса фітопланктону на глибині 2 м в 41 % зразків перевищувала значення для горизонту 0 м, а в 58% – була

нижчою. Це свідчить про нерівномірність вертикального розподілу основних метрик фітопланктону в поверхневому 0–2 м шарі води, що підтверджується і коефіцієнтами взаємкореляції сумарної чисельності і для сумарної біомаси на горизонтах 0 і 2 м, які склали 0,76 і 0,79 відповідно.

У придонному шарі води сумарна чисельність фітопланктону у 2016 р. (рис.4) змінювалась в межах від 8 кл. · 10³ · л⁻¹ до

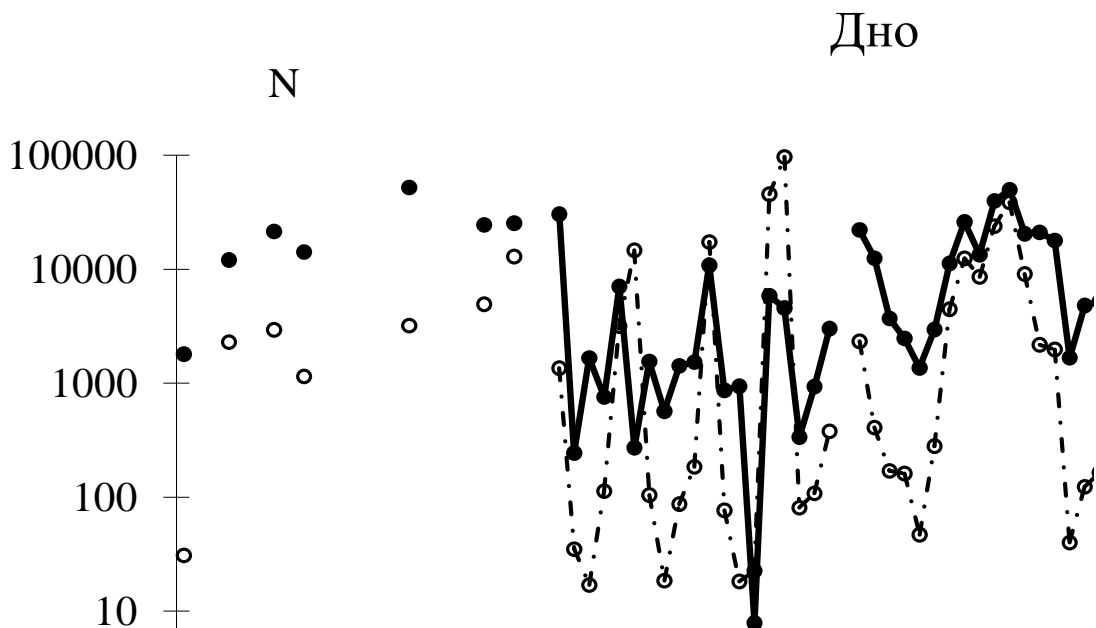


Рис. 4 – Сумарна чисельність (— N; , кл. · 10³ · л⁻¹) і сумарна біомаса (- - - B, мг · м⁻³) фітопланктону на станції ZPR (горизонт 8 м) у 2016–2017 рр.

52189 кл. \cdot 10³·л⁻¹ (01.11.2016 і 20.05.2016 відповідно), при середньому значенні 8630±9034 кл. \cdot 10³·л⁻¹, а сумарна біомаса мікроводоростей – в межах 96,3 – 97456,6 мг·м⁻³ (10.07.2016 і 20.11.2016), при середньому значенні 9991,8±12329 мг·м⁻³.

У квітні – червні 2017 р. сумарні чисельність і біомаса змінювались в межах від 1366 кл. \cdot 10³·л⁻¹ до 49768 кл. \cdot 10³·л⁻¹ (15.05.2017 і 15.06.2017) та від 217,5 мг·м⁻³ до 46686,2 мг·м⁻³ (15.05.2017 і 15.06.2017 відповідно), при середніх значеннях 17479±10673 кл. \cdot 10³·л⁻¹ та 10849,7±10264 мг·м⁻³, а в липні – грудні 2017 р. ці кількісні величини стали значно меншими і змінювались в інтервалах 307 – 9115 кл. \cdot 10³·л⁻¹ (30.09.2017 і 20.10.2017) та від 27,5 мг·м⁻³ до 11859,6 мг·м⁻³ (20.08.2017 і 10.12.2017) при середніх значеннях 2306 кл. ± 1609 кл. \cdot 10³·л⁻¹ та 1176,8±1301 мг·м⁻³ відповідно.

Проте значення чисельності (у 24 % зразків) та значення біомаси (у 31 % зразків) перевищували аналогічні величини на горішніх горизонтах, що свідчить про нерівномірність розподілу фітопланктону по глибині.

Значимі коефіцієнти кореляції (P>0.95) сумарної чисельності та біомаси фітопланктону відповідно на горизонті 8 м складали з солоністю (-0,60 та -0,29), ступенем насичення киснем (0,35 і 0,49) та прозорістю води (r=-0,75 та -0,45). Тобто суттєві зміни кількісних характеристик фітопланктону на горизонті 8 м, як і на інших глибинах, були пов'язані, головним чином, зі змінами солоності, та як вже відмічалось раніше в роботах [10,29], та впливали на прозорість води і концентрації розчиненого кисню. Коефіцієнт взаємкореляції між сумарними чисельністю та біомасою на глибині 8 м був значно меншим ніж на поверхневих горизонтах і складав лише 0,35, що потребує подальших досліджень

Показано, що впродовж 2016 – 2017 рр. у фотичному шарі прибережної екосистеми острова Зміїний реєстрували 4 сезонних максимуми розвитку мікроводоростей: навесні, влітку, восени та взимку, які відповідали термінам нормальної циклічності вегетації чорноморського фітопланктону [30]. При цьому слід відмітити, що влітку 2017 р. період максимуму був тривалішим (на 2–3 тижня), ніж у 2016 р., а рівень розвитку (по чисельності і біомасі) у жовтні та грудні 2017 р. на 1–2 порядки перевищував рівні 2016 р. Порівняння величин отриманих нами даних з отриманими у попередні роки [10, 14] дозволяє також зробити висновок про збільшення кількісних характеристик фітопланктону в прибережних водах острова Зміїний у 2016–2017 рр.

Дослідження структури видового складу фітопланктону (табл. 3) показали, що провідну роль в формуванні сумарних величин чисельності та біомаси грали діатомові, дінофітові, примнезієві водорості і ціанобактерії, інші водорості мали помітний розвиток лише в окремі сезони. Внесок діатомових, дінофітових, примнезієвих, криптофітових, евгленових, діктіонових, ебрідієвих мікроводоростей і ціанобактерій в сумарну чисельність фітопланктону (рис. 5–6) був практично однаковим по всіх горизонтах збору зразків, що свідчить про однорідність розподілу їх частки по глибині. Лише частка хоанофлагелят та золотистих водоростей в поверхневому шарі води була помітно вищою, ніж на горизонтах 2 і 8 м. Для окремих таксонів, таких як дінофітові, криптофітові, золотисті водорості і ціанобактерії, спостерігали перевищення частки на глибині 2 м відносно поверхневого та придонного шарів води.

Таблиця 3

Середня частка таксонів (%) в структурі фітопланктону у 2016–2017 рр.

Таксон	Чисельність		Біомаса	
	0 / 2 м	8 м	0 / 2 м	8 м
Діатомові водорості	65,9 / 65,9	66,0	67,2 / 65,2	67,5
Дінофітові водорості	4,1 / 4,3	4,1	24,5 / 25,8	24,1
Ціанобактерії	24,7 / 27,1	25,5	10,6 / 11,6	10,9
Примнезієві водорості	19,1 / 18,8	19,8	1,1 / 1,2	1,2
Криптофітові водорості	15,0 / 16,2	15,1	2,1 / 2,2	2,0
Хоанофлагеляти	5,8 / 2,7	2,7	0,7 / 0,2	0,2
Зелені водорості	4,0 / 2,1	1,8	0,6 / 0,6	0,7
Золотисті водорості	2,7 / 3,4	2,9	0,7 / 0,8	0,7
Евгленові водорості	0,5 / 0,4	0,4	0,9 / 0,6	0,6
Діктіохові водорості	0,4 / 0,5	0,4	0,96 / 1,2	0,96
Ебрідієві водорості	0,03 / 0,01	0,03	0,7 / 0,5	0,7

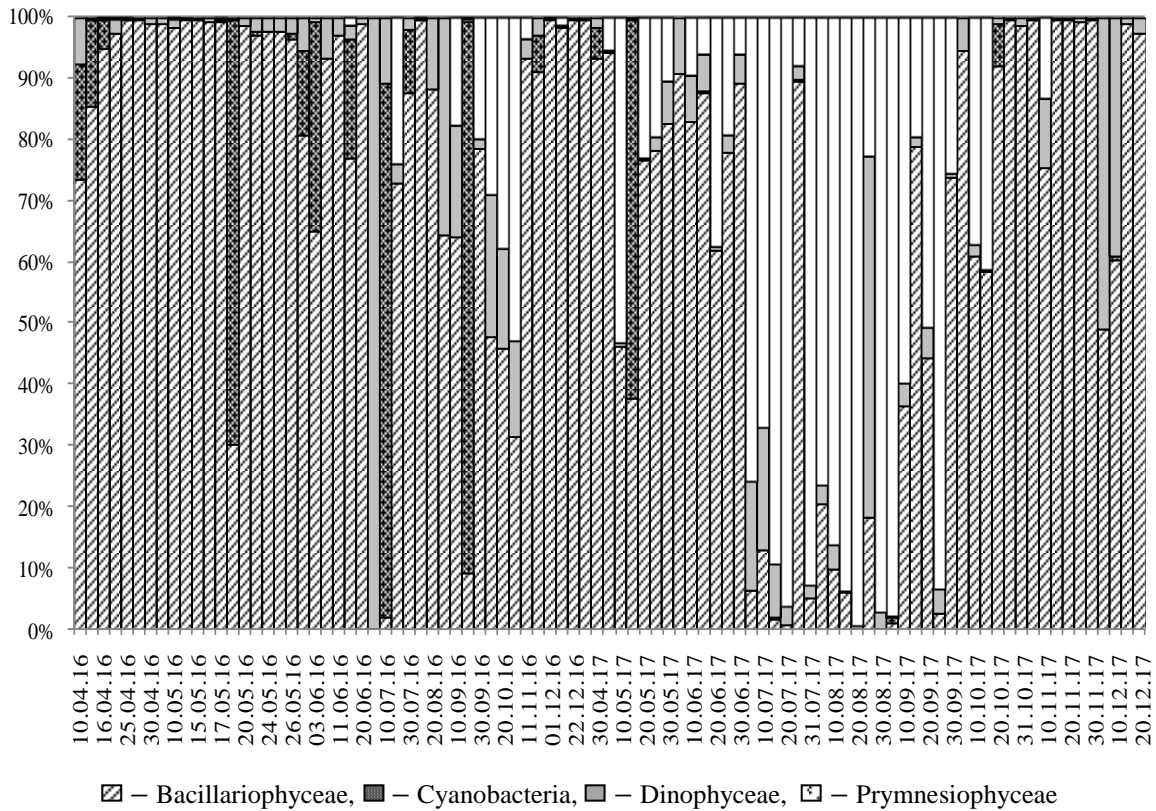


Рис. 5 – Частка головних таксонів в сумарній чисельності фітопланктону поверхневих вод станції ZPR в 2016–2017 рр.

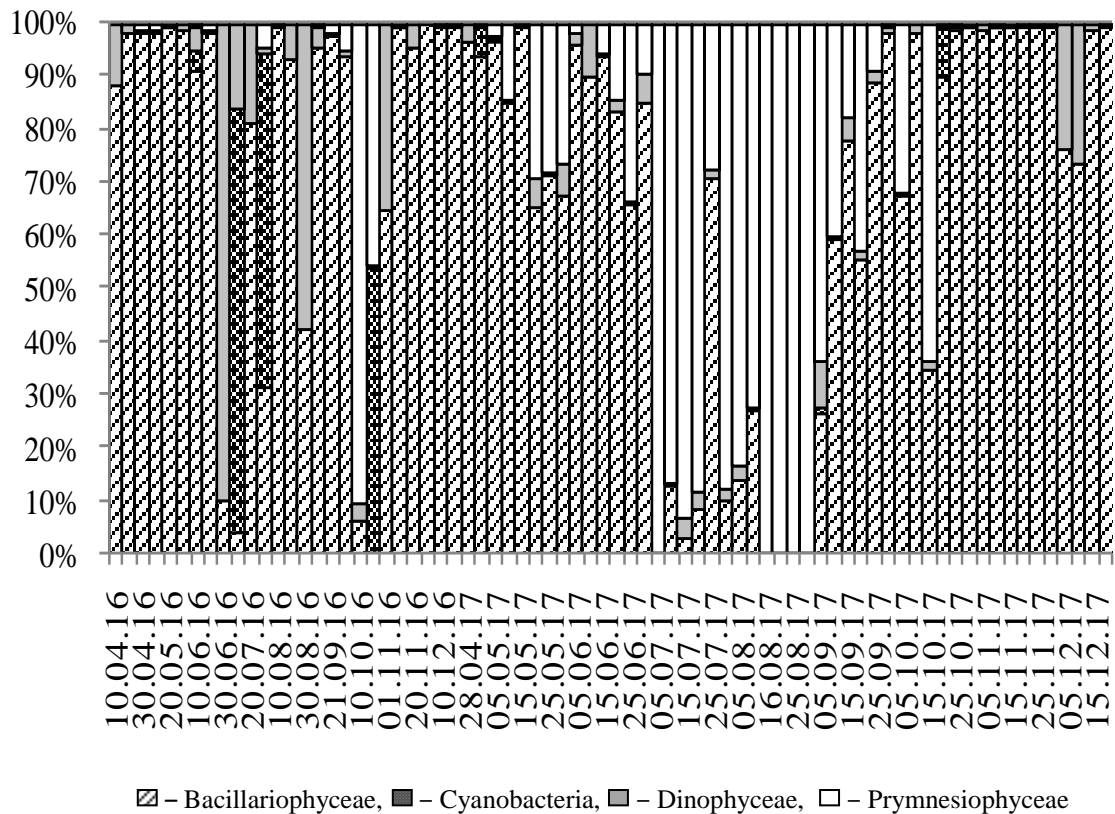


Рис. 6 – Частка головних таксонів в сумарній чисельності фітопланктону придонного шару води (глибина 8 м) на станції ZPR в 2016–2017 рр.

Чисельність діатомових водоростей на горизонті 0 м коливались від $300 \text{ кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ (30.08.2017 р.) до $171268 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (24.05.2016 р.) при середньому значенні $21824\pm 25345 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$. Майже в усі сезони року головну роль (до 99%) в формуванні структури фітопланктону грали діатомові водорості (рис.4), проте розвиток і інших таксонів був здатен значно змінювати структуру угруповань.

На горизонті 2 м чисельність діатомових водоростей змінювалась синхронно у порівнянні з горизонтом 0 м (коефіцієнт взаємкореляції 0,76), практично у тому ж інтервалі: від $300 \text{ кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ до $116533 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$, а на горизонті 8 м – коливалась в інтервалі 0,2 – $51651 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$. В 2016 р. періоди максимальної чисельності діатомових водоростей реєстрували у квітні – травні, липні, вересні та листопаді, а в 2017 р. – у квітні, травні, липні, вересні, жовтні та грудні. Навесні 2016 р. величини чисельності діатомових несуттєво перевищували значення для 2017 р. За нашою думкою це було обумовлено потраплянням в район острова Зміїний прісноводних видів з дунайськими водами, що підтверджується знахідками 18 видів прісноводних діатомових водоростей, переважно рр. *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Nitzschia*, *Synedra*. Восени та у середині грудня 2017 р. чисельність діатомових майже вдвічі перевищувала аналогічні дані 2016 р. Коефіцієнти взаємної кореляції між чисельністю діатомових водоростей на горизонті 8 м та 0 і 2 м склали 0,68 і 0,78 відповідно, що свідчить про доволі високу синхронність їх змін.

Максимуми вегетації діатомових водоростей визначали початок сезонних сукцесій (1 і 2 стадії), максимуми дінофітових водоростей свідчили о термінах проходження 3 стадії сукцесії [36–38], при цьому, доміанти у видовому складі кожної стадії змінювались відповідно до сезону (табл. 3). Періоди мінімальної чисельності діатомових водоростей супроводжувались змінами в структурі угруповань фітопланктону: замість них розвивалися дінофітові і криптофітові водорості (30.06.2016 і 30.08.2017). На горизонті 0 м інтервал змін чисельності дінофітових водоростей був від $1030 \text{ кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ (15.05.2017 р.) до $7560 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (05.06.2017 р.), та від $1320 \text{ кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ (05.09.2017) до $5093 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (15.06.2017) на горизонті 2 м. Чисельність дінофітового планктону у придонних шарах змінювалась в межах від $2650 \text{ кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ (20.08.2017) до $3938,6 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (10.06.2017).

У червні 2017 р. максимальна чисельність дінофітових вдвічі перевищувала максимум травня 2016 р., при цьому в обох випадках домінували клітини суто морського виду *Prorocentrum cordatum*. У видовому складі дінофітових впродовж 2016–2017 рр. було зареєстровано появу 13 прісноводних видів, з яких 11 видів не були вказані для прибережних вод острова у попередні роки [2, 5, 8]: *Glochidinium penardiforme* (Linden.) Bolt., *Gymnodinium cnecoides* Harris, *G. helveticum* Penard., *G. lantschii* Utermohl, *Peridiniopsis penardii* (Lemm.) Bour, *Peridinium aciculiferum* Lemm., *P. goslaviense* Wolosz., *P. lomnickii* Wolosz., *Tovellia coronata* (Wolosz.) Moest., *Woloszynskia neglecta* (Schill.) Thompson, *W. pascheri* (Suchl.) Stosch. У 2016 р. періоди максимальної чисельності дінофітових водоростей реєстрували у травні, серпні–вересні та листопаді, а в 2017 р. – у квітні, червні, серпні, вересні, жовтні та грудні (рис. 5,6).

Примнезієві морські водорості також мали помітний вплив на формування структури фітоценозу, зміни їх внеску до загальної чисельності фітопланктону наведено на рис. 5 і 6. Нечаста поява дрібних примнезієвих водоростей у зразках води (4 рази у 12 зразках) у поверхневих шарах води у квітні – травні 2016 р. та несуттєва чисельність ($150 \text{ кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ – $200 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$) була пов'язана з випадками впливу вод з малою солоністю, але восени чисельність примнезієвих збільшувалась до $1750 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (30.09.2016). Проте навесні–влітку 2017 р. в умовах зменшення солоності рівень розвитку цих мікродоростей був істотно значним, та сягав максимуму за дворічний період $13487 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (20.06.2017). На горизонті 2 м сезонні зміни примнезієвих відбувалися синхронно зі змінами на поверхні, та рівень чисельності коливався у тому ж інтервалі: від $200 \text{ кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ (10.08.2016) до $11258 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (20.06.2017). У придонних шарах води чисельність примнезієвих водоростей змінювалась в межах від $200 \text{ кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ (25.10.2017) до $6700 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (30.05.2017). Було зазначено, що в окремі періоди влітку–восени примнезієві формували основну частку сумарної чисельності фітопланктону.

Чисельність криптофітових водоростей на горизонті 0 м в 2016 р. коливалась в межах від $41 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (20.05.2016) до $4443 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (22.04.2016), а в 2017 р. була трохи нижче: 16 – $1835 \text{ кл.}\cdot 10^3\cdot\text{л}^{-1}$ (05.12.2017 і 20.08.2017 відповідно). На горизонті 2 м в 2016 р. чисельність криптофітових змінюва-

лась в інтервалі від $49 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (01.11.2016) до $5042 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (10.06.2016), проте в 2017 р. коливання величин також було меншим: $19\text{--}1109 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (25.06.2017 і 15.09.2017 відповідно). Чисельність криптофіт на горизонті 8 м в 2016 р. становила $1\text{--}5001 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (20.05.2016 і 10.06.2016), в 2017 р. – від $200 \text{ кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ до $2558 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (15.12.2017 і 31.07.2017).

Максимуми чисельності примнезієвих і криптофітових водоростей в дослідженому районі реєстрували за 3–6 тижнів після активного розвитку діатомових та дінофітових водоростей. Згідно досліджень [36–38], вегетація цих водоростей в Чорному морі свідчить про закінчення сезонної сукцесії (4 стадія), регулярні зміни максимальних величин чисельності цих водоростей протягом 2016–2017 рр. відповідали нормальному ритму розвитку фітопланктону.

Таким чином, за результатами аналізу структури фітопланктону по головних таксонах в 2016–2017 рр. реєстрували проходження 3 повних сукцесій (весняної, літньої і осінньої) та початок 4 (зимової) сукцесій фітопланктону, що співпадає с результатами інших досліджень [14, 36].

Періоди періодичної появи поблизу острова ціанобактерій і зелених водоростей співпадали, та були пов'язані з річковими водами, при цьому величини їхньої чисельності у 2016 р. значно перевищували величини 2017 р. (на 2–4 порядки). Сумарна чисельність дрібних колоніальних ціанобактерій на горизонті 0 м сягала $4\text{--}48597 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (15.07.2017 і 03.06.2016 відповідно); на 2 м вона була вдвічі меншою: від $2 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (25.08.2017) до $13891 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (15.05.2017). У придонному горизонті ціанобактерії було знайдено лише в 8 випадках з несуттєвою чисельністю $2\text{--}2098 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$. Було зазначено, що рівень розвитку ціанобактерій в 2016–2017 рр. був значно меншим, ніж у попередні роки досліджень [14, 36]. Чисельність зелених водоростей в поверхневому шарі поблизу острова коливалася в межах від $20 \text{ кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ до $2375 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (20.06.2017 і 21.09.2016 відповідно); на 2 м – від $2 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (20.05.2016) до $725 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (05.06.2017); на 8 м – від $200 \text{ кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ (10.05.2016) до $3357 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (30.07.2016). Таксон зелених водоростей найчастіше був представлений *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.–Legn., *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew., або незначною кількістю видів роду *Scenedesmus*.

Частка видів інших 5 таксонів не була помітною в формуванні сумарної чисельності фітопланктону, їхня поява в зразках води була спорадичною, чітко виражених сезонних змін не спостерігали. Прісноводні евгленові водорості розвивалися у прибережній смузі одночасно з ціанобактеріями і зеленими водоростями, при цьому чисельність на 0 м коливалася від $100 \text{ кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ до $1391 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (20.08.2017 і 16.04.2016 відповідно); на 2 м чисельність була значно меншою – від $200 \text{ кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ до $216 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (15–20.05.2017, 31.07.2017, 16–25.08.2017 і 22.12.2016 відповідно); а на 8 м – від $100 \text{ кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ до $77 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (21.09.2016 і 22.12.2016). Золотисті водорості спостерігали переважно у квітні – травні (2016 р. і 2017 р.), а також у листопаді – грудні (2017 р.), коли їх чисельність у поверхневому шарі води коливалася від $2 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ до $978 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (28.04.2017 і 10.04.2016 відповідно); на 2 м – від 12-до $1894 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (10.09.2016 і 10.04.2016); а на 8 м інтервал від 2 до $489 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (30.06.2017 і 10.04.2016).

Діктіохові і ебрідеві морські види були віднесені нами до 4 стадії сезонної сукцесії тому, що терміни їх розвитку співпадали з вегетацією примнезієвих і криптофітових водоростей [36]. Чисельність діктіохових водоростей у стовпі води коливалася на рівні біля $100 \text{ кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ (20.10.2016, 01–10.11.2016, 10.11.2017–15.12.2017), та сягала максимуму на 2 м $31 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (30.08.2016). Чисельність ебрідеєвих також була незначною та змінювалася на усіх досліджених горизонтах в межах від $100 \text{ кл.} \cdot \text{л}^{-1}$ до максимуму $80 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (0 м, 16.05.2016). Холодолюбні морські хоанофлагеляти реєстрували у квітні і грудні, переважно на поверхні при щільності $24 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (0 м, 22.12.2016), або $602 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (10.04.2016). На горизонті 2 м хоанофлагеляти фіксували на тому ж рівні в 2016 р., та в меншій чисельності в 2017 р.: $106 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (05.05.2017) і $173 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (15.11.2017).

Кореляційний аналіз взаємозв'язків чисельності діатомових водоростей і фізико-хімічних характеристик у поверхневому/придонному шарі води показав значимі зв'язки з прозорістю води ($-0,71\text{--}0,74$), солоністю ($-0,70\text{--}0,57$), ступенем насичення киснем ($0,47\text{--}0,38$), концентрацією кисню ($0,29\text{--}$), водневим показником ($0,25\text{--}$), а також з загальною кількістю видів фітопланктону у зразках ($0,39\text{--}0,49$), загальними чисельністю і біомасою фітопланктону

(0,98/0,99 і 0,039/0,35), біомасою діатомових (0,47/0,34), чисельністю і біомасою дінофітових (0,56/0,51 і 0,33/0,52), біомасою ціанобактерій (0,44/-), чисельністю і біомасою евгленових (0,60/- і 0,62/-), біомасою Chrysophyceae (0,61/-), чисельністю і біомасою криптофітових (0,27/- і 0,28/-). Значимі кореляційні зв'язки спостерігались також між: прозорістю та чисельністю дінофітових (-0,53/-0,44), примнезієвих (-0,39/-0,37), криптофітових (-0,30/-); солоністю та чисельністю дінофітових (-0,51/-0,48), примнезієвих (-0,30/-0,31) евгленових (-0,69/-), криптофітових (-0,31/-); ступенем насичення киснем та чисельністю дінофітових водоростей (0,71/0,45), ступенем насичення киснем і чисельністю зелених водоростей на 2 м (0,52), евгленових водоростей на 2 м (0,80); між водневим показником та чисельністю дінофітових водоростей (0,50/0,26), примнезієвих - (0,36/0,32), золотистих на горизонті 2 м (-0,76). Причини виявлених взаємозв'язків будуть нами досліджуватись в подальшому.

Аналіз внеску різних таксонів в сумарну біомасу фітопланктону показав, що головну роль відігравали діатомові і дінофітові водорості (табл. 3, рис. 7, 8).

На горизонті 0 м біомаса діатомових змінювалась в межах від 0,3 мг·м⁻³ до 227320,8 мг·м⁻³ (25.08.2017 і 05.06.2017 відповідно), на 2 м - від 0,5 до 129667,0 мг·м⁻³ (16.08.2017 і 11.11.2016), а на 8 м - від 0,3 мг·м⁻³ до 97102,7 мг·м⁻³ (05.07.2017 і 20.11.2016).

Тривалість весняного максимуму діатомових водоростей в 2016 р. (квітень - червень) була значно більшою у порівнянні з даними, отриманими у попередні роки [10-14].

У 2017 р. весняний максимум діатомового фітопланктону був коротше (лише квітень), влітку спостерігали 2 максимуми (липень и серпень), восени максимуми біомаси діатомових мікроводоростей фіксували у вересні, жовтні та грудні.

Біомаса дінофітових мікроводоростей в поверхневому шарі води змінювалась в межах від 5,2 мг·м⁻³ до 9133,2 мг·м⁻³ (25.08.2017 і 05.07.2017 відповідно), на 2 м - від 8,3 мг·м⁻³ до 12726,6 мг·м⁻³ (01.12.2016 і 15.06.2017), і на горизонті 8 м від 2,6 до 2679,5 мг·м⁻³ (20.08.2017 і 10.06.2017).

Циклічність розвитку дінофітових мікроводоростей визначалась проходженням 4 сезонних сукцесій, а максимумами їх біомаси реєструвались на 2-3 тижня після мак-

симумів діатомових водоростей. Середні величини біомаси як діатомових, так і дінофітових мікроводоростей у 2016 р. і 2017 р. були майже однаковими.

Примнезієві і криптофітові мікроводорості формували невелику частку біомаси і змінювались відповідно в межах: від 0,2 до 882,3 мг·м⁻³ (10.08.2016 і 20.06.2017) і 0,5 - 446,1 мг·м⁻³ (20.10.2016 і 14.04.2016) на горизонті 0 м, від 0,5 до 621,7 мг·м⁻³ (10.08.2016 і 30.05.2017) і 0,6 - 113,7 мг·м⁻³ (01.11.2016 і 10.06.2016) на горизонті 2 м, та від 0,3 до 458,3 мг·м⁻³ (25.10.2017 і 25.06.2017) та від 0,03 мг·м⁻³ (15.12.2017) до 74,7 мг·м⁻³ (22.04.2016) к придонному шарі води.

Біомаса дрібних ціанобактерій була незначною і змінювалась від 0,01 мг·м⁻³ (15.06.2017) до 176,3 мг·м⁻³ (03.06.2016) на горизонті 0 м, та від 0,2 мг·м⁻³ (20.06.2016) до 139,1 мг·м⁻³ (20.10.2017) - на горизонті 2 м, на 8 м (рис. 7) - від 0,2 мг·м⁻³ до 25,7 мг·м⁻³ (05.05.2017 і 20.10.2017 відповідно). Рівень розвитку ціанобактерій у 2016 р. вдвічі перевищував рівень 2017 р.: середня величина біомаси в 2016 р. становила 35±31 мг·м⁻³, а в 2017 р. 14±15 мг·м⁻³.

Зелені мікроводорості створювали дуже незначну біомасу як на поверхні (0,01 - 66,0 мг·м⁻³), так і на горизонтах 2 м (0,5-31,3 мг·м⁻³) і 8 м (0,04-66,0 мг·м⁻³). Проте їх середні значення біомаси в 2017 р. (14,9 мг·м⁻³) вдвічі перевищували величини 2016 р. (6,9 мг·м⁻³).

Біомаса золотистих, діктіохових і ебрідеїв мікроводоростей змінювалась в межах: 0,02-17,2 мг·м⁻³, 0,7-21,2 мг·м⁻³ і 1,2-824,1 мг·м⁻³ відповідно. При цьому слід відмітити, що у 2016 р. середні величини біомаси ебрідей, золотистих і діктіохових водоростей були більшими, ніж в 2017 р.

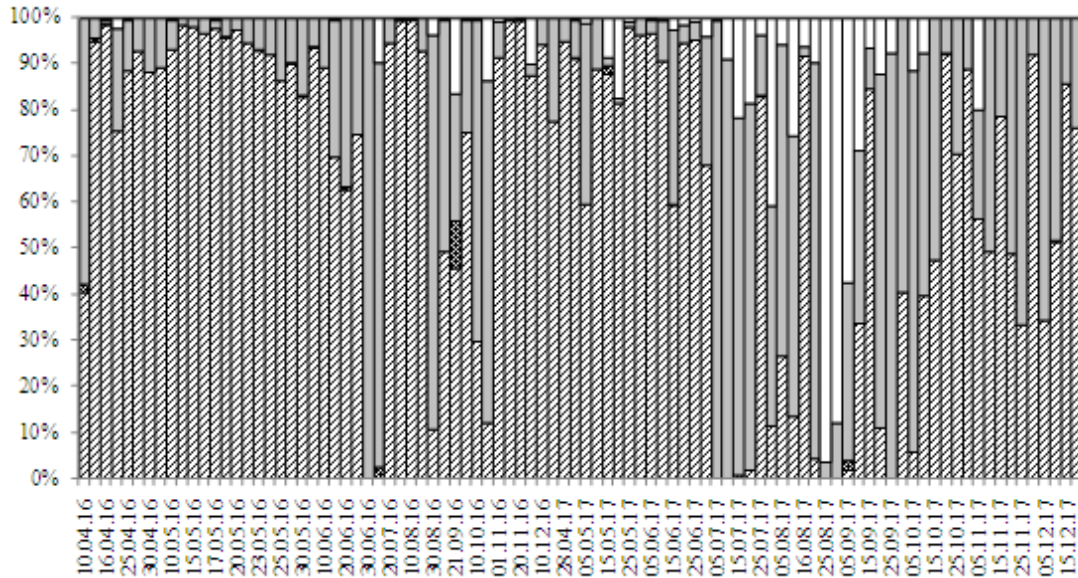
Дрібні хоанофлагелати були знайдені лише в 3 зразках води, при цьому їхня біомаса реєструвалась в межах від 0,4 - 10,6 мг·м⁻³.

Біомаса евгленових змінювалась в межах 0,1 - 783,9 мг·м⁻³ на горизонті 0 м, та 0,1 - 64,9 мг·м⁻³ на 2 м, та 0,1-41,9 мг·м⁻³ на 8 м, при цьому дані 2016 р. значно перевищували дані 2017 р. Дрібні хоанофлагелати були знайдені лише в 3 зразках води, їхня біомаса становила лише 0,4 - 10,6 мг·м⁻³.

Кореляційний аналіз взаємозв'язків біомаси Bacillariophyceae і фізико-хімічних характеристик поверхневого/придонного шарі води показав значимі зв'язки з прозорістю води (-0,43/-0,30), солоністю

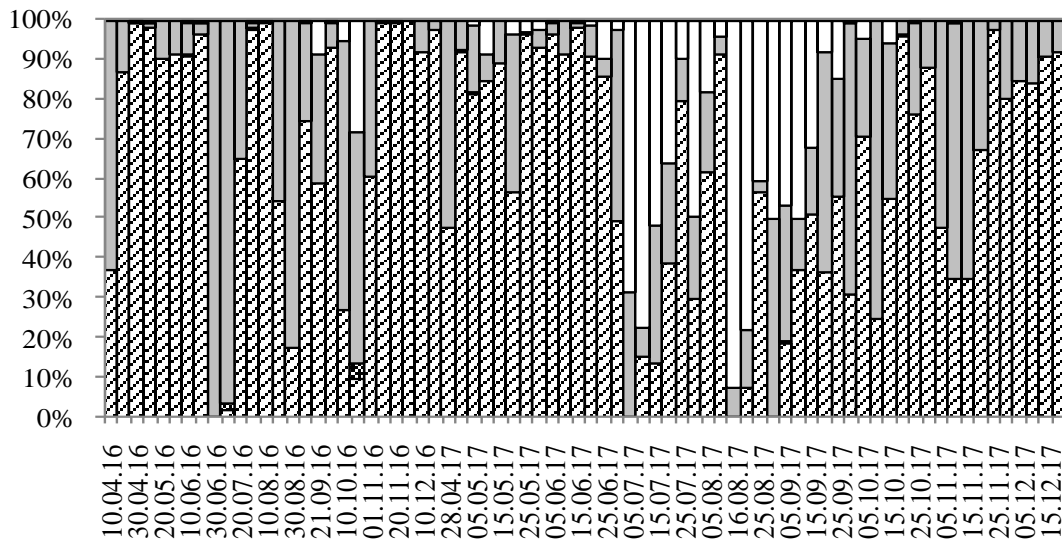
(-0,42/-0,27), ступенем насичення киснем

(0,71/0,49), концентрацією кисню (0,37/0,31),



■ – Bacillariophyceae, ■ – Cyanobacteria, ■ – Dinophyceae, □ – Prymnesiophyceae

Рис. 7 – Частка головних таксонів в сумарній біомасі фітопланктону на станції ZPR на горизонті 0 м в 2016–2017 рр.



■ – Bacillariophyceae, ■ – Cyanobacteria, ■ – Dinophyceae, □ – Prymnesiophyceae

Рис. 8 – Частка головних таксонів в сумарній біомасі фітопланктону на станції ZPR на горизонті 8 м в 2016–2017 рр.

водневим показником (0,34/-), а також з кількістю видів у зразках (0,39/0,49), загальними чисельністю і біомасою фітопланктону (0,47/0,33 і 0,99/0,99), чисельністю діатомових (0,47/0,34), чисельністю і біомасою дінофітових (0,77/0,29 і 0,40/0,26), біомасою ціанобактерій (0,44/-), чисельністю і біомасою Harptophyta (0,39/- і 0,43/-), біомасою Chrysophyceae (0,67/-), чисельністю і біомасою криптофітових (-/0,35 і -/0,29.)

Статистичні взаємозв'язки біомаси інших таксонів фітопланктону і фізико-хімічних характеристик у поверхнево-му/придонному шарі води характеризувались значимими коефіцієнтами кореляції (при $P > 0,95$) для дінофітових водоростей – з прозорістю води (-0,44/-0,47), солоністю (-0,50/-0,53), ступенем насичення киснем (0,50/0,38) та водневим показником на 0 м (0,45); для примнезієвих водоростей – з прозорістю води (-0,34/-0,37), солоністю

(-0,30/-0,31), водневим показником (0,31/0,32); криптофітових водоростей – з прозорістю води (-0,32/-), солоністю – лише в зразках з горизонту 0 м (-0,44); зелених водоростей – з температурою води (-0,39/-0,47), концентрацією кисню на 0 м (0,43); евгленових водоростей – з солоністю на 0 м (-0,58), з температурою води на 2 м (-0,76), концентрацією кисню на 2 м (0,82); ебрідєєвих водоростей – з прозорістю води на 2 м (-0,27); золотистих водоростей – лише на горизонті 0 м – з температурою води (0,51) та солоністю (-0,44); ціанобактерій з солоністю на 0 м (-0,48).

За даними аналізу сезонних змін кількісних характеристик фітопланктону, які підкріплені результатами кореляційного аналізу можна зробити висновок про те, що розвиток впродовж 2016–2017 рр. з повних сезонних сукцесії (навесні, влітку та восени) та початок зимової сукцесії в грудні 2017 р. у прибережних водах острова Зміїний були обумовлені циклічністю змін абіотичних характеристик морського середовища [36, 38]. Найбільш важливим абіотичним фактором, який впливав на розвиток фітоценозу як в цілому, та і його окремих складових, в прибережних водах острова визначено солоність морських вод.

Аналіз видів фітопланктону, які реєструвались в зразках показав, що найчастіше були присутні 42 види (табл. 4), хоча не для всіх цих видів їх відносна частка в популяціях була основною. Більшість зазначених видів належали таксонам діатомових і дінофітових, які створювали сезонні угруповання, що відповідали сукцесійним змінам фітопланктону [36–38]. Слід відмітити значний збіг перелічених водоростей (табл. 4) зі списком видів, що були зареєстровані в прибережних водах Одеської затоки у той же період [23], але у прибережних водах острова Зміїний група прісноводних водоростей, зокрема зелених, не мала такого суттєвого розвитку, як в Одеській затоці. Внаслідок різниці кліматичних умов терміни вегетації однакових таксонів фітопланктону в обох районах не співпадали: найпоширеніші види біля о. Зміїний починали розвиток на 2 – 4 тижня раніше, ніж в Одеській затоці.

Результати аналізу видового різноманіття (α -біорізноманіття) фітопланктону в досліджений період оцінювали за індексом Шенону (H), який був розрахований за кількістю видів та їх чисельності (рис. 9).

У поверхневому шарі води індекс H змінювався від 0,1 біт·кл.⁻¹ до 3,2 біт·кл.⁻¹

(25.08.2017, 25.11.2017 і 10.10.2016 відповідно), на горизонті 2 м – від 0,4 біт·кл.⁻¹ до 3,1 біт·кл.⁻¹ (20.10.2016, 30.04.2017 і 30.08.2016), і на горизонті 8 м – від 0,02 біт·кл.⁻¹ до 3,2 біт·кл.⁻¹ (25.11.2017 і 01.11.2016).

Коефіцієнти взаємкореляції склали між H для горизонтів 0 м та 2 м (0,56), 0 і 8 м (0,62), 2 і 8 м (0,60), що, за нашою думку свідчить про суттєву неоднорідність біорізноманіття фітопланктону в різних шарах води. Треба відмітити, що в 35 зразках води (49 % від загального числа зразків), що були зібрані на 2 м, та в 28 зразках води на 8 м (38 %) індекс H був більше, ніж на 0 м.

Максимальні величини індексу H (близько 3,0 біт·кл.⁻¹) спостерігали в період сумісного рівноважного розвитку діатомових, дінофітових, криптофітових та інших водоростей (10.04.2016, 10.09.2016, 30.09.2016, 10.10.2016, 20.05.2017, 30.05.2017). Мінімальні величини індексу (менше 0,5 біт·кл.⁻¹) були зареєстровані в моменти переважного розвитку лише 1 виду, наприклад *Skeletonema costatum* (28.04.2017), *Emiliania huxleyi* (20.07.2017), *Leptocylindrus minimus* Gran. (25.11.2017) та ін. Впродовж 2016–2017 рр. середня величина індексу на 0 м становила $2 \pm 0,5$ біт·кл.⁻¹, на 2 м – $1,8 \pm 0,6$ біт·кл.⁻¹, а на 8 м – $1,7 \pm 0,6$ біт·кл.⁻¹. Але середні значення індексу H в 2016 р. трохи перевищували значення 2017 р.: на поверхні – 2,0 біт·кл.⁻¹ проти 1,7 біт·кл.⁻¹, на горизонті 2 м – 2,0 біт·кл.⁻¹ проти 1,7 біт·кл.⁻¹, на горизонті 8 м – 1,9 біт·кл.⁻¹ проти 1,7 біт·кл.⁻¹). Треба відмітити, що величини індексу H у 2016 – 2017 рр. не перевищували значень, які були розраховані для угруповань фітопланктону у попередні роки досліджень [13,14].

Аналіз статистичних взаємозв'язків індексу H з іншими дослідженими характеристиками показав, що значимі (при $P > 0,95$) коефіцієнти кореляції спостерігали: на горизонті 0 м – з кількістю видів (0,48), зі ступенем насичення киснем (0,31), солоністю (-0,24), загальною біомасою (0,26), біомасою діатомових (0,24), чисельністю і біомасою дінофітових (0,26 і 0,27); для горизонту 2 м – з прозорістю (-0,25), ступенем насичення киснем (0,27), солоністю (-0,25), загальними чисельністю (0,24) і біомасою (0,33), кількістю видів (0,47), чисельністю і біомасою діатомових (0,24 і 0,32) та дінофітових (0,33 і 0,24); для горизонту 8 м – лише кількістю видів (0,48), з загальною біомасою

(0,28) та біомасою діатомових (0,25). Звертає на себе факт відсутності значимих стати-

стичних взаємозв'язків індексу Н з температурою, що свідчить про те, що температурний

Таблиця 4

Перелік видів фітопланктону, що найчастіше реєструвались в зразках води на станції ZPR в 2016–2017 рр.

№№	Вид	Місяці найбільшої чисельності і біомаси
Bacillariophyceae		
1	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hende	4–6
2	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cl.	4–6
3	<i>Chaetoceros socialis</i> Laud.	4–6
4	<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemm.	4–5
5	<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightw.	4–6
6	<i>Cyclotella caspia</i> Grun.	4–9
7	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reim.	4–5, 7–10
8	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Berg.) Hasle	5–6
9	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cl.) Heid.	4–11
12	<i>Pseudosolenia calcar avis</i> (Schul.) Sunst.	5–8
13	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cl.) Perag.	5, 10, 11
14	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cl.	3–5, 10–12
15	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	4–10
16	<i>Thalassiosira parva</i> Pr.–Lavr.	4–10
Dinophyceae		
17	<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujard.	9–12
18	<i>Ceratium tripos</i> (O.F.Muller) Nitzsch.	5, 7, 10
19	<i>Dinophysis acuminata</i> Clap.et Lach.	4–6
20	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh.	5–6
21	<i>Gonyaulax cochlea</i> Meunier	6
22	<i>Gymnodinium lantzschii</i> Utermohl	6
23	<i>Gymnodinium wulffii</i> Sch.	4–9
24	<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kof.et Sw.	6, 9
25	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehr.) Stein	4–6, 12
26	<i>Lessardia elongata</i> Saldar. et F.J.R.Taylor	5–7, 9
27	<i>Lyngulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge	5–7, 10
28	<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemm.	9, 10
29	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abe	6, 10–11
30	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Osten.) Dodge	5–7, 10–12
31	<i>Prorocentrum micans</i> Ehren.	5–7, 9–11
32	<i>Prorocentrum scutellum</i> Schr.	6–10
33	<i>Protoperidinium pellucidum</i> (Bergh) Schutt	4–10
34	<i>Protoperidinium subinermis</i> (Pauls.) Loeb.	6
35	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (St.) Loeb.III	5–7
36	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez	4–6, 10, 11
Cyanobacteria		
37	<i>Limnothrix planktonica</i> (Wolosz.) Meffert	4–6, 9–11
Prymnesiophyceae		
38	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler	4, 6–10
39	<i>Syracolithus schilleri</i> (Kamp.) Norris	8–9
Cryptophyceae		
40	<i>Leucocryptos marina</i> (Braar.) Butcher	4–11
41	<i>Rhodomonas minuta</i> Skuja	4, 5
Ebriophyceae		
42	<i>Ebria tripartita</i> (Schum.) Lemm.	5, 10

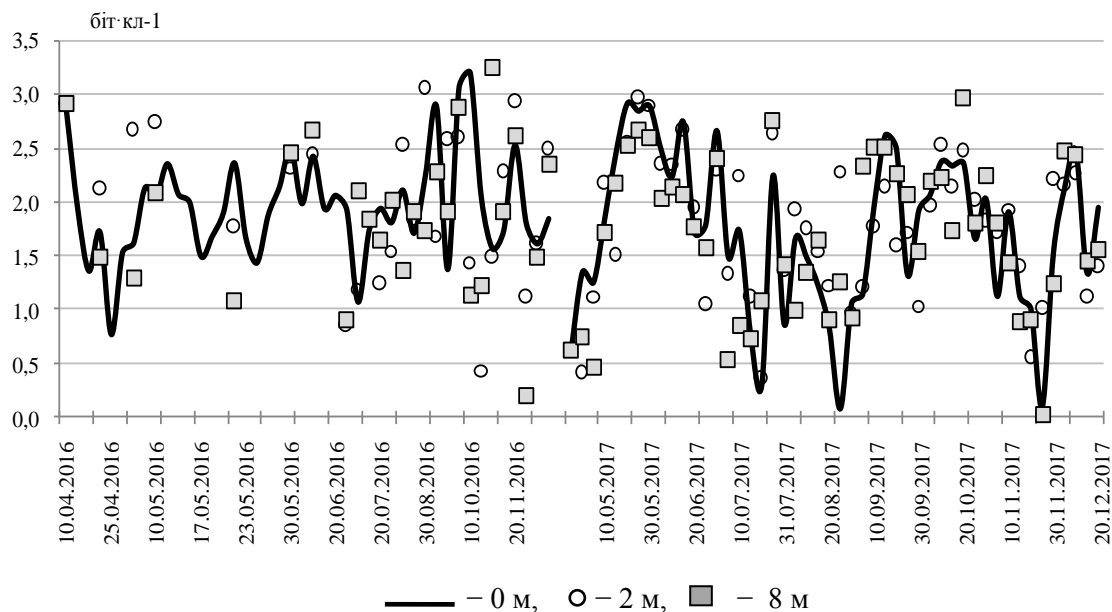


Рис. 9 – Сезонні зміни індексу Шенону (H) на різних горизонтах відбору зразків води на станції ZPR в 2016–2017 рр.

Таблиця 5

Перелік НАВ і РТ видів фітопланктону, для яких спостерігались випадки цвітіння у 2016–2017 рр. у прибережних водах острова Зміїний

№	Таксон, вид	Діагноз	Максимальна чисельність, кл.·10 ³ ·л ⁻¹	Максимальна біомаса, мг·м ⁻³
Bacillariophyceae				
1	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	HAB	14594,6	714,8
2	<i>Chaetoceros affinis</i> Laud.	HAB	2432,4	2865,6
3	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cl.	HAB	4130,7	8409,2
4	<i>Cyclotella caspia</i> Grun.	HAB	10934,2	3130,3
5	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reim.	HAB	2970,0	94,5
6	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Berg.) Hasle	HAB	26106,5	207911,0
7	<i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sunst.	HAB	1167,2	5704,2
8	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cl.) Heid.	РТ	34898,7	4239,0
9	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Gr. et Cl.) Hasle	РТ	2146,7	647,4
10	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cl.) Perag.	РТ	8141,1	6445,2
11	<i>Pseudosolenia calcar avis</i> (Schul.) Sunst.	HAB	216,7	24940,5
12	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cl.	HAB	78383,5	9570,6
13	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	HAB	2117,7	169,2
14	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	РТ	1583,9	1313,7
Chlorophyceae				
15	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	HAB	2375,2	27,3
Cyanobacteria				
16	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs	РТ	1735,6	21,4
17	<i>Limnithrix planktonica</i> (Wolosz.) Meffert	HAB	46861,0	165,4
18	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz.	TX	42077,9	2,9
19	<i>Woronichinia naegeliana</i> (Ung.) Elenk.	HAB	1600	6,7
Dinophyceae				
20	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Osten.) Dodge	HAB	7279,2	4630,8
Prymnesiophyceae				
21	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler	HAB	13486,8	882,3

Примітка: Періоди розвитку видів мікрободоростей наведені в табл. 1.

режим морських вод в районі острова Зміїний не впливає на різноманіття фітопланктону.

Окрему особливу увагу при дослідженні видового складу і структури фітоценозу приділяли потенційно токсичним видам (РТ, ТХ) і видам, що здатні сягати рівня цвітіння (НАВ), які небезпечні для існування зоопланктону, риб і ссавців [29–31]. В зразках води, зібраних в 2016–2017 рр. в прибережній смузі острова, було зареєстровано появу 54 видів цієї групи: діатомових водоростей – 12 НАВ і 4 РТ види; дінофітових водоростей – 7 НАВ і 17 РТ і 1 ТХ вид; ціанобактерій 2 НАВ і 3 РТ і 1 ТХ вид; зелених водоростей – 1 РТ вид; золотистих водоростей – 1 РТ вид; діктіохових водоростей – 1 РТ вид; ебрідієвих водоростей – 2 НАВ види; евгленових водоростей – 1 НАВ вид; примнезієвих водоростей – 1 НАВ вид.

За нашими даними (табл. 5), лише 21 вид фітопланктону з цієї групи досягав загрозового рівня цвітіння. На протязі 2016–2017 рр. було зафіксовано цвітіння 4 потенційно токсичних видів діатомових водоростей, 1 токсичного та 1 потенційно токсичного виду

у ціанобактерій, які продукують у воду отруйні речовини, а також деякі інші види мікроводоростей, що в періоди цвітіння формували дуже великі значення або чисельності, або біомаси. Слід зазначити, що помітне збільшення частки НАВ і РТ видів в 2016–2017 рр., у порівнянні з результатами досліджень у 2003–2010 рр. [10, 39], свідчить про зростання їх загрози для розвитку біоти в останні роки.

Враховуючі той факт, що цвітіння мікроводоростей навесні та восени у прибережних водах острова викликають різке погіршення якості водного середовища, у відповідності до рекомендацій Водної рамкової директиви [20] та оціночних критеріїв, що впроваджені в Україні, Румунії та Болгарії [28], нами було проведено оцінку якості водного середовища у 92 зразках фітопланктону з поверхневих горизонтів та 74 зразках води з придонного горизонту по 3 метриках фітопланктону (сумарна чисельність, сумарна біомаса та індекс Шелдону (Sh), який модифікований з індексу Шенону (H), результати якої зведено в таблицю 6.

Таблиця 6
Оцінка якості морської води за метриками фітопланктону у 2016–2017 рр.

<i>Якість морського середовища</i>	<i>Висока (High)</i>	<i>Добра (Good)</i>	<i>Середня (Moderate)</i>	<i>Низька (Poor)</i>	<i>Погана (Bad)</i>
За біомасою, мг·м⁻³	≤700	701–950	951–2500	2501–5000	≥5000
Кількість зразків на 0 м, п (%)	29 (31)	7 (8)	6 (7)	9 (10)	41 (44)
Кількість зразків на 8 м, п (%)	42 (57)	2 (3)	5 (7)	8 (11)	17 (23)
Місяць / рік	7–10, 12/2016; 5, 7–11/2017	4–6, 12/2016; 7, 10–12/2017	9, 11/2016; 5, 7, 12/2017	4, 6, 10/2016; 4, 7, 9–11/2017	4–9, 11/2016; 4–7, 10, 12/2017
За чисельністю, кл.·10³·л⁻¹	≤500	501–800	801–1500	1501–3000	≥3000
Кількість зразків на 0 м, п (%)	4 (4)	8 (9)	14 (15)	10 (11)	56 (61)
Кількість зразків на 8 м, п (%)	9 (12)	7 (9)	10 (13)	15 (20)	33 (44)
Місяць / рік	8, 10, 11/2016; 9/2017	6, 8/2016; 5, 8–11/2017	7, 10, 12/2016; 7–11/2017	7, 9, 12/2016; 7–9, 11–12/2017	4–9, 11/2016; 4–10, 12/2017
За індексом Sh	0,8–1,2	0,5–0,8	0,3–0,4	0,2	0,1
Кількість зразків на 0 м, п (%)	5 (5)	17 (18)	39 (42)	22 (24)	9 (10)
Кількість зразків на 8 м, п (%)	2 (3)	22 (30)	26 (35)	16 (22)	8 (11)
Місяць / рік	3, 10/2016; 5/2017	7–9, 11/2016; 5–6, 9–10, 12/2017	4–8, 10–12/2016; 6–12/2017	4–6, 9, 11–12/2016; 4–5, 7–9,	4/2016; 4, 7, 8, 11–12/2017

Якість морського середовища	Висока (High)	Добра (Good)	Середня (Moderate)	Низька (Poor)	Погана (Bad)
				11/2017	

Аналіз отриманих нами даних показав наступне:

– «Низька» або «погана» якість води за біомасою мікродоростей ($\geq 5000 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), яку спостерігали переважно в періоди сезонних цвітінь, була зареєстрована у 54 % зразків на поверхні та лише у 34 % зразків в придонному шарі. Оцінки «висока», «добра», або «середня» реєструвалась у 46 % і 66 % зразків відповідно.

– «Низька» або «погана» якість води за чисельністю мікродоростей ($\geq 3000 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$), яку також спостерігали в періоди сезонних цвітінь, була у 72 % зразків у поверхневому шарі води та у 64 % зразків в

придонному горизонті. «Низька» або «погана» якість води за індексом Шелдону ($\leq 0,2$) була лише у 34 % зразків на поверхні та у 33 % зразків в придонних шарах. «Висока», «добра», або «середня» оцінки були притаманні 66 % і 67 % зразкам відповідно.

Таким чином можна зробити висновок про те, що якість води в поверхневих шарах води в районі острова Зміїний, яка оцінена нами за основними метриками фітопланктону, була значно гіршою, ніж для придонних шарів води, що, за нашою думкою, обумовлено впливом річкового стоку Дунаю, який спостерігається, насамперед, в поверхневих шарах води.

Висновки

З квітня 2016 р. по грудень 2017 р. в прибережних водах о. Зміїний було зареєстровано 238 видів фітопланктону з 11 класів: діатомові – Bacillariophyceae (80 видів), дінофітові – Dinophyceae (82 види), зелені – Chlorophyceae (25 види), ціанобактерії – Cyanobacteria (11 видів), примнезієві – Prymnesiophyceae (17 видів), еугленові – Euglenoidea (6 видів), золотисті – Chrysophyceae (4 види), криптофітові – Cryptophyceae (6 видів), діктіохові – Dictyochophyceae (3 види), хоанофлагеляти – Choanoflagellata (2 види), ебрідієві – Ebriophyceae (2 види). Вперше було зареєстровано появу 11 прісноводних дінофітових видів: *Glochidinium penardiforme* (Linden.) Bolt., *Gymnodinium necoides* Harris, *G. helveticum* Penard., *G. lantzschii* Utermohl, *Peridiniopsis penardii* (Lemm.) Bour, *Peridinium aciculiferum* Lemm., *P. goslaviense* Wolosz., *P. lomnickii* Wolosz., *Tovellia coronata* (Wolosz.) Moest., *Woloszynskia neglecta* (Schill.) Thompson, *W. pascheri* (Suchl.) Stosch.

Зменшення солоності поверхневих шарів води навесні кожного року до 11–13 ‰, внаслідок зростання впливу річкового стоку Дунаю, викликало збільшення сумарних величин чисельності і біомаси фітопланктону. Це підтверджено результатами кореляційного аналізу, який був проведений по отриманому в 2016–2017 рр. маси-

ву планктонних і гідролого-гідрохімічних даних. Високі значимі коефіцієнти кореляції для сумарної чисельності фітопланктону були зафіксовані з солоністю, прозорістю води, відносною насиченістю киснем. Для біомаси фітопланктону значимі тісні кореляційні зв'язки спостерігали лише з відносною насиченістю киснем.

Показано, що впродовж 2016–2017 рр. у прибережних водах острова Зміїний зареєстровано 4 сезонних максимуми розвитку мікродоростей: навесні, влітку, восени та взимку, які відповідали термінам нормальної циклічності вегетації чорноморського фітопланктону. При цьому відмічено, що влітку 2017 р. період максимуму був тривалішим (на 2–3 тижня), ніж у 2016 р., а рівень розвитку (по чисельності і біомасі) у жовтні та грудні 2017 р. на 1–2 порядки перевищував рівні 2016 р. Порівняння величин отриманих нами даних з отриманими у попередні роки дозволило зробити висновок про збільшення кількісних характеристик фітопланктону в прибережних водах острова Зміїний у 2016–2017 рр.

Встановлено, що провідну роль в формуванні сумарних величин чисельності та біомаси фітопланктону прибережних вод острова Зміїний відігравали діатомові (в середньому 65 – 80 % від сумарних величин), дінофітові водорості (в середньому 4 – 20 %) і ціанобактерії (в середньому 2 –

35 %), інші водорості мали помітний розвиток лише в окремі сезони. Максимуми вегетації діатомових водоростей визначали початок 1 і 2 стадій сезонних сукцесій, а максимуми дінофітових водоростей – 3 стадії, при цьому доміанти у видовому складі кожної стадії змінювалися відповідно до сезону. Показано, що у зразках фітопланктону в дослідженому районі найчастіше зустрічались 42 види. Більшість зазначених видів належали таксонам діатомових і дінофітових, які створювали сезонні угруповання, що відповідали сукцесійним змінам фітопланктону. Відмічено значний збіг перелічених водоростей з аналогічним списком видів, що знаходили в прибережних водах Одеської затоки у той же період, але у прибережних до острова Зміїний водах група прісноводних водоростей, зокрема зелених, не мала такого суттєвого розвитку. Показано, що терміни вегетації мікроводоростей у прибережних водах о. Зміїний починались на 2–4 тижня раніше, ніж в Одеській затоці.

Восени та у середині грудня 2017 р. чисельність діатомових майже вдвічі перевищувала аналогічні дані 2016 р. В 2016 р. періоди максимальної чисельності діатомових водоростей реєстрували у квітні–травні, липні, вересні та листопаді, а в 2017 р. – у квітні, травні, липні, вересні, жовтні та грудні. Періоди мінімальної чисельності діатомових водоростей супроводжували зміни в структурі угруповань фітопланктону: замість них розвивалися дінофітові і криптофітові водорості.

Впродовж 2016 р. було зареєстровано проходження 4 сезонних сукцесій з максимальним розвитком (за біомасою) діатомових в квітні–травні, серпні та листопаді. Було відмічено значне збільшення терміну весняного максимуму діатомових в 2016 р. (до червня) у порівнянні з даними, отриманими у попередні роки. В 2017 р. термін весняного максимуму діатомових водоростей був коротше (квітень), влітку спостерігали 2 максимуми (липень и серпень), а восени максимуми фіксували у вересні, жовтні та грудні. Циклічність розвитку дінофітових водоростей також визначила проходження 4 сезонних сукцесій, а їх максимуми реєстрували на 2–3 тижня після максимумів діатомових водоростей. Сумарні величини біомаси як діатомових, так і дінофітових водоростей в 2016 р. і 2017 р. були майже однаковими.

Примнезієві і криптофітові водорості визначені як остання, 4 стадія сезонної сукцесії, при цьому низька солоність дуже обмежувала рівень їхнього розвитку. Максимуми чисельності цих водоростей в дослідженому районі реєстрували за 3–4 тижня після активного розвитку діатомових та дінофітових водоростей. Періоди появи поблизу острова зелених водоростей і ціанобактерій співпадали, та були пов'язані з річковими водами, при цьому величини чисельності у 2016 р. значно перевищували величини 2017 р. (на 2–4 порядки). Сумарна чисельність дрібних колоніальних ціанобактерій на горизонті 0 м сягала $4 - 48597 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$ (15.07.2017 і 03.06.2016 відповідно), а на 2 м вона була значно меншою ($2 - 13891 \text{ кл.} \cdot 10^3 \cdot \text{л}^{-1}$). В окремі короточасні періоди ціанобактерії майже цілком витісняли діатомові водорості в угрупованнях фітоценозу (18.05.2016, 10.07.2016, 21.09.2016, 15.05.2017, 20.10.2017). Частка видів інших 5 таксонів не була помітною в формуванні сумарних величин фітопланктону. Прісноводні евгленові водорості розвивалися у прибережній смузі одночасно з ціанобактеріями і зеленими водоростями. Золотисті водорості спостерігали переважно у квітні–травні (2016 р. і 2017 р.), а також у листопаді–грудні (2017 р.). Діктіюхові і ебрідієві морські види також віднесені до 4 стадії сезонної сукцесії, тому терміни їх розвитку співпадали з термінами розвитку примнезієвих і криптофітових водоростей. Холодолюбні морські хоанофлагеляти відмічали у квітні и грудні.

Оцінка біорізноманіття фітопланктону, яке оцінено за індексом Шенону, в 2016–2017 р. показало максимальні величини індексу (близько $3,0 \text{ біт} \cdot \text{кл.}^{-1}$) спостерігали в періоди сумісного рівноважного розвитку діатомових, дінофітових, криптофітових та інших водоростей (10.04.2016, 10.09.2016, 30.09.2016, 10.10.2016, 20.05.2017, 30.05.2017). Мінімальні величини індексу (менше $0,5 \text{ біт} \cdot \text{кл.}^{-1}$) були зареєстровані в моменти переважного розвитку 1 виду: *Skeletonema costatum* (28.04.2017), *Emiliania huxleyi* (20.07.2017), *Leptocylindrus minimus* Gran. (25.11.2017).

В 2016–2017 рр. в прибережних водах острова Зміїний, було зареєстровано появу 54 потенційно токсичні (РТ, ТХ) здатних сягати рівня цвітіння (НАВ) видів фітопланктону: 16 – діатомових, 25 – дінофі-

тових, 6 – ціанобактерій, 2 – ебрідієвих, та по 1 – зелених, золотистих, діктіохових, евгленових, примнезієвих водоростей. Було зафіксовано цвітіння 4 РТ видів діатомових водоростей, 1 ТХ вид та 1 РТ вид ціанобактерій. Зареєстровано збільшення частки НАВ і РТ видів в 2016–2017 рр. у порівнянні з попередніми періодами.

Якість прибережних вод, яка була оцінена за основними метриками фітопланктону, на протязі досліджень змінювалась в досить широкому інтервалі від «поганої» до «високої», хоча середня оцінка якості знаходиться ближче до оцінки «помірна якість», що свідчить про нестабільність стану фітоценозу в екосистемі морських прибережних вод у 2016–2017 рр.

Роботу було виконано в рамках НДР «Провести морські екосистемні дослідження та розробити наукову основу для

впровадження Директиви ЄС з морської стратегії», який фінансується з бюджету МОН України у 2016 – 2019 рр. з використанням експериментальних даних, що були отримані за фінансовою допомогою міжнародного проекту EMBLAS – II «Поліпшення моніторингу навколишнього середовища Чорного моря», який фінансувався ЄС та UNDP.

Автори висловлюють щире подяку Снігирьову С.М., Медінцю С.В., Мілевій А.П., Світлічній К.О., Піцику В.З., Абакумову О.М., Снігирьову П.М. – співробітникам Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету імені І.І. Мечникова за збір зразків, проведення первинних спостережень та виконання фізико-хімічних та гідрохімічних аналізів.

Література

1. Виноградова Л. А., Василева В. Н. Многолетняя динамика и моделирование состояния экосистемы прибрежных вод северо-западной части Черного моря. – СПб: Гидрометеиздат, УкрНЦЭМ, Одесса, 1992. 107 с.]
2. Зайцев Ю. П., Гаркавая Г. П., Нестерова Д. А., Полищук Л. Н. Дунай – основной источник эвтрофирования Черного моря. *Гидробиол. журн.* 1989. Т. 25, № 4. С. 21 – 24.
3. Грузов Л.Н., Люмкис П.В., Нападовский Г.В. Исследование пространственно–временной структуры планктонных полей северной половины Черного моря в 1992–93 гг. *Исследование экосистемы Черного моря*. Вып. 1. Одесса, “ИРЭН–ПОЛИГРАФ”, 1994. С. 94–127.
4. Украинский В.В., Попов Ю.И., Орлова И.Г., Дерезюк Н.В., Балатюк С.В., Танасюк Е.Г. Изменчивость кислородного режима и гидрологической структуры вод северо–западного шельфа Черного моря в летне–осенний период 1998 года. *Метеорология, климатология и гидрология*. 2001, вып. 43. С. 211 – 222.
5. Стан довкілля Чорного моря: Національна доповідь України. 1996–2000 рр. Одесса: Астропринт, 2002. С. 55–57.
6. Oguz T., Velikova V. Abrupt transition of the northwestern Black Sea shelf ecosystem from a eutrophic to an alternative pristine state. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2010. 405 P. 231-242.
7. Yunev O.A., Velikova V., Carstensen J. Effects of changing nutrient inputs on the ratio of small pelagic fishstock and phytoplankton biomass in the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2017, 197, P.173-184.
8. Нестерова Д.А. Дунай – показатель состояния прибрежного фитопланктона. *Наукові записки. Тернопільський Педуніверситет ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск „Гідроекологія”*. 2005, № 4 (27). С. 162–164.
9. Зайцев Ю.П., Александров Б.Г., Миничева Г.Г. и др. Северо–западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наукова думка, 2006. С. 432 – 433.
10. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія / В.А. Сминтина, В.І. Медінець. І.О. Сучков [та ін.]; відп. ред. В.І. Медінець; Одес. Нац. ун-т ім. І.І. Мечникова. Одеса: Астропринт, 2008. XII, 228 с., [10] арк. іл. – (Наук. проект «Острів Зміїний» / керівник проекту В.А. Сминтина). ISBN 978-966-190-149-9.
11. Дерезюк Н.В. Весенне–летний фитопланктон района о. Змеиный и прилегающих акваторий. *Вісник ОНУ*. 2005. 10, вип.4, Біологія.– С. 159–165.
12. Дерезюк Н.В. Медінец В.И., Конарева О.П. Результаты мониторинга состояния фитопланктона в прибрежных водах острова Змеиный в 2004-2006 гг. *Зб. наук. ст. Міжнародної науково-практичної конференції “Екологічні проблеми Чорного моря” (31 травня-1 червня 2007 р., Одеса)*. Одеса: ІНВАЦ, 2007. С. 82-85. ISBN 978-966-8885-37
13. Derezyuk N., Medinets V. Analysis of biodiversity of phytoplankton on the Ukrainian Black Sea shelf (the end of XX – beginning of XXI century)). *2nd biannual and Black sea Scene EC project joint conf. “Climate*

- change in the BSHOT scenarios and mitigation strategy for the ecosystem” (6 – 9 oct. 2008, Sofia). – Sofia, 2008. P. 52.
14. Дерезюк Н.В. Особливості розвитку фітопланктону в прибережних водах о. Зміїний (2003-2009 pp.): *Наук. зап. Терноп. Нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Сер. Біол., Спец. вип.: Гідроекологія*. 2010. № 3 (44). С. 75-78.
 15. Dereziuk N., Medinets V. Phytoplankton Population Structure Dynamics in Coastal Waters of the Zmiinyi Island in the Black Sea (2004-2012). *Abstract Book of the 4-th Bi-annual Black Sea Scientific Conference, (28–31 October, 2013, Constanta, Romania)*. Constanta, 2013. P. 67–68.
 16. Ковальова Н.В., Медінець В.І., Мілева А.П., Ботнар М.Г., Снігірьов С.М., Газетов Є. І., Медінець С.М. Порівняльна оцінка якості прибережних морських вод Одеської затоки і району острова Зміїний в 2016 р. *Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Серія: «Екологія»*, 2017. Вип. 16. С. 132-140.
 17. Газетов Е. И., Мединец В. И. Исследование изменчивости основных физико-химических характеристик прибрежных морских вод у о. Змеиный в 2004-2014 гг. *Вестник ОНУ имени И.И. Мечникова*, 2016. Т. 21, Вып. 2(29). С. 24-45.
 18. Проект UNDP- EU «Поліпшення моніторингу довкілля Чорного моря, Фаза 2 - EMBLAS-II» (2015-2018). <http://www.emblasproject.org>
 19. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Київ, 2006. 240 с.
 20. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). 22 p. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:EN:PDF>
 21. Moncheva S. and Par B. Manual for Phytoplankton Sampling and Analysis in the Black Sea, GEF/UNDP Black Sea Ecosystem Recovery Project (BSERP)-RER/01/G33/A/1G/31, EC, FP7, Upgrade Black Sea Scene Project, 2005 (updated-2010). Istanbul, 67 P.
 22. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений/ под ред. А.В. Цыбань. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 190 с.
 23. Дерезюк Н. В., Медінець В.І., Газетов Є.І., Люмкіс П.В. Дослідження фітопланктону Одеської затоки в 2016-2017 pp. *Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, серія «Екологія»*, вип.18, 2018. С. 42 – 60.
 24. Algaebase: Listing the World's Algae. URL: <http://www.algaebase.org/index.lasso>
 25. WoRMS Editorial Board (2018). World Register of Marine Species. URL: <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2018-05-11. doi:10.14284/170
 26. Программа для первичной математической обработки гидробиологических проб “TRITON”. Свид. Гос. регистр. ПА № 3322, 15.08.2000 г.
 27. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей–индикаторов окружающей среды. Тель–Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с. ISBN 965-7272-18-1.
 28. Мончева С. Общие замечания к методике количественного учета фитопланктона и использование интегральной оценки состояния фитопланктона для определения качества морской среды (методика расчета, шкалы оценки качества) / Семинар “Организация биологического мониторинга Черного моря с борта судна и на стационарных прибрежных станциях, 22-25 февраля 2016. Одесса, 19 С. <http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2016/02/EMBLAS-Presentation-phytoplankton.pptx>
 29. Рябушко Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. Севастополь, ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. 288 с.
 30. Moestrup, Ø.; Akselmann, R.; Fraga, S.; Hoppenrath, M.; Iwataki, M.; Komárek, J.; Larsen, J.; Lundholm, N.; Zingone, A. (Eds) (2009 onwards). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Accessed at <http://www.marinespecies.org/hab/>.
 31. Ignatiades L., Gotsis-Skretas O. A Review on Toxic and Harmful Algae in Greek Coastal Waters (E. Mediterranean Sea). *Toxins (Basel)*; 2010. 2(5), 1019–1037. ISSN 2072-6651 www.mdpi.com/journal/toxins doi:10.3390/toxins2051019
 32. Ковальова Н.В., Медінець В.І., Мілева А.П., Ботнар М.Г., Снігірьов С.М., Газетов Є. І., Медінець С.М. Порівняльна оцінка якості прибережних морських вод Одеської затоки і району острова Зміїний в 2016 р. *Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Серія: «Екологія»*, 2017. Вип. 16. С. 132-140.
 33. Газетов Е. И., Мединец В. И. Исследование изменчивости основных физико-химических характеристик прибрежных морских вод у о. Змеиный в 2004-2014 гг. *Вестник ОНУ имени И.И. Мечникова*, 2016. Т. 21, Вып. 2(29). С. 24-45.
 34. Dereziuk Nataliia. Species Diversity of Phytoplankton within the Coastal Waters of the Zmiinyi Island (2003 – 2010). Materials of the 3-rd Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 1 – 4 November 2011. P. 202.
 35. Kotogura S.S., Dereziuk N.V. Studies of abiotic characteristics influence on phytoplankton species diversity in the coastal waters of the Zmiinyi Island. *Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution: Proceeding of the V International young scientists conference*. Odessa: Pechatnyi Dom, 2011. P. 33.

36. Виноградова Л.А., Маштакова Г.П., Дерезюк Н.В. Сукцессионные изменения в фитопланктоне северо-западной части Черного моря. Исследования экосистемы пелагиали Черного моря. М. Наука. 1986. С. 170-179.
37. Dereziuk N.V. Successions of Diatom algae (Bacillariophyta) in the Zmiinyi Island coastal waters (Ukraine). In: «Proceedings of XIII International scientific algological conference «The Diatoms: present and future studies» (24-29 August 2013 Borok, Russia)». Kostroma, 2013. P.160. ISBN 978-5-91806-010-0
38. Дерезюк Н.В. Характеристика диатомового планктона в районе о. Змеиний (1993-2010): тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы Черного моря» (Одесса, 27-28 октября 2011 г.), Одесса: ИНВАЦ, 2011. С.108-111.
39. Medinets V., Derezyuk N., Kovalova N., Medinets S. Toxic Algae Investigations in Coastal Waters of the Zmiinyi Island. Materials of the 3-rd Biannual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 1–4 November 2011. P. 52-53.

References

1. Vinogradova L.A., Vasileva V.N. (1992) Mnogoletnyaya dinamika i modelirovaniye sostoyaniya ekosistemi pribregnykh vod severo-zapadnoi chasti Chornogo moray [Long-term dynamics and modeling of the state of the ecosystem of the coastal waters of the northwestern part of the Black Sea]. – SPb: Gidrometeoizdat, UkrNCEM, Osessa, 107 [In Russian].
2. Zaitsev Yu.P., Garkavaya G.P., Nesterova D.A., Polischuk L.N. (1989) Dunay – osnovnoi istochnik evtrofirovaniya Chornogo morya [Danube – the main source of eutrophication of the Black Sea]. *Gidrobiol. Zhurn.*, 25 (4), 21-24 [In Russian].
3. Hruzov L.N., Lumkys P.V., Napadovskyy H.V. (1994) Yssledovanye prostranstvenno–vremennoy struktury planktonnykh poley severnoy poloviny Chornogo morya v 1992–93 hh [Study of the spatial – temporal structure of plankton fields in the northern half of the Black Sea in 1992–93]. *Yssledovanye ekosystemy Chornogo morya*, 1, 94–127 [In Russian].
4. Ukraynsky V.V., Popov Yu.Y., Orlova Y.H., Derezyuk N.V., Balatyuk S.V., Tanasyuk E.H. (2001) Yzmenchyvost' kyslorodnoho rezhyma y hydrolohycheskoj strukture vod severo–zapadnoho shel'fa Chornogo morya v letne–osenny peryod 1998 hoda [The variability of the oxygen regime and the hydrological structure of the waters of the north-western shelf of the Black Sea in the summer-autumn period of 1998]. *Meteorology, climatology and hydrology*, (43), 211 – 222. [In Russian].
5. Stan dovkilliya Chornogo morya: Natsional'na dopovid' Ukrayiny. 1996–2000 rr. [Environmental status of the Black Sea: National Report of Ukraine. 1996-2000]. (2002). Odessa: Astroprynt, 55–57 [In Ukrainian].
6. Oguz T., Velikova V. (2010) Abrupt transition of the northwestern Black Sea shelf ecosystem from a eutrophic to an alternative pristine state. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 405, 231-242 [in English].
7. Yunev O.A., Velikova V., Carstensen J. (2017). Effects of changing nutrient inputs on the ratio of small pelagic fishstock and phytoplankton biomass in the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 197, 173-184 [in English].
8. Nesterova D.A. (2005). Dunay – pokazatel' sostoyaniya prybrezhnoho fytoplanktona [Danube – an indicator of the state of coastal phytoplankton]. *Naukovi zapysky. Ternopil's'kyy Peduniversity im. V. Hnatyuka. Seriya: Biologiya. Spetsial'nyy vypusk „Hidroekologiya”*, 4 (27), 162–164 [In Russian].
9. Zaytsev Yu.P., Aleksandrov B.H., Mynycheva H.H. i dr. (2006). Severo–zapadnaya chast' Chornogo morya: byolohyya i ekolohyya [North-western part of the Black Sea: biology and ecology]. Kyev: Naukova dumka, 432 – 433 [In Russian].
10. Smyntyna V.A., Medinets V.I., Suchkov I.O. et.al. (2008). Ostriv Zmiinyi: Ecosystema pryberezhnykh vod [Zmiinyi Island: Ecosystem of coastal waters]. Odessa: Astroprynt, 228. ISBN 978-966-190-149-9. [In Ukrainian].
11. Derezyuk N.V. (2005). Vesenne–letnyy fytoplankton rayona o. Zmeynyy i prylehayushchykh akvatoryy [Spring – summer phytoplankton of the Zmeiny Island and adjacent water areas]. *Visnyk ONU Biologiya*, 10 (4), 159–165 [In Russian].
12. Derezyuk N.V., Medynets V.Y., Konareva O.P. (2007). Rezul'taty monytorynha sostoyaniya fytoplanktona v prybrezhnykh vodakh ostrova Zmeynyy v 2004-2006 hh [The results of monitoring the state of phytoplankton in the coastal waters of Zmeiny Island in 2004-2006]. *Zb. nauk. st. Mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi «Ekolohichni problemy Chornogo morya»*, Odesa: INVATs, 82-85 [In Russian].
13. Dereziuk N., Medinets V. (2008). Analysis of biodiversity of phytoplankton on the Ukrainian Black Sea shelf (the end of XX – beginning of XXI century). 2nd biannual and Black sea Scene EC project joint conf. «Climate change in the BSHOT scenarios and mitigation strategy for the ecosystem», Sofia, 52 [in English].
14. Derezyuk N.V. (2010). Osoblyvosti rozvytku fytoplanktonu v pryberezhnykh vodakh o. Zmiinyy (2003-2009 rr.) [Features of the development of phytoplankton in the coastal waters of the Zmeiny Island (2003-2009)]. *Nauk. zap. Ternop. Nats. ped. un-tu im. V. Hnatyuka. Ser. Biol., Spets. vyp.: Hidroekologiya*. (3(44)), 75-78. [In Ukrainian].

15. Dereziuk N., Medinets V. (2013). Phytoplankton Population Structure Dynamics in Coastal Waters of the Zmiinyi Island in the Black Sea (2004-2012). *Abstract Book of the 4-th Bi-annual Black Sea Scientific Conference*, Constanta, 67–68 [in English].
16. Kovalova N.V., Medinets V.I., Mileva A.P., Botnar M.G., Snigirov S.M., Gazyetov Ye.I., Medinets S.V. (2017). Porivnyalna otsinka yakosti prybereznykh morskykh vod Odeskoyi zatoky i raionu ostrivu Zmiinyi v 2016 r. [Comparative characteristics of marine coastal waters in Odesa bay and the Zmiinyi Island area in 2016]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (16), 132-140 [In Ukrainian].
17. Gazyetov, Ye.I., Medinets, V.I. (2016) Issledovanie izmenchivosti osnovnykh fiziko-khimicheskikh kharakteristik pribreznykh morskikh vod u o. Zmeinyy v 2004-2013 gg. [Investigation of the basic physico-chemical characteristics variability in the Zmiinyi coastal sea waters in 2004-2013]. *Herald of Odessa National I.I. Mechnikov University. Series: geography and geology*, 21 (2(29)), 24-45 [In Russian].
18. UNDP-EU Project «Improvement of environmental monitoring in the Black Sea, Phase 2 - EMBLAS-II» (2015-2018)]. <http://www.emblasproject.org>
19. Vodna ramkova durektyva YeS 2000/60/EC (2006). [EU Water Framework Directive 2000/60/EC]. Kyiv, 240 [In Ukrainian].
20. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (MSFD). – 22. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:EN:PDF> [in English].
21. Moncheva S. and Par B. (2005). Manual for Phytoplankton Sampling and Analysis in the Black Sea, GEF/UNDP Black Sea Ecosystem Recovery Project (BSERP)-RER/01/G33/A/1G/31, EC, FP7, Upgrade Black Sea Scene Project, Istanbul, 67 [in English].
22. Tsyban' A.V. (1980) Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoy vody i donnykh otlozheniy [Manual on methods of biological analysis of sea water and sediments]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 191 [in Russian].
23. Derezyuk N. V., Medinets' V.I., Hazyetov YE.I., Lyumkis P.V. (2018). Doslidzhennya fitoplanktonu Odes'koyi zatoky v 2016-2017 rr. [Odessa bay phytoplankton investigations in 2016-2017]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series Ecology»*, (18), 42 – 60 [In Ukrainian].
24. Algaebase: Listing the World's Algae: <http://www.algaebase.org/index.lasso> [in English].
25. WoRMS Editorial Board (2018). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2018-05-11. doi:10.14284/170 [in English].
26. Programma dlya pervichnoy matematicheskoy obrabotki gidrobiologicheskikh prob «TRITON» (2000). [Software for primary mathematical processing of hydrobiological samples «TRITON»]. Certificate of State registration PA № 3322 [In Russian].
27. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. (2006) Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okruzhayushej sredi [Biodiversity of algae – indicators of environment]. Tel Aviv: Pilies Studio, 498 [In Russian].
28. Moncheva S. (2016). Obschie zamechaniya k metodike kolichestvennogo ucheta fitoplanktona I ispolzovanie integralnoy otsenki sostoyaniya fitoplanktona dlya opredeleniya kachestva morskoy sredy (metodika rascheta, shkaly otsenki kachestva) [General remarks on the methodology of quantitative counting of phytoplankton and use of phytoplankton integrated state assessment for marine environment quality determination (calculation methodology, quality assessment scales)]. Workshop «Organisation of the Black Sea biological monitoring from ship and at coastal stations», 19. <http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2016/02/EMBLAS-Presentation-phytoplankton.pptx> [In Russian].
29. Ryabushko L.I. (2003) Potentsialno opasnye mikrovdorosli Azovo-Chernomorskogo basseyna [Potentially dangerous microalgae of the Azov-Black Seas basin]. Sevastopol: EKOSI – Gidrofizika, 288 [In Russian].
30. Moestrup, Ø.; Akselmann, R.; Fraga, S.; Hoppenrath, M.; Iwataki, M.; Komárek, J.; Larsen, J.; Lundholm, N.; Zingone, A. (Eds) (2009 onwards). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Accessed at <http://www.marinespecies.org/hab/> [in English].
31. Ignatiades L., Gotsis-Skretas O. A (2010) Review on Toxic and Harmful Algae in Greek Coastal Waters (E. Mediterranean Sea). *Toxins* (Basel). 2(5), 1019–1037. ISSN 2072-6651 www.mdpi.com/journal/toxins doi:10.3390/toxins2051019 [in English].
32. Kovalova N.V., Medinets V.I., Mileva A.P., Botnar M.G., Snigirov S.M., Gazyetov Ye.I., Medinets S.V. (2017). Porivnyalna otsinka yakosti prybereznykh mors'kykh vod Odes'koi zatoky I raiony ostrovu Zmiinyi v 2016 r. [Comparative assessment of coastal waters quality in Odesa bay and the Zmiinyi Island area in 2016]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (16), 132-140. [In Ukrainian].
33. Gazyetov Ye.I., Medinets V.I. (2016). Issledovaniye izmenchivosti osnovnykh fiziko-khimicheskikh kharakteristik pribreznykh morskikh vod u o.Zmiinyi v 2004-2014 gg. [Study of the main physicochemical characteristics variability in the Zmiinyi Island coastal waters in 2004-2014.] *Herald of Odessa National I.I. Mechnikov University*, 21(2(29)), 24-45. [In Russian].
34. Derezyuk Nataliia (2011). Species Diversity of Phytoplankton within the Coastal Waters of the Zmiinyi

- Island (2003 – 2010). *Materials of the 3-rd Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 202* [in English].
35. Kotogura S.S., Derezyuk N.V. (2011). Studies of abiotic characteristics influence on phytoplankton species diversity in the coastal waters of the Zmiinyi Island. *Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution: Proceeding of the V International young scientists conference*. Odessa: Pechatnyi Dom, 33 [in English].
36. Vynohradova L.A., Mashtakova H.P., Derezyuk H.B. (1986). Suktessyionnye yzmenenyya v fytoplanktone severo-zapadnoy chasty Chernoho morya. Yssledovannya ekosystemy pelahyapy Chernoho morya. Moskow: Nauka, 170- 179 [In Russian].
37. Dereziuk N.V. (2013). Successions of Diatom algae (Bacillariophyta) in the Zmiinyi Island coastal waters (Ukraine). In: «Proceedings of XIII International scientific algological conference «The Diatoms: present and future studies» (24-29 August 2013 Borok, Russia)». Kostroma, 160. ISBN 978-5-91806-010-0 [in English].
38. Derezyuk N.V. (2011). Kharakterystyka dyatomovoho planktona v rayone o. Zmeynyy (1993-2010) [Characteristics of diatom plankton in the area of the Zmeyny Island (1993-2010)]. *Tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Ekolohycheskye problemy Chernoho morya»*, Odessa: YNVATs, 108-111 [In Russian].
39. Medinets V., Derezyuk N., Kovalova N., Medinets S. (2011). Toxic Algae Investigations in Coastal Waters of the Zmiinyi Island. *Materials of the 3-rd Biannual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 52-53* [in English].

Надійшла до редколегії 27.10.2018

УДК 551.46.062.3+551.46.062.5 (262.5)

Е. И. ГАЗЕТОВ¹, В. И. МЕДИНЕЦ¹, канд. физ.-мат. наук, **С. М. СНИГИРЕВ¹**, канд. биол. наук,
О. П. КОНАРЕВА¹, П. М. СНИГИРЕВ¹, С. В. МЕДИНЕЦ¹, д-р природ. наук,
А. Н. АБАКУМОВ¹, В. З. ПИЦЫК¹, Н. В. КОВАЛЕВА¹, канд. биол. наук, **И. Е. СОЛТЫС¹**

¹Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, г. Одесса, Украина
пров. Маяковского 7, м. Одеса, 65082, Україна

e-mail: gazetov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5362-1973>
medinets@te.net.ua <http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>

ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКИХ ВОД В ОДЕССКОМ ЗАЛИВЕ В 2016-2017 ГГ.

Цель. Обобщение результатов пилотного проекта мониторинга гидрологических характеристик прибрежных вод Одесского залива, который выполнялся в рамках международного проекта EMBLAS II научной группой Регионального центра интегрированного мониторинга и экологических исследований Одесского национального университета имени И. И. Мечникова в 2016-2017 гг. **Методы.** Сбор первичных данных по прозрачности, температуре и солёности воды выполнялся стандартными методами. Обработка данных, расчет статистики, построение графиков и карт проводились с использованием программного обеспечения ArcGIS и Excel. **Результаты.** Представлены и проанализированы временные и пространственные распределения прозрачности, температуры и солёности прибрежных вод Одесского залива в районе морской гидробиологической станции университета в период с апреля 2016 г. по август 2017 г. По результатам анализа накопленной экспериментальной информации о прозрачности, температуре и солёности морской воды выявлены особенности сезонных изменений этих характеристик. Показано, что прозрачность морской воды была минимальной в мае и июне 2016 года (2,2-2,8 м), максимальные за весь период наблюдений значения прозрачности (7,0 м) регистрировались в мае 2017 г. В распределении температур морской воды в Одесском заливе в 2016-2017 гг. выявлен ярко выраженный сезонный ход, который определялся весенне-летним прогревом / осенне-зимним охлаждением, а также прибрежным апвеллингом, адвекцией водных масс из других районов моря. Показано, что при проведении ежедекадных наблюдений распресненные водные массы фиксировались в 13,5% случаев наблюдений, а при ежемесячных съемках на 13 станциях микрополигона - ни разу. Т.е. при проведении ежемесячных детальных съемок прибрежных вод Одесского залива все случаи адвекции распресненных вод остались незарегистрированными. **Выводы.** Установлено воздействие на сезонные циклы гидрологических характеристик вод Одесского залива в 2016-2017 гг. трансформированных водных масс, принесенных от Днепро-Бугского устья. Зафиксированы нарушения сезонности формирования термохалинной структуры вод в Одесском заливе в 2016-2017 гг. вследствие воздействия вдольберегового циклонического и компенсационных течений в прибрежной зоне залива. Прослежено формирование устойчивой двухслойной вертикальной плотностной стратификации прибрежных вод в Одесском заливе в весенне-летние периоды 2016-2017 гг.

Ключевые слова: Одесский залив, гидрологические характеристики, речной сток, течения

Gazyetov Ye. I., Medinets V. I., Snigirov S. M., Konareva O. P., Snigirov P. M., Medinets S. V., Abakumov A. N., Pitsyk V. Z., Kovalova N. V., Soltys I. E.

Odessa National I.I. Mechnikov University, Odessa

STUDY OF MARINE WATERS HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS IN ODESSA BAY IN 2016-2017

Purpose. The results of pilot monitoring project carried out in Odessa Bay coastal waters in 2016-2017 by a research group of the Regional Center for Integrated Monitoring and Environmental Studies (Odessa National I.I. Mechnikov University) have been summarized. **Methods.** Primary data on transparency, temperature and salinity of marine water have been collected using standard methods. Data processing, calculation of statistics, producing of graphs and maps have been carried out using ArcGIS and Excel software. **Results.** Temporal and spatial distributions of transparency, temperature and salinity of marine coastal waters of Odessa Bay in the area of Marine Hydrobiological Station of the University for the period from April 2016 to August 2017 have been presented and analyzed. Using the results of analysis of the accumulated experimental data on transparency, temperature and salinity of seawater the peculiarities of those characteristics' seasonal changes have been revealed. It was demonstrated that marine water transparency was minimal in May and June 2016 (2.2-2.8 m); maximal transparency values for the entire period of observation (7.0 m) was registered in May 2017. A strongly

pronounced seasonal variation was revealed in the distribution of marine water temperature in Odessa Bay in 2016-2017, which was determined by spring-summer warming up / autumn-winter cooling down, as well as coastal upwelling, advection of water masses from other marine areas. It was shown that with observations performed every 10 days the desalinated water masses were registered in 13.5% of measurements but never found during monthly surveys at 13 of the micro-polygon. It means that during the detailed monthly surveys in Odessa Bay coastal waters all the cases of advection of desalinated water stayed unregistered. **Conclusions.** Impact of transformed water masses from the Dnieper-Bug mouth on seasonal cycles of hydrological characteristics in Odessa Bay in 2016-2017 has been established. Violations of the seasonality of thermohaline structure formation in Odessa Bay waters in 2016–2017 due to the longshore cyclonic and compensatory currents impact in the coastal zone have been recorded. Forming of stable two-layer vertical density stratification in Odessa Bay coastal waters at the spring and summer periods of 2016-2017 has been traced.

Keywords: Odessa Bay, water hydrological characteristics, river flow, currents

Газетов Є. І., Медінець В. І., Снігірьов С. М., Конарева О. П., Снігірьов П. М., Медінець С. В., Абакумов О. М., Піщик В. З., Ковальова Н. В., Солтис І. Є.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСЬКИХ ВОД В ОДЕСЬКІЙ ЗАТОЦІ У 2016-2017 РР.

Мета. Узагальнення результатів пілотного проекту моніторингу гідрологічних характеристик прибережних вод Одеської затоки, який виконувався в рамках міжнародного проекту EMBLAS II науковою групою Регіонального центру інтегрованого моніторингу та екологічних досліджень Одеського національного університету імені І. І. Мечникова в 2016-2017 рр. **Методи.** Збір первинних даних з прозорості, температури і солоності води виконувався стандартними методами. Обробка даних, розрахунок статистики, побудова графіків і карт проводилися з використанням програмного забезпечення ArcGIS і Excel. **Результати.** Представлені і проаналізовані часові та просторові розподіли прозорості, температури і солоності прибережних вод Одеської затоки в районі морської гідробіологічної станції університету в період з квітня 2016 по серпень 2017 р. За результатами аналізу накопиченої експериментальної інформації про прозорість, температуру і солоність морської води виявлені особливості сезонних змін цих характеристик. Показано, що прозорість морської води була мінімальною в травні та червні 2016 року (2,2-2,8 м), максимальні за весь період спостережень значення прозорості (7,0 м) реєструвались в травні 2017 р. В розподілі температур морської води в Одеській затоці в 2016-2017 рр. виявлено ярко виражений сезонний хід, що визначався весняно-літнім прогрівом / осінньо-зимовим охолодженням, а також прибережним апвелінгом, адвекцією водних мас з інших районів моря. Показано, що при проведенні щоденних спостережень розпріснені водні маси фіксувались в 13,5% випадків спостережень, а при щомісячних зйомках на 13 станціях мікрополігону – жодного разу. Тобто при проведенні щомісячних детальних зйомок прибережних вод Одеської затоки всі випадки адвекції розпріснених вод залишились незареєстрованими. **Висновки.** Встановлено вплив на сезонні цикли гідрологічних характеристик вод Одеської затоки в 2016-2017 рр. трансформованих водних мас, принесених від Дніпро-Бузького гирла. Зафіксовані порушення сезонності формування термохалінної структури вод в Одеській затоці в 2016-2017 рр. внаслідок впливу вздовж берегової циклонічної і компенсаційних течій в прибережній зоні затоки. Простежено формування стійкої двошарової вертикальної щільнісної стратифікації прибережних вод в Одеській затоці у весняно-літні періоди 2016-2017 рр.

Ключові слова: Одеська затока, гідрологічні характеристики, річковий стік, течії

Введение

Проведенные в прошлом и начале текущего столетия исследования северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) [1, 2, 3, 4] показали, что гидрологический режим определяет особенности функционирования морских экосистем в этом регионе моря. В связи с экономическими проблемами в Украине в последние два десятилетия регулярный мониторинг гидрологических характеристик в СЗЧМ проводился лишь в прибрежных водах острова Змеиный (Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова (ОНУ имени И.И. Мечникова)) [5, 6]. Эпизодические наблюдения за гидро-

логическим режимом вод СЗЧМ и в Одесском заливе выполнялись Институтом морской биологии НАН Украины, ОНУ имени И.И. Мечникова и другими организациями [7, 8, 9].

Целью настоящего исследования является обобщение результатов пилотной программы интегрированного мониторинга, важной частью которой были регулярные наблюдения за гидрологическими характеристиками прибрежных вод Одесского залива, выполненные научной группой Регионального центра интегрированного мониторинга и экологических исследований ОНУ

имени И.И. Мечникова в 2016-2017 гг. при финансовой поддержке международного проекта «EMBLAS-II» [8].

Объектом исследования являются

Район исследований

Наблюдения за гидрологическими характеристиками прибрежных вод выполнялись по сетке станций (рис. 1) в районе Одесского залива, прилегающем к морской гидробиологической станции (МГБС) ОНУ имени И.И. Мечникова: ежедекадно на станции MHBS-R (координаты: 46°26'36" с.ш., 30°46'29" в.д.; глубина до 3,1 м) в апреле-декабре 2016 г. и в феврале-июне 2017 г.; ежемесячно на микрополигоне из 13 станций с глубинами от 1,2 (MHBS-10) до 14,5 м (MHBS-09) 22, 26.04.2016, 01.06.2016, 02.07.2016, 21.07.2016, 29.08.2016, 22.09.2016, 03.11.2016, 26.05.2017, 29.06.2017 и 31.08.2017 г.

Анализ результатов батиметрических и легковолазных исследований ОНУ имени И.И. Мечникова в 2016-2017 гг. [10] показал, что рельеф морского дна в районе МГБС представляет собой материковый склон с достаточно монотонным пони-

прибрежные воды Одесского залива Черного моря. Предметом исследования - прозрачность, температура и соленость прибрежных вод Одесского залива в 2016-2017 гг.

ем от 0 до 15 м глубины с уклоном около 4,3 градуса на восток (рис. 2).

На основе эхолотных промеров [10] нами было установлено несколько подводных выступов - гряд, параллельных берегу и нарушающих эту монотонность, которые являются следствием периодически активизирующихся оползневых процессов в прибрежной зоне моря. Эти террасы просматриваются до 11-метровой изобаты, глубже которой монотонность рельефа дна уже ничем не нарушается. По результатам легковолазных обследований морского дна нами построена карта-схема пространственного расположения различных типов донных субстратов в районе исследований (рис. 2), которая послужила основой для выбора мест расположения станций отбора гидробиологических проб при составлении программы пилотного мониторинга в районе МГБС.

Методы исследования

При проведении наблюдений за основными гидрологическими параметрами использовались стандартные методы. Относительная прозрачность воды измерялась диском Секки с точностью 0,1 м [11]. Температура и электропроводность воды измерялись портативным прибором Nach HQ 40d с датчиком CDC 40115 с точностью

±0,3°C для температуры и 0,01 μS/cm для электропроводности [12]. Соленость воды рассчитывалась в единицах PSU из электропроводности по формулам ЮНЕСКО [13]. При построении карт и проведении статистического анализа использовались программные средства ArcGIS и Excel.

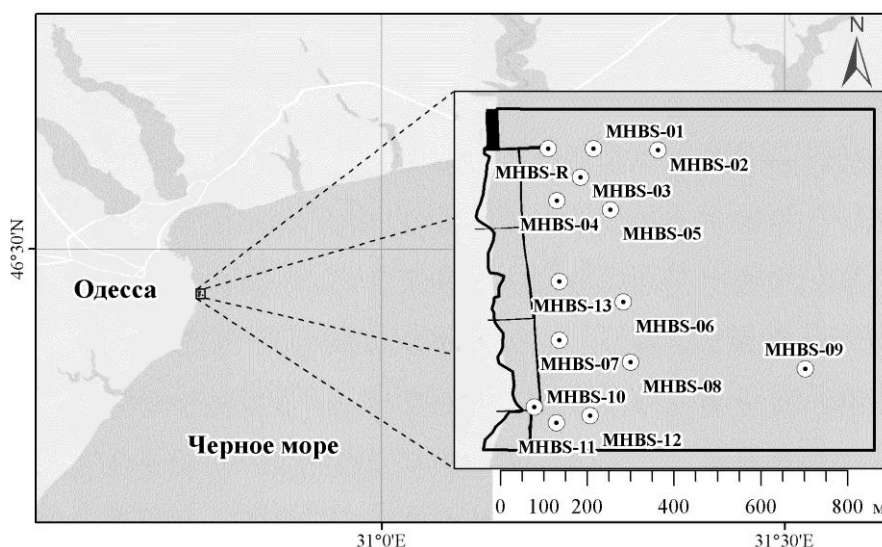


Рис. 1 – Расположение станций наблюдений за гидрологическими характеристиками прибрежных вод Одесского залива в районе МГБС в 2016-2017 гг.

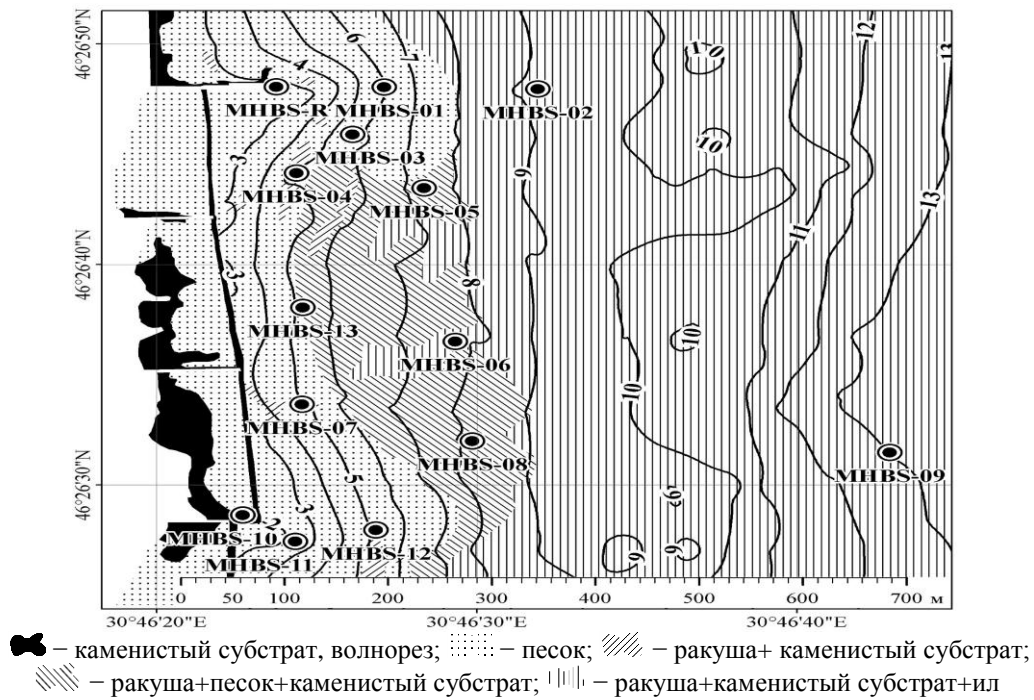


Рис. 2 – Карта глубин (м) [10] и основных типов донных субстратов в районе полигона МГБС ОНУ имени И.И. Мечникова

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ результатов определения прозрачности, температуры и солености морской воды на различных глубинах на станции МНБС-Р и 13-ти станциях в Одесском заливе для периода с апреля 2016 г. по август 2017 г. показал следующее.

Прозрачность морской воды на станциях в Одесском заливе в 2016-2017 гг. (рис. 3) изменялась в пределах от 2,3 м (26.04.2016 г. на станциях МНБС-06, МНБС-08, МНБС-12) до 7,0 м (26.05.2017 г. на станции МНБС-09).

Для 2016 г. был характерен сезонный ход прозрачности морской воды с минимальными значениями 2,2-2,8 м и 3,2-3,5 м (май и июнь соответственно) и максимальными: 6,0 м (апрель и август) и 6,5 м (ноябрь). Максимальные значения прозрачности за весь период наблюдений (7,0 м) были зафиксированы нами в конце мая 2017 г. Значительный разброс значений прозрачности на разных станциях полигона МГБС (рис. 3) можно объяснить различным содержанием взвеси в зависимости от глубины и расстоянием от берега станций наблюдений. При этом необходимо учитывать, что берег является также источником поступлений стоков изливной канализации г. Одесса, один из выходов которой находится практически в центре береговой линии микрополи-

гона вблизи станции МНБС-13 (рис.2).

Анализ ежедекадных измерений температуры морской воды на станции МНБС-Р в 2016-2017 гг. выявил четко выраженный сезонный ход (рис. 4) с вариациями в поверхностном и в придонном (глубина - 3,1 м) слоях от 1,4°C (28.02.2017 г.) до 26,5°C (29.06.2016 и 20.07.2016 г.).

В период с 21.12.2016 г. по 27.02.2017 г. наблюдения на станции МНБС-Р нами не проводились по метеорологическим условиям. Резкие понижения температуры воды (рис. 4) были зафиксированы 20.05.2016 г., 10.06.2016 г. и 11.07.2016 г. и 30.03.2017 г., когда в Одесский залив поступали холодные придонные воды в результате апвеллинга, который возникает в прибрежных районах СЗЧМ при продолжительных ветрах юго-западного и южного секторов [14, 15] либо вследствие компенсационных придонных течений [9].

Сравнение полученных нами экспериментальных данных в 2016-2017 гг. со средними многолетними за 1915-2011 гг. данными для этого района моря [4] показало, что в 2016-2017 гг. среднемесячные значения температуры поверхностного слоя воды на полигоне МГБС были выше, чем их средне-многолетние значения для периода 1915-

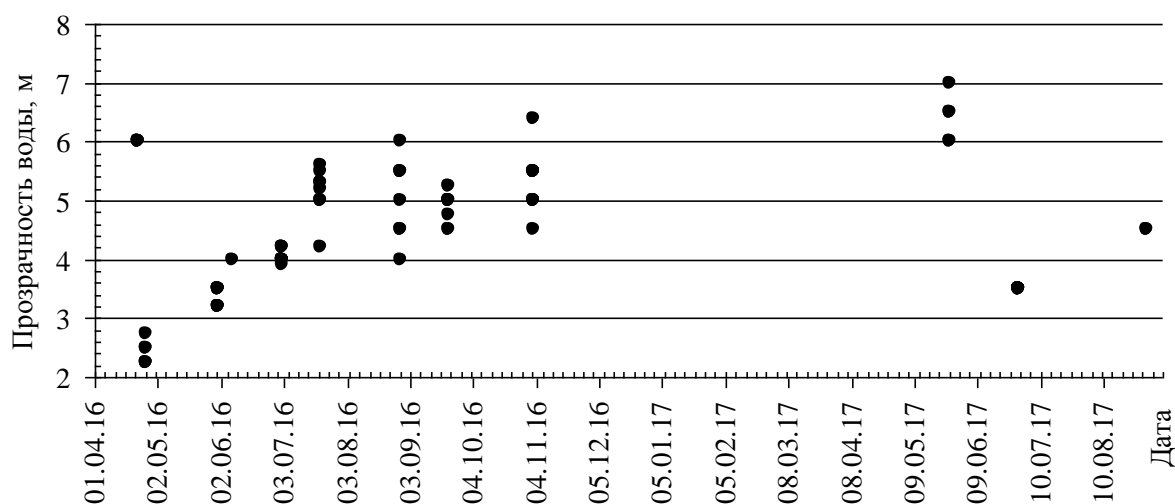


Рис. 3 – Прозрачность вод Одесского залива на станциях полигона МГБС в 2016-2017 гг.

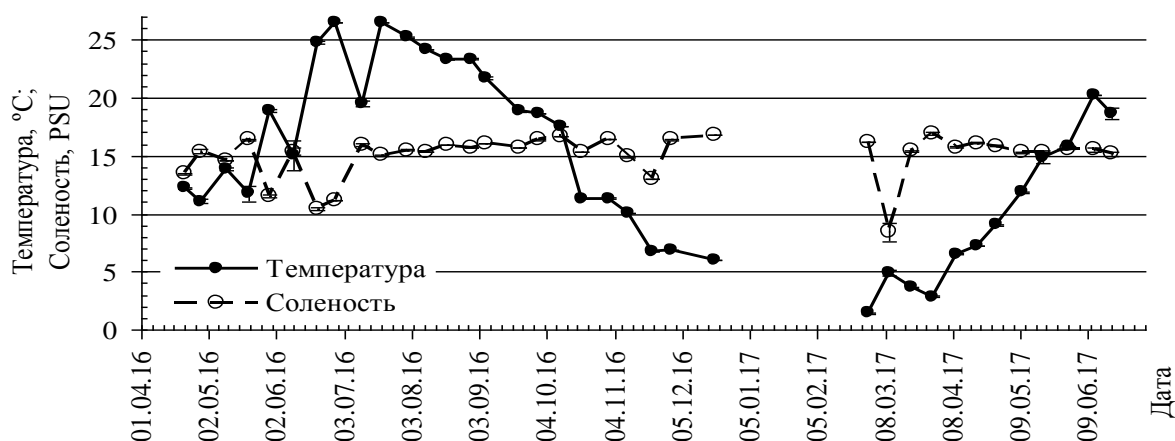


Рис. 4 – Средние для слоя воды (0,0-3,1 м) значения температуры и солености на станции МНБС-Р в 2016-2017 гг.

2011 гг. в феврале и октябре на 0,3-0,4°C и на 3,4°C – в апреле и июле.

Анализ вертикального распределения температуры воды по результатам ежемесячных съемок в 2016-2017 гг. в водах Одесского залива (рис. 5-9) показал следующее. Во время первой съемки на полигоне МГБС 22, 26.04.2016 г. (рис. 5, левый) было зафиксировано начало процесса сезонного прогрева воды в прибрежной части моря до глубины 8 м с разницей температур поверхностного и придонного слоев в 3,3°C. 1 июня 2016 г. (рис. 5, правый) поверхностный слой воды прогрелся до 21 °C, хотя глубина прогрева увеличилась всего лишь на один метр. Разница температур поверхностного и придонного слоев воды составила уже 12,8°C. При этом следует отметить, что температура придонного слоя изменилась незначительно

по сравнению с апрелем.

2 июля 2016 г. (рис. 6, левый) поверхностный слой воды прогрелся до 26,5 °C. При этом разница температур поверхностного и придонного слоев воды составила 14,3°C и была максимальной для всего ряда наших наблюдений в 2016-2017 гг. При этом слой воды 0-6 м был однороден по температуре (около 26 °C), а резкое уменьшение температуры начиналось с глубины 6 м и достигало величины 12,3°C на глубине 12 м.

21 июля 2016 г. (рис. 6, правый) температуры и поверхностного и придонного слоя вод уменьшилась до 21,1 и 11,0 °C соответственно. При этом разница температур уменьшилась и составила уже 10,1°C, а слой термоклина наблюдался на глубинах 1-3 м.

29 августа 2016 г. (рис. 7, левый) температура водной толщи с глубинами от 0 до

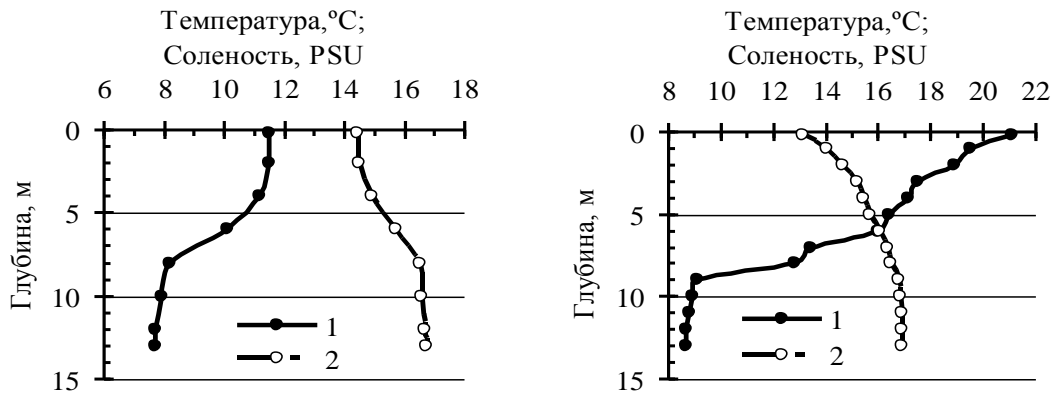


Рис. 5 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) воды на станции MHBS-09 22, 26.04.2016 г. (слева) и 01.06.2016 г. (справа)

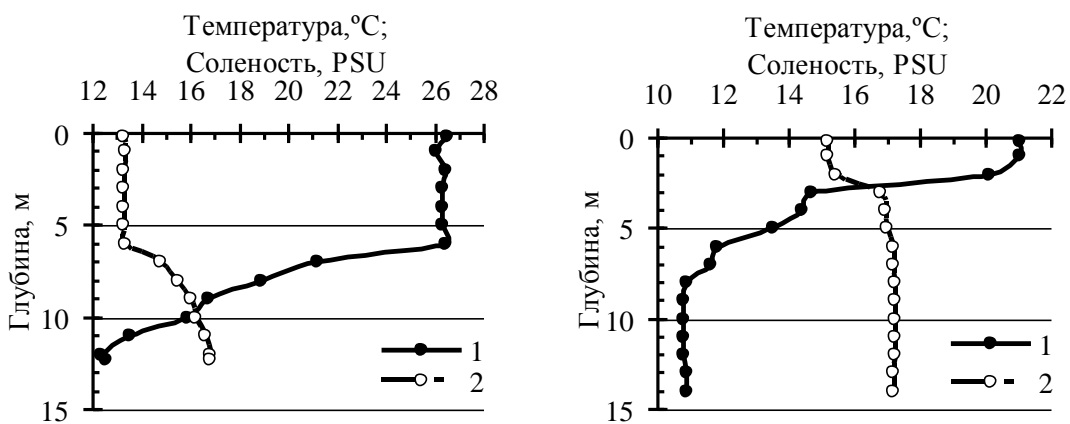


Рис. 6 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) воды на станции MHBS-09 02.07.2016 г. (слева) и 21.07.2016 г. (справа)

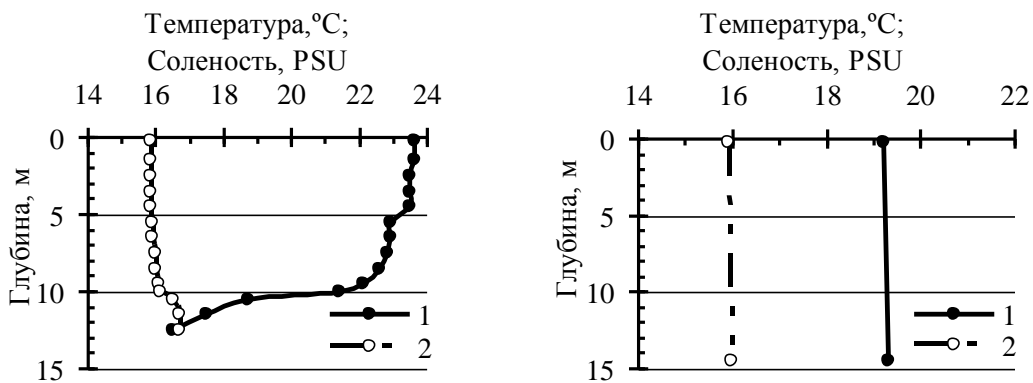


Рис. 7 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) воды на станции MHBS-09 29.08.2016 г. (слева) и 22.09.2016 г. (справа)

8-9 м прогрелась до температуры 20,5-23 °С, а температура придонного слоя повысилась до 16,5°С, т.е. разница температур в слое от 9 м до 12,5 м уменьшилась, по сравнению с июлем, до 6,9°С.

22 сентября 2016 г. (рис. 7, правый) температуры поверхностного и придонного слоев воды снизились до 19,0-19,2 °С и вод-

ная масса стала однородной по температуре. Начавшиеся в сентябре процессы выхолаживания морских вод вследствие взаимодействия с более холодной атмосферой продолжали снижать температуру морских вод, которая в ноябре 2016 г. достигла величин 11,5 и 12,0 °С в поверхностном и придонном слое соответственно.

В 2017 г. сезонность в смене температурных характеристик воды в прибрежной части моря на полигоне МГБС в значительной степени повторилась.

26 мая 2017 г. (рис. 8, правый) темпе-

ратура поверхностного слоя воды составляла 15,3°C, и вследствие весеннего прогрева, была на 7,0 °C выше, чем в придонном слое.

29 июня 2017 г. (рис. 9, левый) вследствие прогрева поверхностного слоя воды

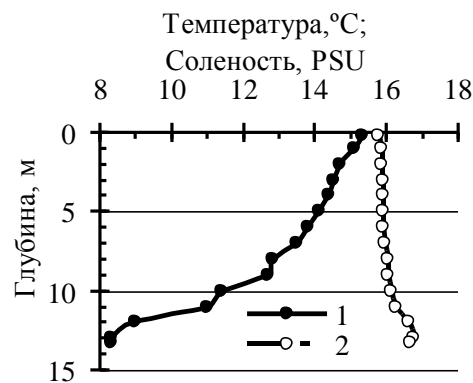
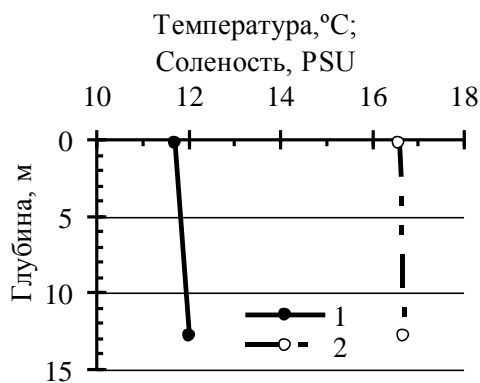


Рис. 8 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) на станции MHBS-09 03.11.2016 г. (слева) и 26.05.2017 г. (справа)

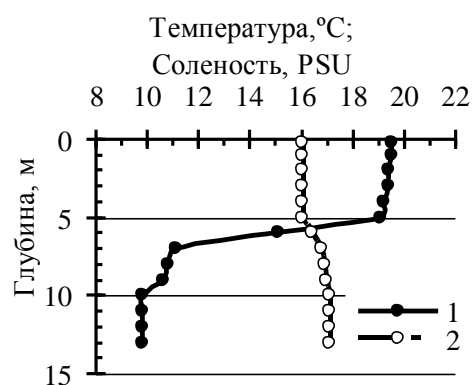
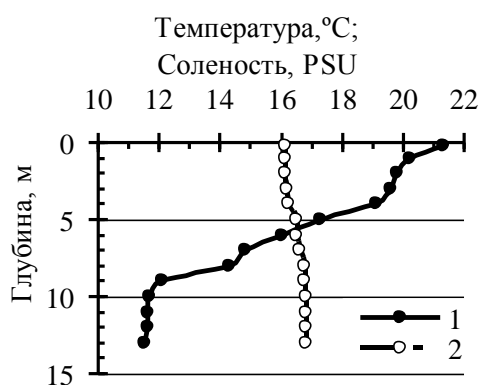


Рис. 9 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) на станции MHBS-09 29.06.2017 г. (слева) и 31.08.2017 г. (справа)

его температура составляла 21,3°C и уменьшалась монотонно до величины 19,1 °C на глубине 4 м, и затем до глубины 9 м наблюдалось более быстрое снижение температуры до 12,1°C, а затем температура до глубины 13 м оставалась практически неизменной 11,5 – 11,7 °C.

31 августа 2017 г. (рис. 9, правый), в отличие от августа 2016 г. (рис. 7, левый) в вертикальном распределении температуры наблюдался ярко выраженный термоклин на глубинах 5-7 м, между однородными слоями 0-5 м и 7-13 м, в которых температура изменялась в пределах 18,7-19,5 °C и 9,8-11,1°C соответственно.

По экспериментальным данным изменений температуры на разных глубинах на всех станциях микрополигона МГБС (рис. 2) нами были построены временные распреде-

ления температуры водных слоев (рис.10), анализ которых показал, что наибольшие вариации в толще воды от поверхности до дна наблюдались в весенне-летний период года, а начиная с сентября весь исследованный слой воды становился однородным по температуре.

К сожалению, из-за погодных условий мы не смогли провести наблюдения в период с декабря по апрель, но можно предположить, что вследствие хорошего перемешивания воды в периоды зимней штормовой погоды температура всего водного слоя от поверхности до дна была практически одинаковой, и весной следующего года опять начинался сезонный прогрев вод Одесского залива, который достигал своего максимума в период июнь-август.

Таким образом, можно сделать вывод о

том, что температурный режим прибрежных вод на полигоне МГБС в Одесском заливе в 2016-2017 гг. характеризовался ярко выраженной сезонностью, вызванной взаимодействием с атмосферой (весенне-летний прогрев / осенне-зимнее охлаждение) [16], а также адвекцией и прибрежным апвеллингом. Результаты наших наблюдений соответству-

ют литературным данными о том, что температурный режим прибрежных вод Черного моря определяется радиационным балансом и процессами тепло- и энергообмена поверхностных слоев воды с атмосферой, а также прибрежной сгонно-нагонной циркуляцией и турбулентным перемешиванием [4].

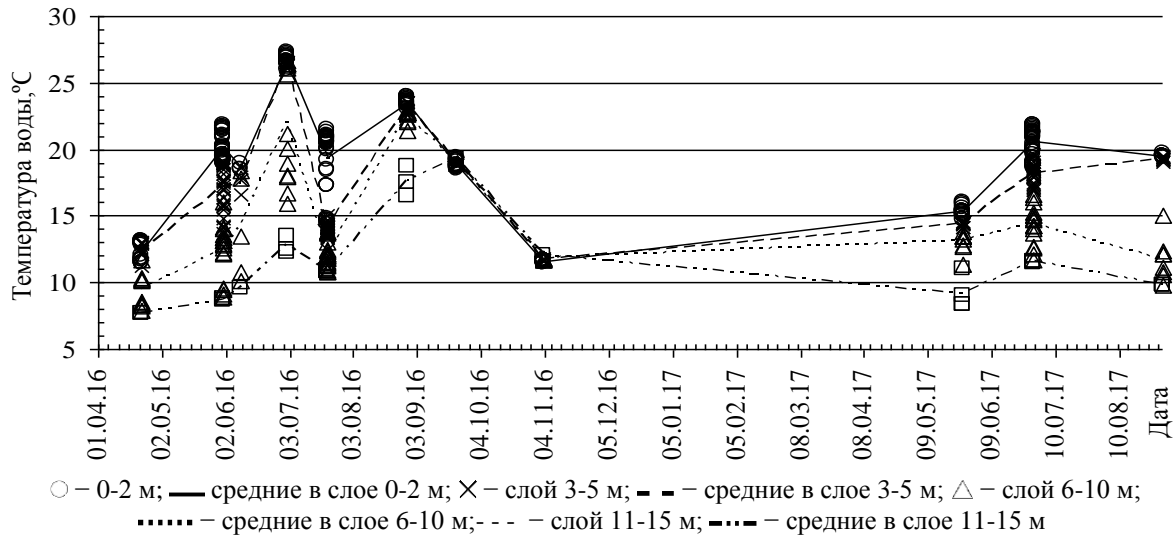


Рис. 10 – Результаты измерений и средние значения температуры воды на полигоне МГБС в 2016-2017 гг. в разных слоях воды

Анализ результатов еженедельных наблюдений солёности прибрежных вод на станции МНБС-R в 2016-2017 гг. (рис.4) показал, что значения солёности изменялись в пределах: от 7,82 PSU (10.03.2017 г., поверхностный слой воды) и до 17,03 PSU (30.03.2017 г., придонный слой) при средних значениях для поверхностного и придонного слоя воды $14,99 \pm 0,33$ и $15,14 \pm 0,31$ PSU соответственно. В распределении солёности в период наблюдений 2016-2017 гг. сезонный ход не прослеживался, однако 30 мая, 21, 29 июня, 21 ноября 2016 г. и 10 марта 2017 г. наблюдались резкие снижения значений солёности в поверхностном/придонном слоях воды до величин 11,47/11,63; 10,35/10,52; 11,19/11,18; 13,06/13,06; 7,60/9,23 PSU - соответственно. Эти явления, по нашему мнению, могли быть вызваны адвекцией в Одесский залив распреснённых водных масс от Днепро-Бугского приустьевых района, которое наблюдалось ранее другими исследователями [1, 3, 4] и объясняются доминированием в СЗЧМ стокового течения от рек Днепр и Южный Буг а также термохалинной циркуляцией циклонического типа, вызывающих у западного берега СЗЧМ до изобаты 10 м южный вдольбереговой перенос вод [7, 9]. При этом следует отметить, что реги-

страция распреснённых водных масс в Одесском заливе всего лишь 5 раз в течение периода наших наблюдений свидетельствует об эпизодической смене свойств водных морских масс, которые определяют качество морских вод в важном рекреационном районе и должна быть использована для планирования исследований качества воды и состояния гидробионтов в эти периоды.

Анализ вертикального распределения солёности (от поверхности до глубины 14,5 м) по результатам ежемесячных съёмок на полигоне МГБС показал следующее (рис. 5-9).

Во время первой съёмки на полигоне МГБС 22, 26.04.2016 г. (рис. 5, левый) наблюдалось синхронное повышение солёности воды от 14,50 до 17,00 PSU с понижением температуры с глубиной. Слой скачка солёности с 14,90 до 16,50 PSU наблюдался на глубинах 4-8 м и совпадал со слоем скачка температуры. 1 июня 2016 г. (рис. 5, правый) солёность поверхностного слоя воды уменьшилась до 13,12 PSU и далее с глубиной она монотонно возрастала до 16,91 PSU на глубине 13 м.

2 июля 2016 г. (рис. 6, левый) одновременно с ярко выраженным скачком температуры, когда разница температур поверхностного (0-6 м) и придонного слоев

воды достигала 14,3°C и была максимальной для всего ряда наших наблюдений в 2016-2017 гг., в вертикальном распределении солености в слое от поверхности до 6 м наблюдалась практически неизменная соленость (около 13,6 PSU), а затем - значения солености возрастали от 13,29 до 16,79 PSU на глубинах 6 м и 12 м соответственно.

21 июля 2016 г. (рис. 6, правый) соленость поверхностного слоя воды возросла до 15,43 PSU, при этом соленость придонного слоя вод 16,79 PSU осталась неизменной. Глубины скачка солености и температуры сместились до 1-3 м, в котором соленость увеличивалась с 15,43 до 16,79 PSU.

29 августа 2016 г. (рис. 7, левый) соленость воды в слое от поверхности до глубины 8-9 м была практически постоянной и менялась от 15,78 до 16,00 PSU. На глубинах резкого снижения температуры (9-11,5 м) соленость незначительно возросла до 16,68 PSU.

22 сентября 2016 г. (рис. 7, правый) соленость поверхностного и придонного слоев воды была практически одинаковой 15,83-15,84 PSU, т.е. водная масса стала однородной по солености и по температуре.

3 ноября 2016 г. (рис. 8, левый) соленость поверхностного и придонного слоя воды незначительно увеличилась, изменяясь в пределах от 16,47 до 16,59 PSU соответ-

ственно.

26 мая 2017 г. (рис. 8, правый) распределение значений солености по глубине, несмотря на уже начавшийся весенний прогрев водной массы, оставалось практически однородным. При этом соленость изменялась в пределах от 15,71 до 16,65 PSU в поверхностном и придонном слоях воды соответственно.

29 июня 2017 г. (рис. 9, левый) соленость в толще воды от поверхности до дна продолжала быть однородной (16,06-16,71 PSU), что может свидетельствовать о том, что водная масса в Одесском заливе в течение месяца не менялась.

31 августа 2017 г. (рис. 9, правый), однородность распределения солености по глубине (15,94 PSU в поверхностном слое и 17,01 PSU – в придонном слое) незначительно нарушилась в слое термоклина (5-7 м), в котором она возрастала от 16,024 до 16,795 PSU.

По экспериментальным данным измерений солености на всех станциях микрополигона МГБС (рис. 2) нами были построены временные распределения солености водных слоев (рис. 11), анализ которых выявил сезонную периодичность вариаций величин солености в разных слоях водной толщи микрополигона.

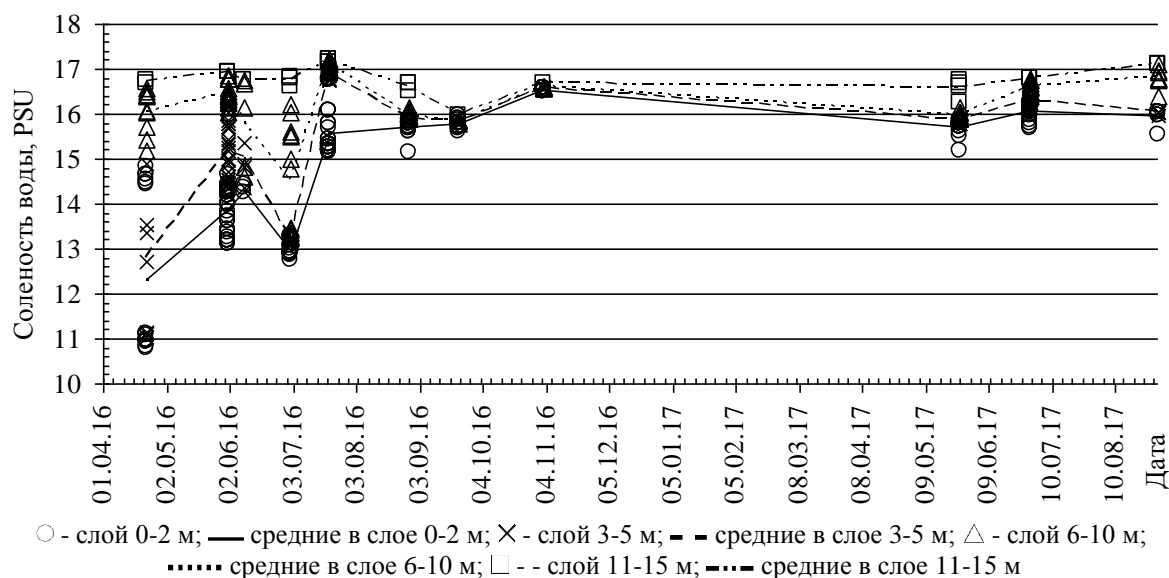


Рис. 11 – Результаты измерений солености воды на полигоне МГБС в 2016-2017 гг. на разных глубинах и средние значения солености в разных слоях воды

Максимальные вариации солености наблюдались в весенне-летний период (22 и 26.04.2016 г., 01.06.2016 г., 02.07.2016 г. и 21.07.2016 г.), когда, по-нашему мнению, в район МГБС поступали распресненные вод-

ные массы от приустьевых участков СЗЧМ. Начиная с сентября, разброс значений солености по станциям и по слоям водной толщи уменьшался и достигал минимума в ноябре. Сравнение вариаций солености весной 2016

и 20187 г. показал, что в 2017 году водные массы на микрополигоне более однородными, чем в 2016 г. При этом в августе 2017 г. на глубинах 5-7 м наряду с сильно выраженным термоклином наблюдался также незначительный галоклин с вертикальным градиентом солености – 1 PSU/м, что свидетельствовало об установлении устойчивой двухслойной вертикальной стратификации вод, вызвавшей наблюдавшиеся, по нашим неопубликованным данным, гипоксические явления на глубинах более 8 м.

Особый интерес представляют сравнение результатов ежелеканных (рис. 4) и ежемесечных (рис. 10 и 11) наблюдений, которое показало, что при проведении ежелеканных наблюдений адвекция распресненных водных масс была зафиксирована в 13,5% случаев наблюдений (5 из 37), а при ежемесечных на 13 станциях микрополигона - ни разу. Т.е. при проведении ежемесечных детальных съемок прибрежных вод Одесского залива все случаи адвекции распресненных вод остались незарегистрированными. Это позволяет сделать вывод о том, что для фиксации всех случаев адвекции распресненных водных масс в район исследований и проведения контроля за качеством и загрязнением таких водных

масс необходимо проводить ежедневные измерения солености, по результатам которых исследователи должны принимать решение о выполнении полной программы наблюдений на микрополигоне для получения объективной информации о качестве прибрежных вод, особенно в период рекреационного сезона (с мая по сентябрь). Такой вывод диктует необходимость пересмотра стратегии и программы мониторинга прибрежных вод.

Исследования [18,19], проведенные научной группой ОНУ имени И.И. Мечникова в 2016-2017 гг. на полигоне МГБС, показали базовую роль гидрологических характеристик прибрежных вод в формировании качества морских вод и развития фитопланктонного сообщества. Особый интерес для дальнейшего понимания процессов формирования пространственного и временного распределения солености, температуры и прозрачности прибрежных вод Одесского залива представляют исследования влияния ветрового и термического взаимодействий приводной атмосферы с морской поверхностью, которые необходимо планировать и проводить в дальнейшем.

Выводы

Исследование гидрологических характеристик прибрежных вод Одесского залива в районе морской гидробиологической станции ОНУ имени И.И. Мечникова в 2016-2017 гг. позволило выявить сезонные особенности их распределения на полигоне МГБС, которые характеризовались следующим образом.

Прозрачность морской воды была минимальной в мае и июне 2016 года и составляла 2,2-2,8 м и затем нарастала до значений 6,5 м в ноябре 2016 года. Максимальные за весь период наблюдений значения прозрачности наблюдались в мае 2017 г. и достигали величины 7,0 м.

Распределение температур морской воды в Одесском заливе в 2016-2017 гг., которые изменялись от 1,4°C до 26,5°C, характеризовалось ярко выраженным сезонным ходом, который определялся весенне-летним прогревом / осенне-зимним охлаждением, а также прибрежным апвеллингом, адвекцией водных масс из других районов моря и другими процессами, прежде всего

сезонными изменениями радиационного баланса и процессами тепло- и энергообмена поверхностных слоев воды с атмосферой.

Сравнение наших экспериментальных данных 2016-2017 гг. со средними многолетними за 1915-2011 гг. для этого района моря показало, что в 2016-2017 гг. среднемесячные значения температуры поверхностного слоя воды на полигоне МГБС были выше, чем их среднемноголетние значения для периода 1915-2011 гг. октябре на 0,3-0,4°C в феврале и на 3,4°C - в апреле и июле.

Исследования солености прибрежных вод в Одесском заливе показали, что соленость изменялась в пределах от 7,82 PSU до 17,03 PSU, придонный слой) при средних значениях для поверхностного и придонного слоя воды 14,99±0,33 и 15,14±0,31 PSU соответственно. При этом максимальные вариации значений солености наблюдались в весенне-летние периоды года, а минимальные - в ноябре. Показано, что при проведении ежелеканных наблюдений адвекция распресненных водных масс была зафиксирова-

на в 13,5% случаев наблюдений (5 из 37), а при ежесезонных на 13 станциях микрополигона - ни разу. Т.е. при проведении ежесезонных детальныx съемок прибрежных вод Одесского залива все случаи адвекции распресненных вод остались незарегистрированными.

Анализ данных о вертикальном распределении температуры и солености в водной толще позволил выявить некоторые особенности формирования устойчивой двухслойной вертикальной стратификации вод в весенне-летний период в прибрежных водах Одесского залива. Для полного понимания этих процессов в дальнейшем необходимо провести более детальныe дополнительные исследования по влиянию полей ветра в районе МГБС на формирование температурно-соленостного режима прибрежных вод.

Предлагается также пересмотреть стратегию и программу мониторинга прибрежных вод, так как для фиксации всех случаев адвекции распресненных водных

масс в район исследований и проведения контроля за качеством и загрязнением таких водных масс целесообразно проводить ежедневные измерения солености на одной из станций наблюдений, по результатам которых исследователи должны принимать решение о сроках выполнении полной программы наблюдений на микрополигоне для получения объективной информации о качестве распресненных прибрежных вод, особенно в период рекреационного сезона (с мая по сентябрь).

Настоящая работа подготовлена в рамках научного проекта 2017-2019 гг. «Провести морские экосистемные исследования и разработать научную основу для внедрения директивы ЕС по морской стратегии» по заказу Министерства образования и науки Украины с использованием результатов полевых исследований в Одесском заливе 2016-2017 гг., которые финансировались международным (EU-UNDP) проектом EMBLAS-II.

Литература

1. Большаков В. С. Трансформация речных вод в Черном море. Киев: Наук. думка, 1970. 328 с.
2. Ильин Ю. П., Лемешко Е. М., Станичный С. В. Изменение гидрологической структуры вод под действием ветра на придунайском шельфе Чёрного моря по данным полигонных и спутниковых наблюдений. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа* : сб. науч. тр. Севастополь, 1999. С. 91–110.
3. Ильин Ю. П. Гидрологический режим распространения речных вод в северо-западной части Черного моря. *Научные труды УкрНИИГМИ*, 2006. Вып.255. С. 242-251.
4. Ильин Ю. П. и др. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2: Черное море. Севастополь: УкрНИИГМИ, 2012. 421 с.
5. Сминтина В. А. та ін. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія. Одеса: Астропринт, 2008. 228 с.
6. Газетов Е. И., Мединец В. И. Исследование изменчивости основных физико-химических характеристик прибрежных морских вод у о. Змеиный в 2004-2014 гг. *Вестник ОНУ имени И.И. Мечникова*, 2016. Т. 21, Вып. 2(29). С. 24-45.
7. Ю. П. Зайцев и др. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наукова думка, 2006. 701 с.
8. Поліпшення моніторингу довкілля Чорного моря, фаза 2 - EMBLAS-II: Проект UNDP- EU, 2015-2018. URL: <http://www.emblasproject.org>
9. Доценко С. А., Адобовский В. В., Никаноров В. А. Динамика вод в прибрежной зоне одесского региона северо-западной части Черного моря. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2013. № 13. С. 245-249.
10. Козлова Т. В. и др. Морфоструктурные особенности абразионно-оползневой бечки одесского побережья Черного моря. *Вестник ОНУ имени И.И. Мечникова*, 2017. Т. 22, Вып. 2. С. 159-171.
11. Руководство по гидрологическим работам в морях и океанах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 725 с.
12. Руководство пользователя портативного прибора HQ 40d (Hach). 28 с.
13. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. *Tech. Pap. Mar. Sci. Unesco*, 1981. № 37. 145 p.
14. Иванов В. А., Михайлова Э. Н., Шапиро Н. Б. Моделирование ветровых апвеллингов в окрестностях локальных особенностей рельефа дна на северо-западном шельфе Черного моря. *Морской гидрофизический журнал*, 2008. № 3. С. 68 – 80.
15. Полонский А. Б., Музылева М. А. Современная пространственно-временная изменчивость апвеллинга в

- северо-западной части Черного моря и у побережья Крыма. *Известия РАН. Серия Географическая*, 2016. № 4. С. 96–108.
16. Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря. Севастополь: Морской гидрофизический институт, 2011. 212 с.
17. Виноградова Л. А., Василева В. Н. Многолетняя динамика и моделирование состояния экосистемы прибрежных вод северо-западной части Черного моря. Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1992. 107 с.
18. Ковальова Н.В., Медінець В.І., Мілева А.П., Ботнар М.Г., Снігірьов С.М., Газетов Є. І., Медінець С.М. Порівняльна оцінка якості прибережних морських вод Одеської затоки і району острова Зміїний в 2016 р. *Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Серія: «Екологія»*, 2017. Вип. 16. С. 132-140.
19. Дерезюк Н.В., Медінець В.І., Газетов Є.І., Люмкіс П.В. Дослідження фітопланктону Одеської затоки в 2016-2017 рр. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*, 2018. Вип. 18. С. 1 - 20.

References

1. Bolshakov, V.S. (1970) Transformatsiya rechnykh vod v Chernom more [Transformation of river waters in the Black Sea]. Kiev: Naukova dumka, 328 [In Russian].
2. Piyin, Yu.P., Lemeshko, E.M., Stanichnyi, S.V. (1999) Izmenenie gidrologicheskoy struktury vod pod deystviem vetra na pridunayskom shelfe Chernogo morya po dannym poligonnykh i sputnikovykh nablyudeniya [The change in water hydrological structure under wind influence at the Danube shelf of the Black Sea according to the polygon and satellite observations]. Sevastopol, 91-110 [In Russian].
3. Piyin, Yu.P. (2006) Gidrologicheskiy rezhim rasprostraneniya rechnykh vod v severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Hydrological regime of river water distribution in the northwestern part of the Black Sea]. Sevastopol: UkrNIGMI, (255), 242-251 [In Russian].
4. Piyin, Yu.P., Repetin, L.N., Belokopytov, V.N., Goryachkin, Yu.N., Dyakov, N.N., Cubryakov, A.A., Stanichnyi, S.V. (2012) Gidrometeorologicheskie usloviya morey Ukrainy. Tom 2: Chernoe more [Hydrometeorological conditions of the seas of Ukraine. Volume 2: The Black Sea]. Sevastopol: UkrNIGMI, 421 [In Russian].
5. Smyntyna, V.A., Medinets, V.I., Suchkov, I.O. et.al. (2008) Ostriv Zmiinyi: Ecosystema pryberzhnykh vod : Monografiya. [Zmiinyi Island: Ecosystem of coastal waters: Monograph]. Odessa, Astroprint, 228. ISBN 978-966-190-149-9 [In Ukrainian].
6. Gazyetov, Ye.I., Medinets, V.I. (2016) Issledovanie izmenchivosti osnovnykh fiziko-khimicheskikh kharakteristik pribrezhnykh morskikh vod u o. Zmeinyy v 2004-2013 gg. [Investigation of the basic physico-chemical characteristics variability in the Zmiinyi coastal sea waters in 2004-2013]. Herald of Odessa National I.I. Mechnikov University. Series: geography and geology, 21(2(29)), 24-45 [In Russian].
7. Zaytsev, Yu. P., Aleksandrov, B.G., Minicheva, G.G. and oth. (2006) Severo-zapadnaya chast Chernogo morya: biologiya i ekologiya [North-Western part of the Black Sea: biology and ecology]. Kiev: Naukova dumka, 701 [In Russian].
8. UNDP-EU Project «Polipshenya monirovannya dovkillya Chornogo morya. Faza 2 – EMBLAS-II» (2015-2018) [UNDP-EU Project «Improvement of environmental monitoring in the Black Sea, Phase 2 - EMBLAS-II»]. Available at: <http://www.emblasproject.org> [in English].
9. Dotsenko, S. A., Adobovskiy, V. V., Nikanorov, V. A. (2013) Dinamika vod v pribrezhnoy zone odesskogo regiona severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Water dynamics in the Odessa region coastal zone of the northwestern part of the Black Sea]. Ukrainian Hydrometeorological Journal, 13, 245-249 [In Russian].
10. Kozlova, T. V., Cherkez, E. A., Botnar, M. G., Gazyetov, Ye. I., Snigirev, S. M. (2017) Morfostrukturniyе osobennosti abraziionno-opolznevogо benchа odesskogo poberezhya Chernogo morya [Morphostructural features of the abrasion-landslide bench of the Odessa Black Sea coast]. *Herald of Odessa National I.I. Mechnikov University. Series: geography and geology*, 22(2), 159-171 [In Russian].
11. Rukovodstvo po gidrologicheskim rabotam v moryakh i okeanakh (1977) [Guidelines for hydrological work in the seas and oceans]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 725 [In Russian].
12. HACH LANGE (2006) The user manual of portable device HQ 40d (Hach), 28 [in English].
13. UNESCO (1981). Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. Tech. Pap. Mar. Sci., (37), 145 [in English].
14. Ivanov, V.A., Mihaylova, E.N., Shapiro, N.B. (2008) Modelirovaniye vetrovykh apvellingsov v okrestnostyakh lokalnykh osobennostey relefa dna na severo-zapadnom shelfe Chernogo morya [Wind upwelling modelling in the vicinity of local features of the sea bottom relief on the North-Western shelf of the Black Sea]. Marine Hydrophysical Journal, (3), 68-80 [In Russian].
15. Polonskii, A & Muzyleva, M.A. (2016) Sovremennaya prostranstvenno-vremennaya izmenchivost apvellinga v severo-zapadnoy chasti Chernogo morya i u poberezhya Kryima [Modern spatial-temporal variability of upwelling in the North-Western Black Sea and off the Crimea Coast]. Bulletin of the Russian Academy of Sciences, Geographical Series, (4), 96-108 [In Russian].

16. Ivanov, V.A., Belokopyitov, V.N. (2011) Okeanografiya Chernogo morya [Oceanography of the Black Sea]. Sevastopol: Gidrometeoizdat, 212 [In Russian].
17. Vinogradova, L.A., Vasileva, V.N. (1992) Mnogoletnyaya dinamika i modelirovanie sostoyaniya ekosistemy pribrezhnykh vod severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Long-term dynamics and modeling of the coastal waters ecosystem state in the Northwestern part of the Black Sea], St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 107 [In Russian].
18. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Mileva, A.P., Botnar, M.G., Snigirov, S.M., Gazyetov, Ye.I., Medinets, S.V. (2017). Porivnyalna otsinka yakosti prybrezhnykh morskyykh vod Odeskoyi zatoky i raionu ostrivu Zmiinyi v 2016 r. [Comparative characteristics of marine coastal waters in Odesa bay and the Zmiinyi Island area in 2016]. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (16), 132-140 [In Ukrainian].
19. Derezyuk, N.V., Medinets, V.I., Gazyetov, Ye.I., Lyumkis, P.V. (2018) Doslidzhennya fitoplanktonu Odeskoyi zatoky v 2016-2017 rr. [Study of Phytoplankton in Odesa Bay in 2016-2017]. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (18), 1-20 [In Ukrainian].

Надійшла до редколегії 01.11.2018

УДК 504.45.058

Н. В. КОВАЛЬОВА¹, канд. біол. наук, с.н.с., **В. І. МЕДІНЕЦЬ**¹, канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.,
С. В. МЕДІНЕЦЬ¹, д-р природ. наук, **С. М. СНИГІРЬОВ**¹, канд. біол. наук, **О. П. КОНАРЕВА**¹,
Є. І. ГАЗЕТОВ¹, **А. П. МІЛЕВА**¹, **І. Л. ГРУЗОВА**¹, **І. Є. СОЛТИС**¹, **П. М. СНИГІРЬОВ**¹,
Х. О. СВІТЛИЧНА¹

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна.

пров. Маяковського 7, м. Одеса, 65082, Україна

e-mail: n.kovaleva@onu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-9710-0993>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ТРОФІЧНОГО СТАТУСУ ВОД КУЧУРГАНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА У 2006-2018 РР.

Мета. Оцінка трофічного статусу вод Кучурганського водосховища у 2006-2018 рр. **Методи.** Визначення гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних характеристик водного середовища водойми проводилися за стандартними методиками. Використані чотири індикатори евтрофікації вод: концентрація хлорофілу *a*, чисельність бактеріопланктону, трофічні індекси TSI і TRIX. **Результати.** Проаналізовано особливості фізико-хімічних характеристик вод водосховища. Зафіксована підвищена температура води в середині і пониззі водосховища порівняно з верхів'ям. Виявлено зростання мінералізації вод в напрямку від пониззя до верхів'я, де найчастіше фіксувалося критичне для життя гідробіонтів зниження концентрацій кисню. Проведений аналіз довгострокових змін хлорофілу *a* і бактеріопланктону. На основі результатів комплексних досліджень влітку 2006-2019 рр. проведено оцінку трофічного стану вод різних ділянок водосховища. Виявлені статистичні взаємозв'язки між показниками трофічного стану і фізико-хімічними характеристиками водойми. Зареєстрований тісний позитивний кореляційний зв'язок між вмістом хлорофілу *a* і чисельністю бактеріопланктону, що обумовлено функціональною залежністю бактерій від органічної речовини, яка продукується фітопланктоном. Показано, що зі збільшенням обсягів води у водосховищі значення цих індикаторів трофічного стану зменшувалися, що підтверджено тісним негативним кореляційним зв'язком між ними і глибиною водойми. Вперше показано, що прозорість води виявила тісні значимі негативні кореляційні зв'язки з усіма індексами і індикаторами трофічного статусу вод, що свідчить про можливість використання прозорості в якості простого індикатора трофічного стану вод, оскільки чим прозоріше води, тим нижче трофічність вод і вище якість водного середовища. **Висновки.** Встановлено, що оцінки трофічного статусу Кучурганського водосховища за хлорофілом *a*, бактеріопланктоном і трофічним індексом TSI практично співпадають і свідчать про зростання трофічного статусу водойми з евтрофного до гіпертрофного в останні 2016-2018 рр. Верхів'я водосховища характеризувалося підвищеною трофічністю вод у порівнянні з центральною ділянкою та пониззям. Значення трофічного індексу TRIX, який був розроблений для оцінки морських вод, практично завжди указували на більш високий трофічний статус, ніж інші індикатори.

Ключові слова: евтрофікація, хлорофіл, бактеріопланктон, TSI, TRIX

Kovalova N. V., Medinets V. I., Medinets S.V., Snihirov S. M., Konareva O. P., Gazyetov Ye. I., Mileva A. P., Gruzova I. L., Soltys I. E., Snigirev P. M., Svitlichna K. O.

Odessa National I.I. Mechnikov University, Odessa

STUDY OF CHANGES OF TROPHIC STATUS OF THE KUCHURGANSKE RESERVOIR IN 2006-2018

Purpose. Assessment of the trophic status of water in the Kuchurganske Reservoir in 2006-2018. **Methods.** Determination of hydrological, hydrochemical and hydrobiological characteristics of the water body's environment has been done using standard methodologies. Four indicators of water eutrophication have been used: chlorophyll *a* concentration, bacterioplankton number, trophic indices TSI and TRIX. **Results.** Features of physicochemical characteristics of water in the water-body have been analysed. Higher water temperature has been registered in the middle and lower parts of the water-body compared with its upper reaches. Mineral content increase in water has been found in the direction from lower to upper part; the critical for hydrobionts life decrease of oxygen concentration has been registered in the upper reaches the most often. Analysis of long-term changes in chlorophyll *a* and bacterioplankton has been carried out. Statistical interconnections have been established between trophic state indicators and physicochemical characteristics of the reservoir. A close positive correlation has been registered between chlorophyll *a* content and bacterioplankton number, which is caused by the functional dependence of bacteria on the organic matter produced by phytoplankton. It has been shown that with an increase of water volume in the reservoir the value of these indicators of trophic status went down, which was proved by close negative correlation dependence between those values and the depth of water-body. It was demonstrated for the first time that water transparency revealed close significant negative correlation with all the indices and indicators of water trophic status, which evidenced the possibility to use the transparency as a simple indicator of water trophic state as the more transparent is the water the lower is trophicity and the higher is the quality of the aquatic environment. **Conclusions.** It was

established that the Kuchurganske Reservoir's trophic status assessment on chlorophyll *a*, bacterioplankton and the TSI trophic index practically coincided and evidenced the increase in trophic status of the water-body from eutrophic to hypertrophic in last 2016-2018. The reservoir's upper reaches were characterized by higher water trophicity compared with the central and lower parts. The values of TRIX trophic index developed for marine water assessment had practically always been showing higher trophic status compared to other indicators.

Keywords: eutrophication, chlorophyll, bacterioplankton, TSI, TRIX

Ковалева Н. В., Мединец В. И., Мединец С. В., Снигирев С. М., Конарева О. П., Газетов Е. И., Милева А. П., Грузова И. Л. Солтыс И. Е., Снигирев П. М., Светличная К. А.

Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова

ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОД КУЧУРГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2006-2018 ГГ.

Цель. Оценка трофического статуса вод Кучурганского водохранилища в 2006-2018 гг. **Методы.** Определение гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик водной среды водоема проводилось по стандартным методикам. Используются четыре индикатора эвтрофикации вод: концентрация хлорофилла *a*, численность бактериопланктона, трофические индексы TSI и TRIX. **Результаты.** Проанализированы особенности физико-химических характеристик вод водохранилища. Зафиксирована повышенная температура воды в средней и нижней части водоема по сравнению с верховьем. Выявлено увеличение минерализации вод в направлении от низовья к верховью, где часто фиксировалось критическое для жизни гидробионтов снижение концентрации кислорода. Проведен анализ многолетних изменений хлорофилла *a* и бактериопланктона. Выявлены статистические взаимосвязи между показателями трофического состояния и физико-химическими характеристиками водохранилища. Зарегистрирована тесная позитивная корреляционная связь между содержанием хлорофилла *a* и численностью бактериопланктона, что обусловлено функциональной зависимостью бактерий от органического вещества, которое продуцируется фитопланктоном. Показано, что с увеличением объемов воды в водохранилище значения этих индикаторов трофического состояния уменьшались, что подтверждается тесной негативной корреляционной связью между ними и глубиной водоема. Впервые показано, что прозрачность воды выявила тесные значимые негативные корреляционные связи со всеми индексами и индикаторами трофического статуса вод, что свидетельствует о возможности использовать прозрачность в качестве простого индикатора трофического состояния вод, поскольку чем воды прозрачнее, тем ниже трофность вод и выше качество водной среды. **Выводы.** Установлено, что оценки трофического статуса Кучурганского водохранилища по хлорофиллу *a*, бактериопланктону и трофическому индексу TSI практически совпадают и свидетельствуют о возрастании трофического статуса водоема от эвтрофного до гипертрофного в последние 2016-2018 гг. Верховье водохранилища характеризовалось повышенной трофностью вод по сравнению с центральной его частью и низовьем. Значения трофического индекса TRIX, который разработан для оценки морских вод, практически всегда показывали более высокий трофический статус, по сравнению с другими индикаторами.

Ключевые слова: эвтрофикация, хлорофилл, бактериопланктон, TSI, TRIX

Вступ

Кучурганське водосховище відноситься до найбільших водойм басейну Нижнього Дністра, яке розташоване на кордоні України та Молдови. Водосховище вже багато років використовується в якості водойми-охолоджувача Молдовської ГРЕС, що викликало негативні наслідки в функціонуванні його екосистеми. Підвищення температури води у водосховищі-охолоджувачі привело до змін природних параметрів ряду абіотичних чинників – концентрацій розчинених газів, біогенних елементів і органічної речовини, іонного складу і мінералізації води. Нерегулярна і недостатня за обсягами зміна води у водоймі внаслідок його зарегулювання призводить до порушень процесів самоочищення води та сприяє підвищенню рівнів органічного і токсичного забруднення [1]. Влітку у

водоймі спостерігаються зони з пониженим вмістом кисню і масовим розвитком сине-зелених водоростей, що звичайно призводить до заморів риби та інших гідробіонтів [2]. Великий внесок в погіршення екологічного стану Кучурганського водосховища дає також водний стік річки Кучурган, в межах української частки басейну якої розташовані 6 міст і селищ міського типу і 121 село [3].

В зв'язку з тим, що найбільшим проявом антропогенного навантаження на екосистему Кучурганського водосховища є його прогресуюча евтрофікація, доцільно проведення уніфікації методичних підходів оцінки ступеню евтрофікації та якості водного середовища для чого можна використовувати як окремі показники евтрофікації (концентрація хлорофілу, вміст бактериопланктону), так і комплексні трофічні індек-

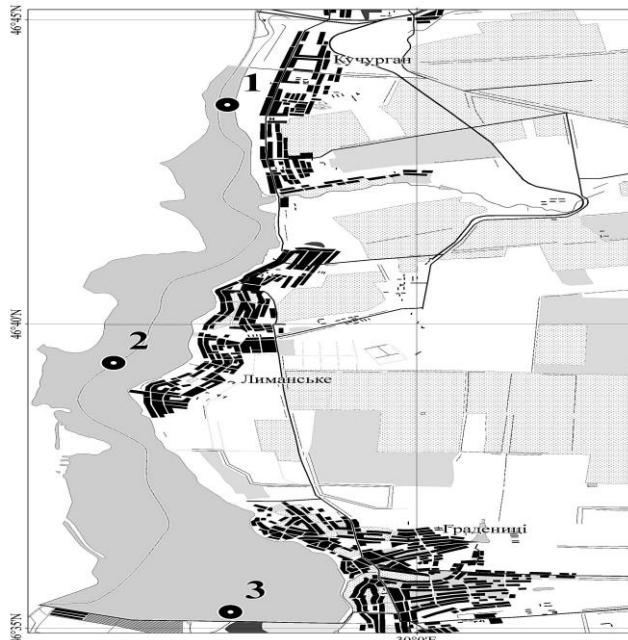
си TSI і TRIX [4, 5], що дозволяє проводити порівняльний аналіз трофічного статусу і оцінки стану вод різних водойм, а також робить результати цієї оцінки доступними для розуміння широкої громадськості.

Матеріали і методи

Використані матеріали щорічних досліджень Кучурганського водосховища, що проводились спеціалістами Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету імені І.І.Мечникова влітку кожного року з 2006-2018 рр. Відбір проб виконувався на трьох ділянках лиману: верхів'я, центральна частина (середина) та пониззя (рис. 1). Всього у 2006-2018 рр. було відібрано і проаналізовано 53 зразки води, у яких визначалися фізико-хімічні і окремі гідробіологічні характеристики за метода-

Метою нашого дослідження є визначення міжрічних змін трофічного статусу вод Кучурганського водосховища за 2006-2018 рр. з використанням різних індикаторів та індексів евтрофікації.

ми, що описані в роботах [6-11]. Для оцінки трофічного статусу вод використані індекси трофічного статусу вод TSI [4] і TRIX [5]. Інтервал значень індексу TSI від 0 до 100 включає трофічний діапазон від оліготрофних до гіпертрофних вод. Шкала індексу TRIX в цьому ж діапазоні трофності змінюється від 1 до 10. Застосовувалася також шкала OECD визначення трофічного статусу водойм за вмістом хлорофілу *a* [12] і національна класифікація якості поверхневих вод суші [13], в якій використовується показник чисельності бактеріопланктону.



1 – верхів'я, 2 – середина, 3 – пониззя

Рис. 1 – Розташування станцій відбору зразків води в Кучурганському лимані у 2006-2018 рр.

Результати та обговорення

Порівняння гідроморфологічних і фізико-хімічних характеристик водного середовища різних ділянок Кучурганського водосховища (табл. 1, 2) дозволив виявити наступні їх особливості.

Максимальні значення глибин водосховища були характерні для його центральної частини, де вона змінювалася від 3,0 (2013 р.) до 4,0 м (2010 і 2018 рр.) при середньому значенні $3,6 \pm 0,3$ м, що приблизно

в 2,4 і 1,7 рази було більше, ніж в верхів'ї і пониззі водойми відповідно. Мінімальна глибина (1,2 м) спостерігалась у верхів'ї водосховища влітку 2011 і 2017 рр.

Прозорість. Найбільші значення прозорості вод спостерігались в середній частині водосховища, де вони коливались від 0,3 м (2010 р.) до 2,0 м (2013 і 2015 рр.) при середньому значенні $1,0 \pm 0,5$, що приблизно в 1,7 рази перевищувало середнє значення в

Таблиця 1

Середні значення фізико-хімічних характеристик вод на різних ділянках Кучурганського водосховища влітку 2006-2018 рр.

Характеристика	Верхів'я	Середина	Пониззя
Глибина, м	1,5±0,2	3,6±0,3	2,1±0,5
Прозорість, м	0,6±0,2	1,0±0,5	0,9±0,4
Температура, °С	25,9±1,6	27,5±2,1	27,3±2,1
Мінералізація, г/л	2,35±0,32	1,82±0,24	1,61±0,32
Кисень, мг/л	3,77±3,01	6,55±2,66	5,37±2,18
Кисень, %	48,1±38,1	85,5±35,7	70,1±30,0
Водневий показник (рН)	7,79±0,35	8,33±0,21	8,01±0,37
Загальний азот, мгN/л	1,53±0,64	1,22±0,48	1,29±0,63
Нітрати, мгN/л	0,15±0,16	0,09±0,11	0,10±0,11
Амоній, мгN/л	0,18±0,10	0,21±0,17	0,20±0,15
Загальний фосфор, мгP/л	0,16±0,13	0,25±0,08	0,25±0,16
Фосфати, мгP/л	0,05±0,06	0,15±0,06	0,14±0,08

Таблиця 2

Граничні значення фізико-хімічних характеристик вод на різних ділянках Кучурганського водосховища влітку 2006-2018 рр.

Характеристика	Верхів'я	Середина	Пониззя
Глибина, м	1,2-1,9	3,0-4,0	1,4-2,9
Прозорість, м	0,2-0,8	0,3-2,0	0,3-1,5
Температура, °С	23,1-28,6	23,4-31,7	23,3-30,8
Мінералізація, г/л	1,89-2,97	1,35-2,15	0,86-2,09
Кисень, мг/л	0,12-8,38	0,19-10,67	1,49-9,93
Кисень, %	1,5-107,1	2,4-144,9	18,9-135,1
Водневий показник (рН)	7,32-8,38	7,85-8,89	7,53-8,85
Загальний азот, мгN/л	0,51-2,40	0,41-2,50	0,38-2,50
Нітрати, мгN/л	0,01-0,47	0,01-0,40	0,01-0,29
Амоній, мгN/л	0,05-0,31	0,03-0,60	0,06-0,58
Загальний фосфор, мгP/л	0,02-0,51	0,15-0,49	0,12-0,71
Фосфати, мгP/л	0,01-0,17	0,01-0,24	0,03-0,36

верхів'ї (0,6±0,2 м) і було близьким до середнього значення в пониззі (0,9±0,4 м). Мінімальні значення прозорості (0,2 м) були зареєстровані у верхів'ї водосховища влітку 2010 році.

Температура. Середні значення температури вод водосховища влітку 2006-2018 рр. (табл.1) коливались від 25,9±1,6°С (верхів'я) до 27,5±2,1°С (середня частина) і 27,3±2,1°С (пониззя). Аналіз коливань температури води (табл. 2) показав, що найменша температура (23,1°С) за 2006-2018 рр. була зареєстрована 23.07.2013 р. у верхів'ї, а максимальна (31,7°С) – 28.07.2016 р. у середній частині водосховища. Більш високі значення температури практично постійно спостерігались в центральній і нижній частинах водосховища у порівнянні з верхів'ям, що, за нашою думкою, було пов'язано з надходженням води в ці частини водойми з охолоджувального контуру Молдовської ГРЕС

Мінералізація. Аналіз середніх за

2006-2018 рр. значень мінералізації на різних ділянках водосховища показав, що вони збільшувалися від 1,61±0,32 г/л в нижній частині до 1,82 ±0,24 і 2,35±0,32 г/л у середній та верхній частині водойми відповідно. Максимальні значення мінералізації (2,97 г/л) зареєстровані у верхів'ї водосховища 27.07.2012 р., а мінімальні (0,86 г/л) - в пониззі 22.07.2014 р. У всі роки спостережень мінералізація води зростала у напрямі від пониззя до верхів'я водосховища, що було обумовлено потраплянням високо мінералізованих дренажно-стокових вод від Молдовської ГРЕС та стоку річки Кучурган.

Кисневий режим водосховища (табл. 1 і 2) характеризувався дуже великими коливаннями концентрацій (ступеню насичення) кисню відповідно від 0,12 мг/л (1,5 %) в верхів'ї водосховища до 10,67 мг/л (144,9 %) в центральній його частині з середніми значеннями у 2006-2018 рр. від 3,77±3,01 мг/л (48,1±38,1 %) в верхів'ї водосховища,

5,37±2,18 (70,1±30,0%) та 6,55±2,66 мг/л (85,5±35,7 %) – пониззі і в середній його частині відповідно. У верхів'ї низькі концентрації кисню (0,12-1,93 мг/л) і насиченості (1,5-23,3%) були наслідком евтрофікації, яка викликала гіпоксію і приводила до загибелі організмів, що було зафіксовано нами влітку 2006, 2009, 2010, 2011 і 2018 рр. В середній частині водосховища гіпоксійні явища, коли концентрації кисню знижувались до 0,19-0,39 мг/л (2,4-4,9%), спостерігались лише в липні 2010 і 2016 рр., а в пониззі - тільки в липні 2018 р., коли концентрації кисню склали 1,49 мг/л (18,9 %). Максимальні значення концентрацій кисню, які характерні для водойм з інтенсивним функціонуванням водоростей, спостерігались в середній частині водосховища в липні 2009, 2014 і 2016 рр., коли його концентрація зростала до 8,94-10,67 мг/л при насиченості 125,0-144,9 %, а також в пониззі у 2009 р., коли концентрація кисню досягала 9,93 мг/л (135,1 %).

Водневий показник (рН). Значення рН в Кучурганському водосховищі у 2006-2018 рр. змінювались в межах від 7,32 (2006 р., верхів'я) до 8,89 (2009 р., середня частина) при середніх значеннях 7,79±0,35, 8,01±0,37 і 8,33±0,21 у верхів'ї, пониззі та середній його частині відповідно. Слід відмітити, що зміни значень рН відбувалися синхронно з коливаннями вмісту кисню (коефіцієнт кореляції 0,77).

Біогенні сполуки. Аналіз наведених в табл. 1 даних про середні значення концентрацій сполук азоту показав, що для верхів'я водосховища були характерні підвищені, у

порівнянні з іншими його ділянками, концентрації загального азоту (в 1,2 рази) і нітратів (в 1,5 рази). Вміст загального фосфору і фосфатів в верхів'ї був відповідно в 1,6 і 3 рази меншим, ніж в середній та у нижній частинах водосховища. Граничні концентрації загального азоту (табл. 2) коливались в широкому діапазоні від 0,38 мгN/л в пониззі водосховища в липні 2010 р. до 2,40-2,50 мгN/л в пониззі та верхів'ї водойми в липні 2011 р. У той же час у верхів'ї визначені максимальні концентрації нітратів 0,47 мгN/л. Граничні концентрації амонійного азоту змінювались від 0,03 (липень 2006 р.) до 0,60 мгN/л (липень 2015 р.) в середній частині водосховища. Значення загального фосфору змінювались від 0,02 мгP/л (липень 2006 р.) у верхів'ї водосховища до 0,71 мгP/л (липень 2011 р.) у пониззі водойми. Концентрація фосфатів в водоймі змінювалася достатньо синхронно з коливаннями загального фосфору (коефіцієнт кореляції 0,69). Максимальне значення концентрації фосфатів (0,36 мгP/л) було зареєстровано у пониззі водосховища в липні 2011 р.

Хлорофіл а. Концентрації хлорофілу а в Кучурганському водосховищі (рис. 2) змінювались в широкому діапазоні від 2,08 мкг/л (верхів'я водосховища) у липні 2014 р. до 65,79 мкг/л і 62,21 мкг/л на тій же ділянці водойми у липні 2017 і 2018 р. відповідно. Середня за 2006-2018 рр. концентрація хлорофілу а у верхів'ї водосховища складала 36,45±19,00 мкг/л і була в 2,5 разів вищою ніж на інших ділянках (табл. 3).

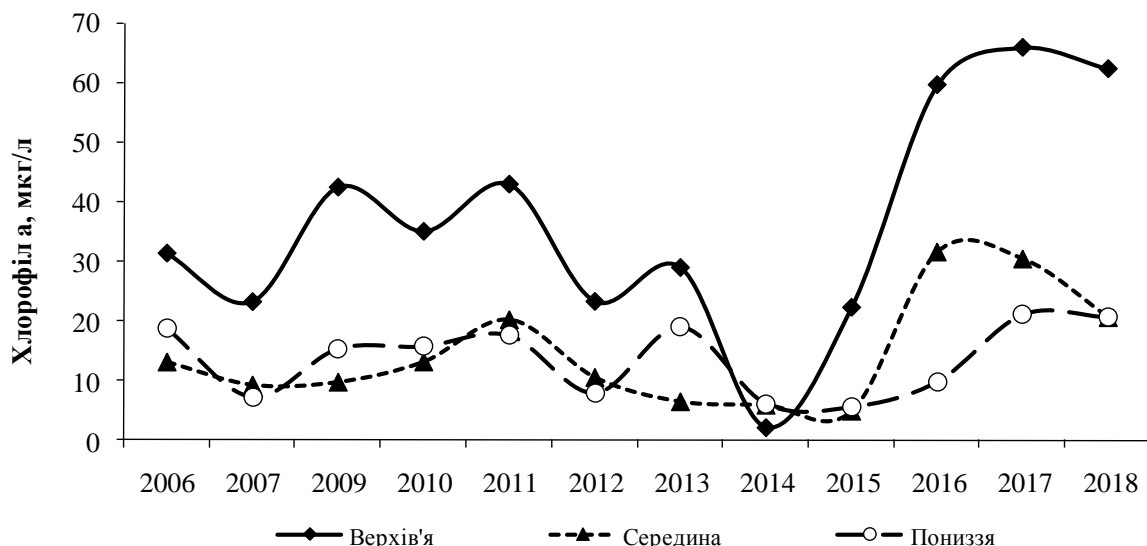


Рис. 2 – Середні концентрації хлорофілу а на різних ділянках Кучурганського водосховища влітку 2006-2018 рр.

Таблиця 3

Середні значення основних індикаторів евтрофікації на різних ділянках Кучурганського водосховища за період 2006-2018 рр.

Ділянка	Хлорофілл <i>a</i> , мкг/л	Численность бактериопланктона, 10 ⁶ кл/мл	Індекс TSI	Індекс TRIX
Верхів'я	36,45±19,00	11,79±5,14	68,8±6,1	8,1±0,7
Середина	14,68±7,97	6,10±1,90	66,8±4,8	7,6±0,6
Пониззя	14,57±6,77	5,53±2,50	66,7±5,1	7,8±0,6

Аналіз розподілу концентрацій хлорофілу *a* на різних ділянках Кучурганського водосховища влітку 2006-2018 рр. (рис. 2) показав, що у верхів'ї водосховища концентрації хлорофілу *a* практично завжди були вищими, ніж у його центральній частині і пониззі, в яких діапазон коливань і середні концентрації хлорофілу *a* були дуже близькими. В центрі водосховища максимальні концентрації хлорофілу (36,76 мкг/л і 31,03 мкг/л) спостерігалися влітку 2016 і 2017 рр. відповідно, а в пониззі максимуми концентрації реєструвались у липні 2006 р. (23,15 мкг/л) і 2017 р. (22,76 мкг/л). Треба відмітити різке зниження концентрацій хлорофілу *a* по всій акваторії водосховища в липні 2014 року, коли його вміст був в 4 рази меншим, ніж в середньому за 2006-2018 рр. При цьому, мінімальні концентрації хлорофілу в центральній (4,46-5,13 мкг/л) і нижній діля-

нці (5,59 мкг/л) водосховища спостерігалися в липні 2015 р. Різке збільшення вмісту хлорофілу в верхів'ї і центрі водосховища почалося влітку 2016 р. і в наступні 2017 і 2018 рр. високі концентрації хлорофілу вже визначалися на всіх досліджених ділянках, що свідчить про збільшення вмісту хлорофілу в водосховищі в останні 3 роки у порівнянні з минулими періодами.

Бактеріопланктон. Чисельність бактеріопланктону в водах Кучурганського водосховища (рис. 3) змінювалася в межах від 1,64 млн. кл/мл (липень 2010 р.) у пониззі до 21,89 млн.кл/мл (липень 2018 р.) у його верхній частині.

Середня за 2006-2018 рр. чисельність бактеріопланктону у верхів'ї водосховища складала 11,79±5,14 млн.кл/мл і була в 2,5 разів вищою ніж на інших ділянках (табл. 3).

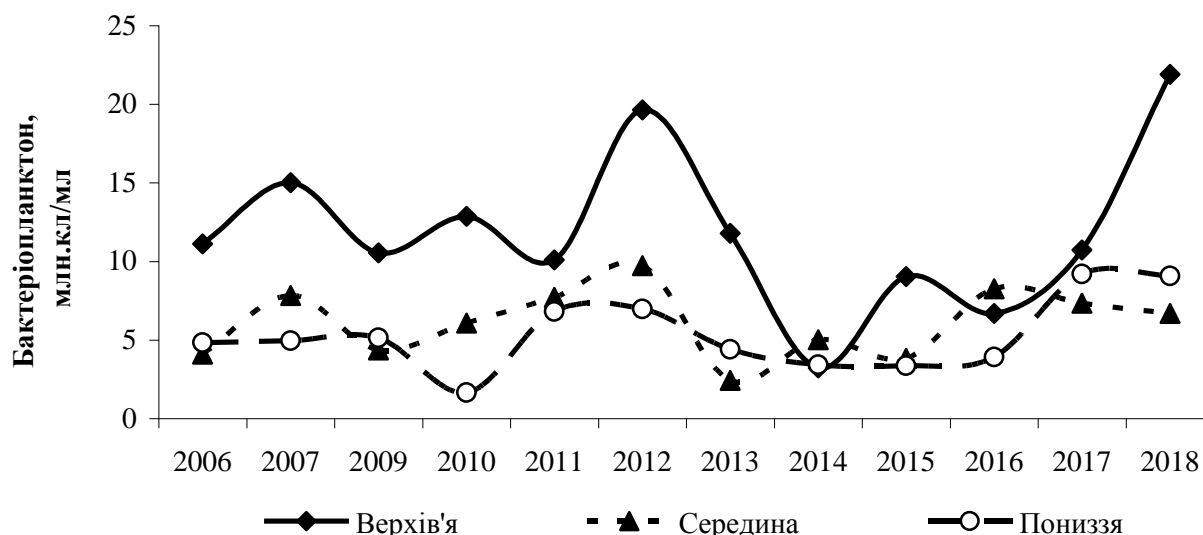


Рис. 3 – Середні значення чисельності бактеріопланктону на різних ділянках Кучурганського водосховища влітку 2006-2018 рр.

Аналіз часового розподілу чисельності бактеріопланктону на різних ділянках Кучурганського водосховища влітку 2006-2018 рр. (рис. 3) показав, що у верхів'ї чисельність бактеріопланктону практично

завжди була вищою, ніж у його центральній частині і пониззі, в яких діапазон коливань і середні значення були дуже близькими. Максимальні значення чисельності бактеріопланктону спостерігалися у верхів'ї водос-

ховища у 2012 р. (19,64 млн.кл/мл) і 2018 р. (21,89 млн.кл/мл), в середній частині - у липні 2012 р. (9,23-10,21 млн.кл/мл) і 2016 р. (10,59 млн.кл/мл), а в пониззі водосховища - в липні 2017 р. (9,76 млн.кл/мл) і 2018 р. (9,08 млн.кл/мл). Часовий хід чисельності бактеріопланктону в 2006-2018 рр. практично повторював міжрічні коливання хлорофілу *a* (коефіцієнт кореляції $r=0,62$), що свідчить про автохтонне походження органічної речовини в водоймі, і про зв'язок з евтрофікаційними явищами, в процесі

яких продукується і відмирає велика біомаса фітопланктону.

Трофічний статус вод Кучурганського водосховища визначався нами за чотирма показниками (концентрація хлорофілу *a*, чисельність бактеріопланктону та трофічні індекси TSI і TRIX), які є загально визнаними і найчастіше використовуються дослідниками для оцінки ступеню евтрофікації водойм [4-7, 12-13]. Результати відносної кількості зразків води з різним ступенем трофічного статусу наведені в таблицю 4.

Таблиця 4

Відносна кількість зразків води (%), відібраних у 2006-2018 рр. в різних частинах Кучурганського водосховища з мезотрофним (1), евтрофним (2) і політрофно-гіпертрофним (3) статусом за окремими індикаторами евтрофікації

Ділянка	Всього зразків	Хлорофіл <i>a</i>			Бактеріопланктон			Індекс TSI			Індекс TRIX		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Верхів'я	13	8	23	69	0	15	85	0	62	38	0	0	100
Середина	23	26	57	17	9	57	35	0	65	35	0	0	100
Пониззя	17	29	71	0	12	65	23	0	65	35	0	0	100
В цілому	53	23	53	24	8	49	43	0	64	36	0	0	100

За концентрацією хлорофілу *a* трофічність вод Кучурганського водосховища змінювалася у відповідності з класифікацією OECD [12] від мезотрофних (2,5-8 мкг/л) до евтрофних (8-25 бмкг/л) і гіпертрофних (>25 мкг/л). Рівень концентрацій хлорофілу *a* у більшості проаналізованих зразків води (53 % від загальної їх кількості) свідчить про переважно евтрофний статус вод, а решта зразків майже в рівній пропорції вказувала на мезотрофний (23 %) і гіпертрофний (24 %) статус. При цьому на різних ділянках водойми це співвідношення суттєво відрізнялося. В верхів'ї водойми домінували води гіпертрофного типу (69 %), тоді як в пониззі такого типу води не було зареєстровано. Аналіз оцінок трофічного статусу за середніми значеннями концентрації хлорофілу *a* показав (табл.5), що найчастіше (2006-2010, 2012, 2013, 2015) середня концентрація хлорофілу *a* у водах водосховища відповідала евтрофному статусу, одного разу - у 2014 р. – мезотрофному, а у 2011 і в останні 2 роки трофічний стан вод погіршився до гіпертрофного статусу.

Чисельність бактеріопланктону в Кучурганському водосховищі згідно класифікації [13] охоплювала чотири категорії трофності вод: мезотрофні (0,5-2,5 млн.кл/мл), евтрофні (2,6-7,0 млн.кл/мл), політрофні (7,1-10,0 млн.кл/мл) і гіпертрофні

(>10 млн.кл/мл). На відмінність від оцінок трофності вод за хлорофілом *a*, за критерієм чисельності бактеріопланктону води водосховища рідше відповідали мезотрофному статусу і частіше були політрофними і гіпертрофними (табл. 4). При цьому кількість спостережень з евтрофним статусом вод для обох показників майже співпадала.

Просторові зміни чисельності бактеріопланктону свідчать, що стан верхів'я водосховища у переважній більшості (85 % спостережень) відповідав політрофно-гіпертрофному статусу. Але трофічність вод знижувалася к пониззю, де такий високий статус був визначений тільки для 23 % спостережень.

Аналіз змін трофічного стану водосховища за чисельністю бактеріопланктону на протязі 2006-2018 рр. свідчить, що половину цього періоду (2006, 2009, 2013-2016 рр.) води відповідали евтрофному стану і таку ж кількість років (2007, 2010-2012, 2017, 2018 рр.) якість вод за показником чисельності бактеріопланктону відповідала політрофно-гіпертрофному стану. Але абсолютній максимум кількості бактерій, який відповідав гіпертрофному статусу вод був визначений в липні 2018 р.

Трофічний індекс TSI вод Кучурганського водосховища влітку 2006-2018 рр. (рис. 4) змінювався від 57,4 до 76,8, що згі-

дно класифікації [4] відповідало статусу евтрофних (TSI=50-70) і гіпертрофних (TSI=70-100) вод.

Середні за всі роки спостережень значення індексу TSI на трьох досліджених ділянках водосховища дуже близькі за значеннями і відповідали евтрофному статусу вод (табл. 3). Однак в 35-38 % спостережень води мали гіпертрофний статус, який у верхів'ї визначався на 3 % частіше, ніж в середині і пониззі (табл.4). У відмінності від оцінок статусу трофності за хлорофілом і бактеріопланктоном, трофічний статус вод

верхів'я водосховища за розрахованим TSI не відрізнявся від статусу інших ділянок, але у верхів'ї для TSI спостерігався позитивний тренд на протязі всього періоду досліджень.

Середньорічні значення індексу TSI на протязі всього періоду спостережень влітку 2006-2009 рр. і 2012-2015 рр. відповідали евтрофному статусу (табл. 5), а в 2010-2011 рр. і 2016-2018 рр. – гіпертрофному. При цьому максимальні значення TSI (75-77) спостерігались в останні 2016-2018 рр.

Таблиця 5
Середньорічні значення показників евтрофікації вод Кучурганського водосховища влітку 2006-2018 рр.

Рік	Хлорофіл а, мкг/л	Чисельність бактеріопланктону, 10 ⁶ кл/мл	Індекс TSI	Індекс TRIX
2006	22,37±7,99**	6,54±2,98**	62,1±4,1**	7,2±0,5***
2007	13,46±8,53**	9,21±5,20***	66,3±2,2**	7,8±0,2***
2009	22,25±17,71**	6,73±3,32**	65,8±1,8**	8,1±0,3***
2010	23,16±10,47**	7,16±5,60***	73,5±0,5***	7,6±0,9***
2011	26,86±13,92***	8,20±1,70***	70,2±2,8***	8,4±0,5***
2012	14,36±7,94**	12,44±6,25***	64,8±1,7**	7,2±0,5***
2013	18,38±10,98**	6,29±4,87**	65,0±4,2**	7,5±1,0***
2014	5,05±2,61*	4,28±1,67**	61,2±1,2**	7,6±0,5***
2015	10,99±9,75**	5,48±3,09**	62,1±3,7**	7,6±0,3***
2016	31,87±25,33***	5,51±1,43**	70,2±6,2***	7,7±0,6***
2017	39,38±23,12***	9,10±2,05***	74,4±0,9***	8,2±0,3***
2018	34,64±23,87***	12,71±8,01***	73,4±3,0***	9,0±0,5***

Примітка: трофічний статус вод: * - мезотрофні, ** - евтрофні, *** - гіпертрофні і політрофні.

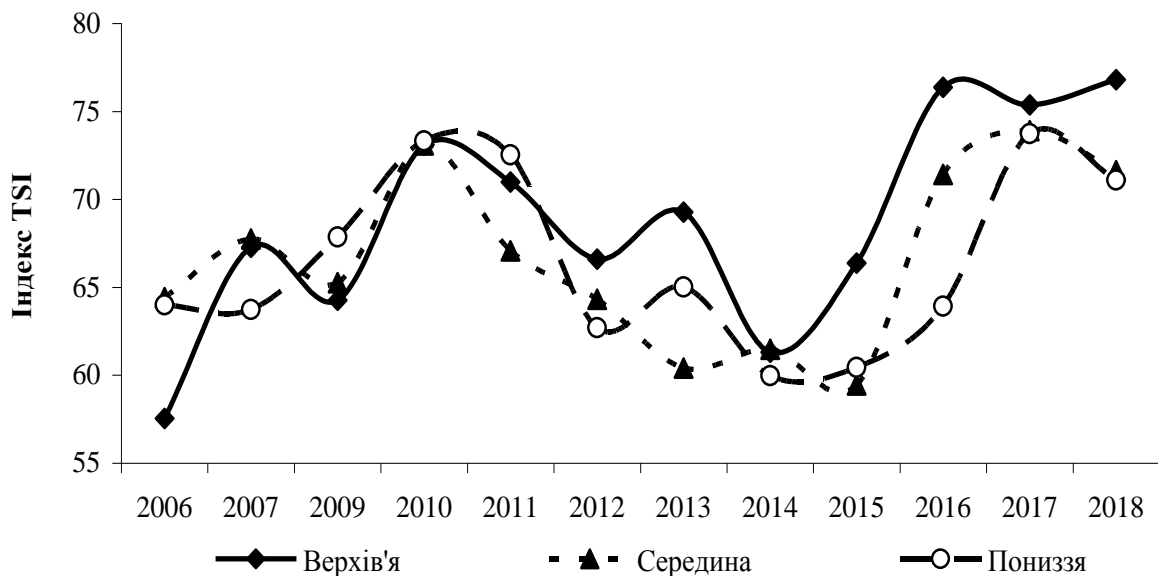


Рис. 4 – Середні значення трофічного індексу TSI на різних ділянках Кучурганського водосховища влітку 2006-2018 рр.

Трофічний індекс TRIX в Кучурганському водосховищі (рис. 5) змінювався від 6,0 до 9,5, що згідно до класифікації морських прибережних вод і естуаріїв [5] відповідає найвищому, тобто гіпертрофному статусу вод. Найменше значення TRIX (6,0) визначено в липні 2012 р. в центральній частині водосховища, а максимальне (9,5) в липні 2018 р. в верхів'ї водойми. Середні за період спостережень значення TRIX на трьох досліджених ділянках водосховища відповідали гіпертрофному статусу, але в верхів'ї його значення було найвищим у порівнянні з іншими ділянками (табл. 3). Найменші середньорічні для всієї водойми значення індексу TRIX ($7,2 \pm 0,5$) визначалися в липні 2006 і

2012 рр., а найвищі (8,2-9,0) - в липні 2011, 2017 і 2018 рр. Як і для інших проаналізованих вище показників евтрофікації, в останні три роки спостерігалася тенденція збільшення значень індексу TRIX у порівнянні з попередніми роками.

Порівняння значень усіх визначених показників евтрофікації Кучурганського водосховища з даними, що були отримані нами при дослідженні інших водойм басейну Нижнього Дністра (табл. 6), показало, що трофічний статус вод Кучурганського водосховища за весь період спостережень знаходився в межах, зареєстрованих нами стану інших водойм дельтової частини Дністра [14, 16].

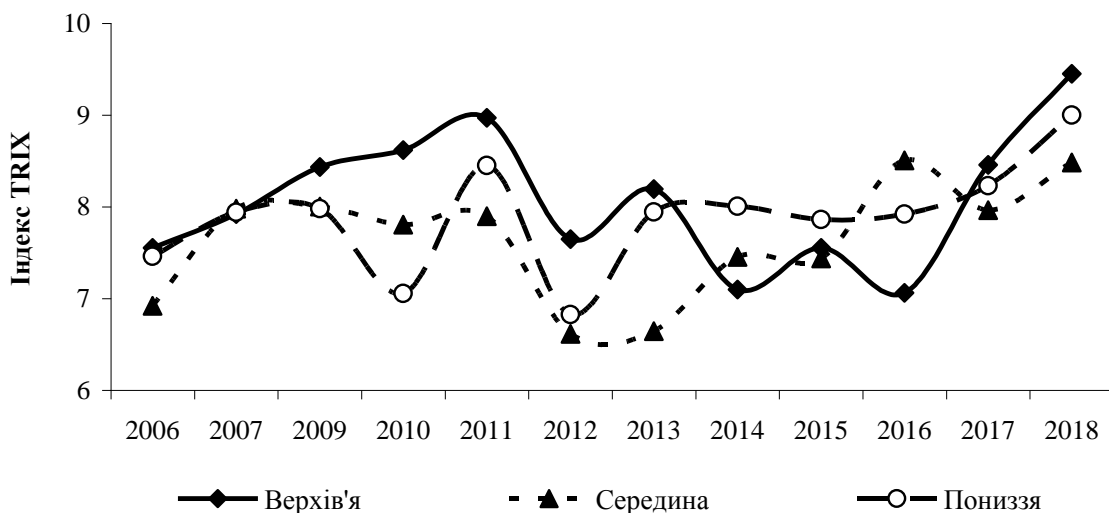


Рис. 5 – Середні значення трофічного індексу TRIX на різних ділянках Кучурганського водосховища в літні періоди 2006-2018 рр.

В середньому для усього водосховища і оз. Біле показники хлорофілу та індексу TSI свідчили про евтрофний стан вод. Разом з цим верхів'я водосховища мали більш високий трофічний статус і дані всіх показників на цієї ділянці були найбільш схожі до тих, що отримані в озерах Свині і Тудорово. Порівняння отриманих нами даних для Кучурганського водосховища з результатами досліджень Дністровського лиману [15, 16] показали, що коливання трофічних індексів у цих водоймах відбувалися в однакових діапазонах, що свідчить про ідентичні причини евтрофікації всіх водойм дельтової частини Дністра.

У порівнянні з нашими оцінками трофічного статусу морських вод за індексом TRIX [17] води Кучурганського водосховища характеризуються суттєво вищою трофічністю. Звертає на себе увагу той факт, що в останні 3 роки (2016-2018 рр.) всі індекси і

індикатори трофічного стану збільшились, що свідчить про погіршення якості водного середовища Кучурганського водосховища.

Аналіз статистичних взаємозв'язків між індексами (індикаторами) трофічного статусу вод Кучурганського водосховища та всіма іншими наведеними нами характеристиками водного середовища (табл. 7) показав наступне.

Для хлорофілу *a* найвищий коефіцієнт кореляції спостерігався з бактеріопланктоном (0,62), що свідчить про ведучу роль фітопланктону у формуванні органічної речовини у водосховищі, тобто про її автохтонну природу. Його взаємозв'язки з іншими характеристиками в порядку зменшення позитивних коефіцієнтів кореляції розташувались наступним чином: індекс TSI (0,59), мінералізація (0,55), TRIX (0,49), азот нітратний (0,30) і азот загальний (0,22).

Таблиця 6

Порівняльна характеристика показників евтрофікації водойм Нижнього Дністра

Назва водойми	Роки спостережень	Хлорофіл <i>a</i> , мкг/л	Бактеріопланктон млн.кл/мл	TSI	TRIX
Оз. Біле [14]	2006-2011	8,35*	3,93*	56,7*	7,3**
	2012-2017	22,56*	7,04*	67,4*	8,1**
Оз. Свине [14]	2006-2011	14,28*	7,92*	68,3*	8,0**
	2012-2017	27,60**	10,82**	73,6**	8,2**
Оз. Тудорово [14]	2006-2011	14,85*	5,90*	60,1*	7,3**
	2012-2017	104,18**	11,64**	74,5**	8,7**
Оз. Путріно [14]	2006-2011	22,75*	12,39**	66,0*	7,6**
	2012-2017	210,49**	24,32**	81,6**	9,1**
Дністровський лиман [16]	2012-2017	53,47**	13,19**	72,6**	8,0**
Кучурганське водосховище (данні авторів)	2006-2018	19,75*	7,17*	66,9*	7,8**
	2006-2011	19,33*	6,96*	67,2*	7,8**
	2012-2018	20,05*	7,31*	66,7*	7,8**
	2016-2018	32,67**	8,87*	72,7**	8,3**

Примітка. Трофність вод: * - евтрофні, політрофні, ** - гіпертрофні.

Таблиця 7

Коефіцієнти взаємної кореляції трофічних індексів та інших характеристик водного середовища Кучурганського водосховища у 2006-2018 рр.

Параметри	Хлорофіл <i>a</i> , мкг/л	Бактеріопланктон, 10 ⁶ кл/мл	TSI	TRIX
Бактеріопланктон, 10 ⁶ кл/мл	0,62***			
TSI	0,59***	0,33*		
TRIX	0,49***	0,43**	0,50***	
Глибина, м	-0,41**	-0,35**		-0,24*
Прозорість, м	-0,48***	-0,40**	-0,71***	-0,30*
Мінералізація, г/л	0,55***	0,68***	0,30*	
Кисень, мг/л	-0,35*	-0,41**		-0,60***
Кисень, %	-0,34*	-0,39**		-0,57***
pH	-0,33**	-0,44***		-0,28*
Загальний фосфор, мг/л			0,59***	0,40**
Фосфати, мг/л	-0,22*	-0,27*	0,33*	
Азот загальний, мг/л	0,22*	0,26*	0,27*	0,58***
Азот нітратний, мг/л	0,30*		0,38*	0,46**
Азот амонійний, мг/л	-0,41**	-0,40**	-0,56***	

Примітка. В таблиці наведено лише значимі коефіцієнти кореляції з рівнем значимості:
* - 0,1, ** - 0,01, *** - 0,001

Негативний кореляційний зв'язок був зареєстрований с прозорістю (-0,48), глибиною (-0,41), концентрацією азоту амонійного кисню (-0,41) і вмістом кисню (-0,34).

Для бактеріопланктону максимальні коефіцієнти кореляції були зареєстровані з хлорофілом *a* (0,62) та мінералізацією (0,68), це свідчить, що велика частина органічної речовини надходить у водосховище з високо

мінералізованими водами з річки Кучурган та від Молдовської ГРЕС. Позитивний кореляційний зв'язок спостерігався з індексами TRIX (0,43) і TSI (0,33) та загальним азотом (0,26). Негативні значення коефіцієнтів кореляції були зафіксовані з pH (-0,44), киснем (-0,41), прозорістю (-0,40), амонійним азотом (-0,40), глибиною (-0,35), фосфатами (-0,27) тобто при зростанні останніх

параметрів, чисельність бактеріопланктону зменшувалася.

Для індексу TSI тісний позитивний кореляційний зв'язок спостерігався з хлорофілом *a* (0,59), трофічним індексом TRIX (0,50), загальним фосфором (0,59), бактеріопланктоном (0,33), фосфатами (0,33), нітратний (0,38) та загальним (0,27) азотом, а високий негативний – з прозорістю (-0,71) та амонійним азотом (-0,56).

Висновки

Результати оцінки трофічного статусу вод Кучурганського водосховища по хлорофілу *a*, бактеріопланктону і трофічним індексам TSI TRIX свідчать про погіршення якості вод та про зростання трофічного статусу водойми від евтрофного до гіпертрофного у 2006-2018 рр. і про те, що у 2016-2018 рр. вся водойма знаходиться в критичному стані, особливо її верхів'я. При цьому зареєстрований тісний позитивний кореляційний зв'язок між вмістом хлорофілу *a* і чисельністю бактеріопланктону, що обумовлено функціональною залежністю бактерій від органічної речовини, яка продукується фітопланктоном. Показано, що зі збільшенням обсягів води у водосховищі значення цих індикаторів трофічного стану зменшувалися, що підтверджено тісним негативним кореляційним зв'язком між ними і глибиною водойми.

Оцінки трофічного статусу вод за концентрацією хлорофілу *a*, чисельністю бактеріопланктону і трофічним індексом TSI практично співпадають, що дає змогу використовувати кожен з них самостійно для оцінки трофічного статусу вод. Трофічний індекс TRIX, який розроблений для оцінки стану морських вод, постійно показує більш високий трофічний статус вод водосховища, ніж інші індикатори. Тому для прісноводних водойм використання ін-

Для індексу TRIX тісний кореляційний зв'язок був зареєстрований з загальним азотом (0,58) і нітратами (0,46), хлорофілом *a* (0,49), нітратним азотом (0,46), бактеріопланктоном (0,43), індексом TSI (0,50), загальним фосфором (0,40). Негативний зв'язок спостерігався з концентрацією (-0,60) та насиченістю кисню (-0,57), прозорістю (-0,30), рН (-0,28) і глибиною (-0,24)

дексу TRIX доцільно лише у комплексі з іншими індикаторами трофічного статусу прісноводних водойм.

Вперше показано, що така характеристика, як прозорість води виявила тісні значимі негативні кореляційні зв'язки з усіма індексами і індикаторами трофічного статусу вод. Цей факт свідчить про можливість використання прозорості в якості простого індикатора трофічного стану вод, оскільки чим прозоріше води, тим нижче трофічність вод і вище якість водного середовища.

Враховуючі той факт, що скиди з Кучурганського водосховища, в якому за нашими даними дуже низька якість води, періодично потрапляють в район водозабору питної води для м. Одеса, рекомендовано проводити регулярні на протязі календарного року дослідження стану водного середовища цієї водойми, та розробити сучасний план менеджменту для цієї трансграничної водойми у відповідності з вимогами Водної рамкової директиви ЄС, яка зараз впроваджується в Україні.

Дослідження виконано в рамках НДР «Визначити джерела і роль азотного навантаження в евтрофікації водних екосистем Нижнього Дністру і Чорного моря», який фінансується Міністерством освіти і науки України у 2017-2019 гг.

Література

1. Филипенко С.И. Экологические проблемы Кучурганского водохранилища. *Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья: материалы V междунар. науч.-практ. конф.*, г. Тирасполь, 14 нояб. 2014 г. Тирасполь, 2014. С. 283-286.
2. Усатый М., Унгурияну Л., Крепис О., Стругуля О., Усатый А., Шаптефраць Н. Массовое развитие сине-зеленых водорослей в Кучурганском водохранилище, его причины, последствия и предотвращение. *Управление бассейном трансграничного Днестра в рамках нового бассейнового Договора: материалы междунар. конф.*, г. Кишинев, 20-21 сент. 2013 г. Chişinău, 2013. С. 438-442.
3. Игнатъев И., Слесаренок С., Тромбицкий И. Проект «Демократизация управления трансграничным бассейном реки Днестр» – хороший пример внедрения интегрированного управления водными ресурсами. *Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами: материалы междунар. научн.-практ. конф.* Тирасполь, 2010. С. 75-78.

4. Carlson R.E. A trofic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 1977. 22. P. 361-369.
5. Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G., Rinaldi A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, 1998. № 9. P. 329-357.
6. Ковалева Н., Мединец В., Снигирев С., Дерезюк Н. Оценка качества вод водных объектов Нижнего Днестра. *Міжнародна співпраця і управління транскордонним басейном для оздоровлення річки Дністер*: матеріали міжнар. конф., Одеса, 30 вересня-1 жовтня 2009. Одеса, 2009. С. 131-135.
7. Мединец В.І., Ковальова Н.В. Оцінка трофічного стану водоймищ дельтової частини Дністра з використанням індексу TSI. *Еколого-економічні проблеми Дністра*: тези докл. VII – междунар. науч.-практ. Конф., г. Одесса, 07 октября -08 октября 2010 г. Одесса, 2010. С.45.
8. Мединец В.И., Конарева О.П., Ковалева Н.В., Снегирев С.М., Биланчин Я.М., Чичкин В.Н., Газетов Е.И., Дерезюк Н.В., Назарчук Ю.С. Результаты исследовательского мониторинга в районе бассейна Нижнего Днестра. *Управление бассейном трансграничной реки Днестр и водная рамочная директива Европейского союза*: материалы междунар. конф. Г.Кишинев, 2-3 октября 2008 г. Chisinau: Eco-TIRAS, 2008. С. 192-195.
9. Ковальова Н.В., Мединец В.І., Конарева О.П., Снігірьов С.М., Мединец С.В., Солтис І.Е. Гідроекологічний дослідницький моніторинг басейну Нижнього Дністра. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Сер. Біол., Спец. вип.: Гідроекологія*, 2010. № 3(44). С. 113-116. ISSN 2078-2357.
10. Ковалева Н.В., Мединец В.И., Конарева О.И., Мединец С.В. Интегральная оценка трофического состояния водных объектов дельтовой части Днестра. *Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы решения*: материалы III междунар. науч. конф, Херсон, 17-19 мая 2012 г. Херсон, 2012. С. 198-201.
11. Ковалева Н.В., Мединец В.И., Мединец С.В. Трофический статус вод Кучурганского лимана в 2006-2017 гг. *Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы*: материалы междунар. конф., Тирасполь, 26-27 октября 2017 г. Тирасполь: Eco-TIRAS, 2017. С. 183-187.
12. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. *OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development)*. Paris: OECD, 1982.
13. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П., та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: СИМВОЛ-Т, 1998. 28 с.
14. Ковальова Н. В., Мединец В. І., Мединец С. В., Конарева О. П., Солтис І. Є., Газетов Є. І. Трофічний статус дельтових озер Дністра у 2006-2017 рр. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*, 2018. Вип. 18. С. 30-41.
15. Ковалева Н.В., Мединец В.И. Оценка современного состояния вод Днестровского лимана с использованием трофических индексов TSI и TRIX. *Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідро екологічні проблеми та шляхи їх вирішення*: матеріали Всеукр. науч.-практ. конф., Одеса, 12-14 вересня 2012 р. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2012. С. 94-97.
16. Ковальова Н. В., Мединец В. І., Мединец С. В. Трофічний стан вод Дністровського лиману в літні періоди 2012-2017 рр. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2018*: зб. тез. доп. XXI міжнар. науч.-практ. конф., м. Харків, 18-20 квітня 2018 року. Харків, 2018. С. 103-106
17. Ковальова Н.В., Мединец В.І., Мілева А.П., Ботнар М.Г., Снігірьов С.М., Газетов Є. І., Мединец С.В. Порівняльна оцінка якості прибережних морських вод Одеської затоки і району острова Зміїний в 2016 р. *Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Серія: «Екологія»*, 2017. Вип. 16. С. 132-140.

References

1. Filipenko, S.I. (2014). Ekologicheskie problemy Kuchurganskogo vodohranilisha [Ecological problems of the Kuchurgany Reservoir]. *Hydroecological and bioecological problems of the Northern Black Sea Area: Materials of the 5th International scientific and practical Conference*. Tiraspol. PGU, 283-286 [In Russian].
2. Usatyi, M., Unguryanu, L., Krepis, O., Strugulya, O., Usatyu, A., Shaptefrats, N. (2013). Massovoye razvitie sine-zelenykh vodorosley v Kutchurganskom vodohranilische, ego prichiny, posledstviya i predotvrascheniye [Mass development of blue-green algae in the Kuchurgan Reservoir, its reasons, consequences and prevention]. *Management of the trans-border Dniester basin in the framework of new basin Agreement: Materials of International Conference*. Chişinău, 438-442 [In Russian].
3. Ignatyev, I., Slesarenok, S., Trombitskiy, I. (2010). Proekt «Demokratizatsiya upravleniya transgranichnym basseynom reki Dnestr» – horoshiy primer vnedreniya integrirovannogo upravleniya vodnymi resursami [«Democratization of management of the trans-border Dniester River Basin» Project – a good example of integrated water resources management implementation]. *Dniester River Basin: ecological problems and trans-border nature resources management: Materials of International scientific and practical Conference*. Tiraspol. PGU, 75-78 [In Russian].

4. Carlson ,R.E. (1997). A trofic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22, 361-369.
5. Vollenweider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G., Rinaldi, A. (1998). Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, (9), 329-357 [in English].
6. Kovalova, N., Medinets, V., Snigirov, S., Derezyuk, N. (2009). Otsenka kachestva vod vodnykh obyektov Nizhnego Dnestra [Water quality assessment in the Lower Dniester water objects]. *International cooperation and trans-border basin management for the Dniester River environmental health improvement. Materials of International Conference*. Odessa, 131-135 [In Russian].
7. Medinets, V.I., Kovalova ,N.V. (2010). Otsinka trofichnogo stanu vodoymysch deltovoyi chastyny Dnistra z vykorystanniam indeksu TSI [Assessment of trophic state of the Dniester deltaic water-bodies using TSI index]. *Ecological and economic problems of the Dniester. VIIth International scientific and practical Conference*. Odessa, 45 [In Ukrainian].
8. Medinets, V.I., Konareva, O.P., Kovalova, N.V., Snigirov, S.M., Bilanchyn, Ya.M., Chichkin, V.N., Gazyetov, Ye.I., Derezyuk, N.V., Nazarchuk, Yu.S. (2008). Rezultaty issledovatelskogo monitoring v rayone basseina Nizhnego Dnestra [Results of research monitoring in the Lower Dniester Basin area]. *Management of the trans-border Dniester River basin and Water Framework Directive of the European Union. Materials of International Conference*. Chisinau. Eco-TIRAS, 192-195 [In Russian].
9. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Konareva, O.P., Snigirov, S.M., Medinets, S.V., Soltys, I.E. (2010). Gidroekologichnyi doslidnytskyi monitoring baseinu Nyzhnyogo Dnistra [Hydroecological research monitoring of the Lower Dniester Basin]. *Proceedings of Ternopil National V.Gnatyuk Pedagogical University. Series: Biology. Special Issue: Hydroecology*, (3(44)), 113-116 [In Ukrainian].
10. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Konareva, O.P., Medinets, S.V. (2012). Integralnaya otsenka troficheskogo sostoyaniya vodnykh obyektov deltovoi chasti Dnestra [Integrated assessment of trophic state of the Dniester deltaic part water objects]. *Current problems of hydroecology. Perspectives, ways and methods of solution. Materials of the 3rd International Conference*. Kherson, 198-201 [In Russian].
11. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Medinets, S.V. (2017). Troficheskiy status vod Kuchurganskogo limana v 2006-2017 gg. [Trophic status of the Kuchurgany Estuary waters in 2006-2017]. *Integrated management of the Dniester trans-border basin: Platform for cooperation and modern challenges. Materials of International Conference*. Tiraspol. Eco-TIRAS, 183-187 [In Russian].
12. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. (1982). *OECD* (Organisation for Economic Cooperation and Development). Paris: OECD [in English].
13. Romanenko, V.D., Zhukinskiy, V.M., Oksiyuk, O.P. et al. (1998). Metodyka ekologichnoyi otsinky yakosti poverkhnevnykh vod za vidpovidnymi kategoriyamy [Methodology of surface waters environmental quality assessment according to respective categories]. *Kyiv. SYMVOL-T*, 28 [In Ukrainian].
14. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Medinets, S.V., Konareva, O.P., Soltys, I.E., Gazyetov, Ye.I. (2018). Trofichniy status deltovykh ozer Dnistra u 2006-2017 rr. [Trophic status of the Dniester deltaic lakes in 2006-2017]. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University Series Ecology*, (18), 30-41 [In Ukrainian].
15. Kovalova, N.V., Medinets, V.I. (2012). Otsenka sovremennogo sostoyaniya vod Dnestrovskogo limana s ispolzovaniem troficheskikh indeksov TSI i TRIX [Assessment of current state of the Dniester Estuary waters using the TSI and TRIX trophic indices]. *Estuaries of the north-western Black Sea: urgent hydro-ecological problems and the ways to solve them. All-Ukrainian scientific and practical Conference*. Odessa Ecological University, 94-97 [In Russian].
16. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Medinets, S.V. (2018). Trofichniy stan vod Dnistrovskogo lymanu v litni periody 2012-2017 rr. [Trophic state of the Dniester Estuary waters in summer periods of 2012-2017]. *Ecology, environmental protection and sustainable nature management: education-science-production-2018. Proc. of the XXIth International scientific and practical Conference*. Kharkiv, 103-106 [In Ukrainian].
17. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Mileva, A.P., Botnar, M.G., Snigirov, S.M., Gazyetov, Ye.I., Medinets, S.V. (2017). Porivnyalna otsinka yakosti pryberezhnykh morskykh vod Odeskoyi zatoky i raionu ostrivu Zmiinyi v 2016 r. [Comparative characteristics of marine coastal waters in Odesa bay and the Zmiinyi Island area in 2016]. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University Series Ecology*, (16), 132-140 [In Ukrainian].

Надійшла до редколегії 12.10.2018

УДК 911.5: 553.973: 556.55 (477.82)

В. О. МАРТИНЮК¹, канд. геогр. наук, доц., І. В. ЗУБКОВИЧ¹,
С. В. АНДРІЙЧУК¹

¹Рівненський державний гуманітарний університет
33028, м. Рівне, вул. С. Бандери, 12.
e-mail: kg_05@ukr.net

ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФІЧНА ОЦІНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ САПРОПЕЛЮ ОЗЕРА ЛЮБИТІВСЬКЕ (ВОЛИНСЬКЕ ПОЛІССЯ)

Мета. Здійснити ландшафтно-географічну оцінку ресурсів сапропелю оз. Любитівське (Волинське Полісся) для потреб збалансованого природокористування локальних територій. Дослідження ґрунтується на комплексних фізико-географічних методах, конструктивно-географічному моделюванні та ландшафтно-лімнологічному аналізі з оцінки природних аквально-комплексів (ПАК) озер. **Результати** дослідження представлені у вигляді батиметричної моделі озера, стратиграфічного розрізу донних відкладів водойми, блоку гідрологічних, гідрохімічних та геохімічних параметрів ПАК. Розкрито особливості складу, потужності, кількісної та якісної характеристики сапропелю оз. Любитівське. Із застосуванням ГІС-технологій та урахуванням особливостей мікрорельєфу озерної улоговини, літології й потужності донних осадів, гідролого-морфометричних параметрів водойми, видового складу надводних і підводних рослинних угруповань та сезонного стану температурного режиму побудовано ландшафтну карту ПАК оз. Любитівське. У складному урочищі озера виділено три аквапідурочища, зокрема літоральне, літорально-субліторальне та профундальне, а також вісім видів аквафацій. Здійснено ландшафтно-метричну оцінку морфологічної будови ПАК озера й наведено площі аквафацій та акваурочищ, а також їх співвідношення у відсотках. Акцентовано увагу на літоральному акваурочищі озера, яке зазнає найбільших антропогенних трансформацій у результаті господарської діяльності (стоки біогенних речовин із городніх ділянок, рекреаційне рибальство, вигул свійської птиці тощо) та зниження рівня ґрунтових вод й суттєвого заболочування. **Висновки.** Понад 70,0% улоговини оз. Любитівське заповнена органо-мінеральними корисними копалинами, які можна використовувати в якості добрив у аграрному секторі. Ресурсна експлуатація із видобутку сапропелю дозволить поглибити водойму й сповільнить ландшафтно-сукцесійні процеси старіння озера, а також створить сприятливі умови для рекреаційної діяльності. Оцінка ресурсів озерного сапропелю повинна бути покладена в основу стратегії розвитку збалансованого природокористування Любитівської об'єднаної територіальної громади.

Ключові слова: озеро, ландшафтно-географічна оцінка, сапропель, природний аквальний комплекс, аквафація, акваурочище, збалансоване природокористування

Martyniuk V. O., Zubkovich I. V., Andriichuk S. V.

Rivne State University of Humanities, Rivne

THE LANDSCAPE-GEOGRAPHICAL ASSESSMENT OF SAPROPEL RESOURCE CAPACITY OF LUBYTIVSKE LAKE (VOLYN POLESSIA)

Purpose. To carry out the landscape and geographic assessment of sapropel resources of Lubytivske lake (Volyn Polessia) for the needs of balanced natural resource management of local areas. The research is based on complex physical and geographical **methods**, structural geographic modelling and landscape-limnological analysis from the assessment of natural aquatic complexes (NAC) of lakes. **The results** of the study have been presented in the form of a bathymetric model of the lake, a stratigraphic section of the bottom sediments of the reservoir, a block of hydrological, hydrochemical and geochemical parameters of the NAC. The peculiarities of composition, capacity, qualitative and quantitative characteristics of sapropel of Lubytivske lake have been revealed. With the use of GIS technologies and taking into account the features of the lake basin microrelief, lithology and bottom sediment capacity, hydrological and morphometric parameters of the reservoir, species composition of surface and underwater vegetation groups, and the seasonal state of the temperature regime, a landscape map of NAC of Lubytivske lake has been built. In the complex stow of the lake three aquaunderstows, in particular littoral, litho-sublittoral and profundal, and also eight types of aquatic facies have been pointed out. The landscape-metric estimation of the morphological structure of the NAC of the lake has been carried out and the areas of aquatic facies and aquastows, as well as their correlation in percentages, have been given. The attention has been focused on littoral aquastow of the lake, that receives the major anthropogenic transformations as a result of economic activity (the flows of nutrients from garden areas, recreational fishing, walking of poultry, etc.) and the decrease of groundwater level and significant waterlogging. **Conclusions.** More than 70.0% of the basin of Lubytivske lake is filled with organic minerals, which can be used as fertilizers in the agricultural sector. Resource exploitation for the production of sapropel will allow to extend the reservoir and slow down the landscape-succession processes of ageing of the lake, as well as create favourable conditions for recreational –

activities. The estimation of lake sapropel resources should be the basis of the strategy of balanced natural resource management of Lubitivska united territorial community.

Keywords: lake, landscape-geographic assessment, sapropel, natural aquatic complex, aquatic facies, tract, balanced natural resource management.

Мартынюк В. А., Зубкович И. В., Андрейчук С. В.

Ривненский государственный гуманитарный университет

ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА САПРОПЕЛЯ ОЗЕРА ЛЮБИТОВСКОЕ (ВОЛЫНСКОЕ ПОЛЕСЬЕ)

Цель. Осуществить ландшафтно-географическую оценку ресурсов сапропеля оз. Любитовское (Волинское Полесье) для нужд сбалансированного природопользования локальных территорий. Исследование основывается на комплексных физико-географических **методах**, конструктивно-географическом моделировании и ландшафтно-лимнологическом анализе по оценке природных аквальных комплексов – (ПАК) озер. **Результаты** исследования представлены в виде батиметрической модели озера, стратиграфического разреза донных отложений водоема, блока гидрологических, гидрохимических и геохимических параметров ПАК. Раскрыты особенности состава, мощности, количественной и качественной характеристики сапропеля оз. Любитовское. Используя ГИС-технологии и учитывая особенности микрорельефа озерной котловины, литологии и мощности донных осадков, гидролого-морфометрические параметры водоема, видового состава надводных и подводных растительных сообществ, сезонного состояния температурного режима построено ландшафтную карту ПАК оз. Любитовское. В сложном урочище озера выделено три акваподурочища, в частности литоральное, литорально-сублиторальное и профундальное, а также восемь видов аквафаций. Осуществлена ландшафтно-метрическая оценка морфологического строения ПАК озера и приведены площади аквафаций и акваурочищ, а также их соотношение в процентах. Акцентировано внимание на литоральном акваурочище озера, которое подвергается наибольшим антропогенным трансформациям в результате хозяйственной деятельности (стоки биогенных веществ с огородных участков, рекреационное рыболовство, выгул домашней птицы и т.д.) и снижение уровня грунтовых вод и существенного заболачивания. **Выводы.** Более 70,0% котловины оз. Любитовское заполнена органоминеральными полезными ископаемыми, которые можно использовать в качестве удобрений в аграрном секторе. Ресурсная эксплуатация по добыче сапропеля позволит углубить водоем и замедлит ландшафтно-сукцессионные процессы старения озера, а также создаст благоприятные условия для рекреационной деятельности. Оценка ресурсов озерного сапропеля должна быть положена в основу стратегии развития сбалансированного природопользования Любитовской объединенной территориальной общины.

Ключевые слова: озеро, ландшафтно-географическая оценка, сапропель, природный аквальный комплекс, аквафация, акваурочище, сбалансированное природопользование.

Вступ

Постановка проблеми. Волинське Полісся є одним з найбільш заозерених регіонів України. Озера уособлюють водні, біотичні, рекреаційні, органо-мінеральні ресурси тощо. Одним із цінних видів ресурсів є сапропель (з грец. *sapros* – гнилий і *pelos* – мул) – органо-мінеральні колоїдні донні відклади озера із вмістом органічної речовини не менше 15% (за іншими даними – 30%), а також неорганічними компонентами біогенного, хемогенного і теригенного характеру. Сапропель є цінною сировиною, яка використовується як ефективне органічне добриво, а деякі різновидності – для мінеральної підгодівлі сільськогосподарських тварин, у будівництві, як лікувальні грязі та ін. [1].

За оцінками Державної комісії України по геологічних запасах корисних копалин станом на 01.01.2009 р. у Західному Поліссі (Волинська і Рівненська області) розвідано 227 родовищ сапропелю із геологічними запасами за категорією А+С₁ 54306

тис. т, а за категорією С₂ 18140 тис. т [2]. Наведені показники є найвищими в Україні стосовно ресурсних запасів озерного сапропелю. Промисловий видобуток сапропелю у межах Волинського Полісся здійснювався на кількох озерах, але у зв'язку з економічною кризою був призупинений. Актуальність досліджень ресурсів сапропелю зростає в умовах пошуку альтернативних джерел органо-мінеральних добрив у аграрному секторі економіки, формуванні кадастру озер для рекреаційної галузі та курортології, стратегічного планування розвитку новостворених об'єднаних територіальних громад (ОТГ) та розробки природно-господарських моделей озерно-басейнових систем (ОБС) Волинського Полісся.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі дослідження ресурсів сапропелю присвячені праці вітчизняних вчених, зокрема Л. В. Ільїна з конструктивно-географічної оцінки озерних ресурсів Українського Полісся [3], М. Й. Шевчука із якіс-

ної оцінки сапропелю та використання його як добрива в аграрному секторі економіки [4], В. В. Коніщука та ін. з аналізу видів сапропелю для рекультивациі деградованих земель України [5], І. В. Топачевського із оцінки геологічних запасів сапропелю у прісноводних водоймах України [2] та інші. Пошуки з оцінки сапропелю та його застосування у різних сферах економіки ведуться зарубіжними дослідниками, а саме: О. М. Гордубская (сапропелеві відклади озер Білорусі як сировина для виробництва добрив, [6]), Б. В. Курзо (закономірності формування і проблеми використання сапропелю, [7]), Н. І. Єрмолаєва та ін. (гідробіологічні умови формування сапропелю на півдні Західного Сибіру, [8]), В. Д. Страховенко та ін. (гідрохімічна оцінка сапропелю Новосибірської області, [9]), Дж. Козловсь-

ка-Кедзьора та ін. (можливості використання сапропелю для виробництва брикетів, [10]), Н. Наумова та ін. (вплив сапропелевих домішок на окремі властивості ґрунтів та урожайність томатів у Південно-Західному Сибіру, [11]), Е. Бакшине та ін. (проблема видобутку сапропелю з литовських озер та застосування їх в якості органічних добрив у землеробстві, [12]), К. Станкевіца та ін. (сапропель як цінне джерело з оцінки процесів розвитку озер, [13]; використання сапропелю для рекультивациі районів, що забруднені важкими металами, [14]) та інші роботи. Проте у згаданих роботах не завжди враховується ландшафтно-географічний підхід до озера, що уособлює його як природний аквальний комплекс (ПАК).

Матеріали та методика дослідження

Дослідження ґрунтується на результатах польових експериментів у басейні оз. Любитівське, що проводилися авторами у серпні 2018 р. Польові роботи здійснювалися згідно із методикою комплексних фізико-географічних пошуків [15], конструктивно-географічного моделювання [16], лімнології [17], ландшафтно-лімнологічних методів [18] та досвіді з оцінки ресурсів озерного сапропелю Українського Полісся [19-20]. Лабораторні роботи з аналізу зразків ґрунту та донних відкладів озера вико-

нувалися у Рівненській філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», а гідрохімічні аналізи води досліджувалися у лабораторії Рівненської обласної СЕС. Частково було використано фондові матеріали із пошуків озерного сапропелю Київської ГРЕ.

Мета дослідження – здійснити ландшафтно-географічну оцінку ресурсів сапропелю оз. Любитівське (Волинське Полісся) для потреб збалансованого природокористування локальних територій.

Результати досліджень та їх обговорення

Озеро Любитівське сформувалося у Любомльсько-Ковельському фізико-географічному районі Волинського Полісся (рис. 1). Водойма приурочена до місцевостей зандрових рівнин із зеленомоховими і чорничниковими сосняками з домішкою дрібнолистяних порід на дерново-слабо- і середньопідзолистих ґрунтах, частково розораних та забудованих.

Назва озера походить від населеного пункту с. Любитів (1300 осіб, 2018 р.), яке оточує з усіх боків водойму. Територіальна локалізація озера та його басейну показана на рис. 2. Озеро овальної форми із дещо звуженою північно-західною частиною; розташоване у глибокій западині. За результатами польових гідрологічних досліджень нами побудована цифрова батиметрична карта оз. Любитівське (рис. 3).

Площа озера складає 0,20 км² (табл. 1). Довжина становить 0,575 км, ширина у пів-

нічній частині – 0,35 км, у центральній – 0,432 км, у південній – 0,32 км. Береги водойми підняті, підвищуються в окремих місцях над рівнем води до 1,5-2,0 м, зайняті селитєбними комплексами та садовгородними угіддями мешканців села Довжина на берегової лінії складає 1,793 м. Прибережна та літоральна частина озера заросла очеретом, осокою, ситником та чагарниками, чітко дешифрується на космознімку (рис. 2б), а також на батиметричній моделі (рис. 3). Береги уздовж урізу води заболочені. Середня глибина води в основному 1,5-2,5 м, а в центральній частині озера досягає 6,05 м. Об'єм водних мас озера становить 323,4 тис. м³. Площа водозбору озера незначна й становить 0,714 км². Межами водозбору озера виступають підняті ділянки у межах с. Любитів, де проходять шляхові комунікації із твердим покриттям. Водне живлення озера дощове та снігове, а також підземне. Рівень води озера



Рис. 1 – Місце оз. Любитівське на схемі фізико-географічного районування Волинського Полісся (удосконалена схема районування розроблена В.О. Мартинюком, 2017 р.)

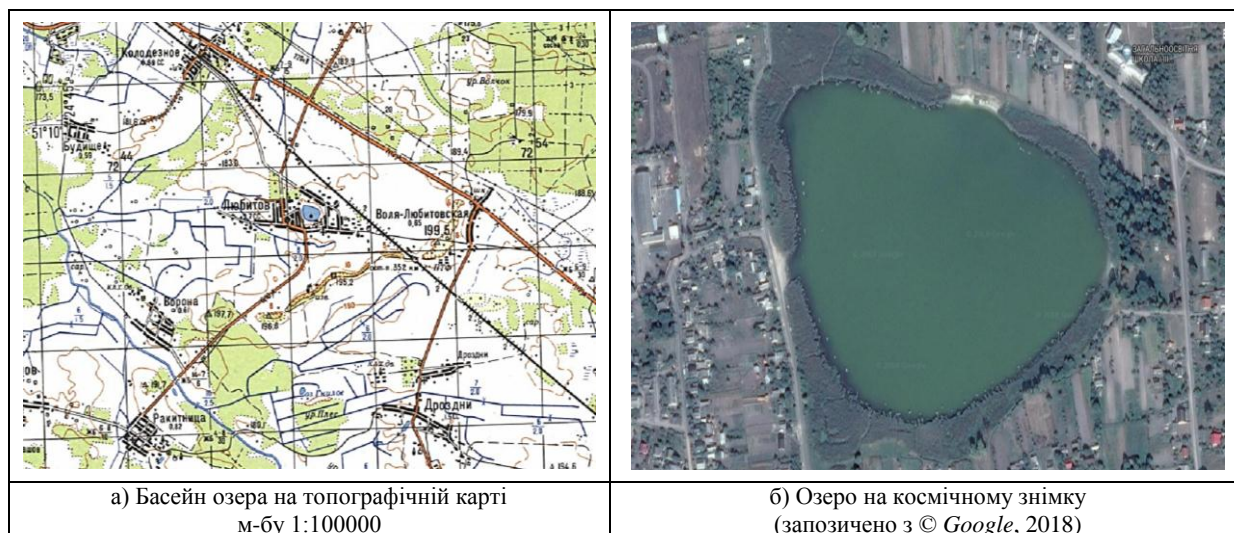


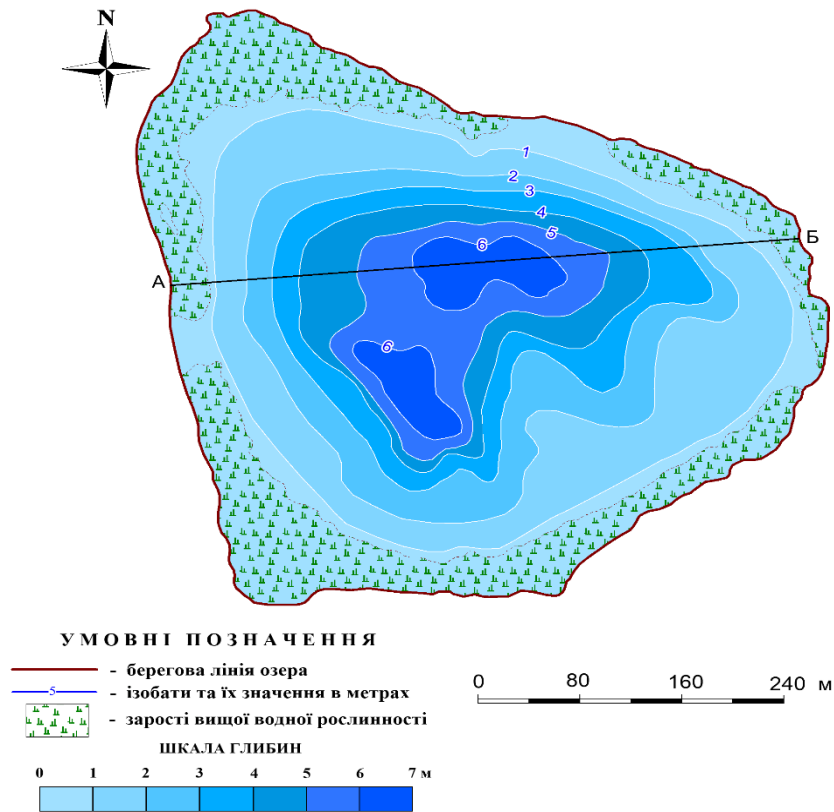
Рис. 2 – Територіальна локалізація оз. Любитівське

не зазнає різких коливань. Закладені ґрунтові шурфи у прибережній зоні (40-80 м від урізу води) озера показали залягання рівня ґрунтових вод на глибині 0,8-1,0 м від денної поверхні. Стосовно відношення рівня води в озері, то він розташований на 0,15-0,4 м вище урізу. Материнські породи, що підстеляють ґрунти прибережної зони складені алювіальними пісками та глинистими відкладами.

Важливою складовою у ландшафтно-географічній оцінці ресурсного потенціалу сапропелю озера є пізнання гідрохімічних особливостей водойми. Як показують дослідження [21], донні відклади можуть бути потенційним джерелом вторинного забруднення поверхневих вод. Здійснені лабораторні аналізи проб води з оз. Любитівське показали, що за блоком показників сольового

складу немає перевищення нормативів ГДК для водойм рибогосподарського призначення (табл. 2). Стосовно трофо-сапробіологічних показників озерної води, то виявлена лише невідповідність нормативам ГДК щодо прозорості води. У блоці специфічних показників токсичної дії спостерігається перевищення ГДК у пробі води стосовно цинку в два рази, а також незначне перевищення ГДК плумбуму. Більш детально гідрохімічні характеристики води оз. Любитівське наведено у таблиці 2.

Сапропелеві відклади залягають у межах площі дзеркала води. Північна і північно-східна прибережні ділянки літоральної зони озера шириною 25-30 м без відкладів сапропелю. Максимальна потужність сапропелю спостерігаються у центральній частині



(А-Б – лінія поперечника стратиграфічного профілю до рис. 4)

Рис. 3 – Батиметрична модель оз. Любитівське

Таблиця 1

Морфометричні та гідрологічні характеристики оз. Любитівське

$*F,$ $км^2$	$H_{абс.},$ $м$	$h_{ср.},$ $м$	$h_{max.},$ $м$	$L,$ $км$	$B_{max.},$ $км$	$B_{ср.},$ $км$	$l,$ $км$	$K_n.$	$K_{вид.}$
$K_{смк.}$	$K_{відк.}$	$K_{зл.}$	$V_{оз.}$ $тис.м^3$	K	$\Delta S,$ $км^2$	** $W_{пр.}$ $тис.м^3$	$a_{вод.},$	$\Delta a_{вод.},$	$A_{ш.}$ $мм$
0,199	179,5	2,35	6,05	0,575	0,432	0,346	1,793	0,640	1,662
0,388	0,085	4,024	323,4	0,28	3,59	90,07	0,279	3,591	452,9

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

озера, різко збільшується від берега до центральної частини ложа водойми. На стратиграфічному розрізі (рис. 4), який побудований через центральну частину улоговини озера, максимальна потужність відкладів досягає 10,0-11,5 м. У північній і південній частинах озера потужність сапропелевих відкладів дещо менша і сягає 7,0-8,0 м.

Проаналізовано якісні особливості сапропелю (уміст хімічних сполук чи елементів у % на суху речовину) зондувальної точки В (рис. 4), які представлені на рис. 5.

Уміст сполук Fe_2O_3 знаходиться в діапазоні від 0,66 до 1,15%. Від 7,0 до 9,5 м та від 15,0 до 17,5 м керну сапропелю спостерігається дещо підвищений вміст (понад 1,0%) сполук Fe_2O_3 , а з 10,0 до 14,0 м незначний вміст, тобто менше 1,0%.

Диференціація сполук CaO від 6,5 до 8,5 м потужності сапропелю варіює від 15,7 до 18,1%, а починаючи з глибини 9,0-17,5 м їх вміст становить від 14,1% (9,0 м) до 1,6 % (13,0 м). Розподіл сполук K_2O у керні знаходиться у діапазоні від 0,29% (15,0 м) до 0,73

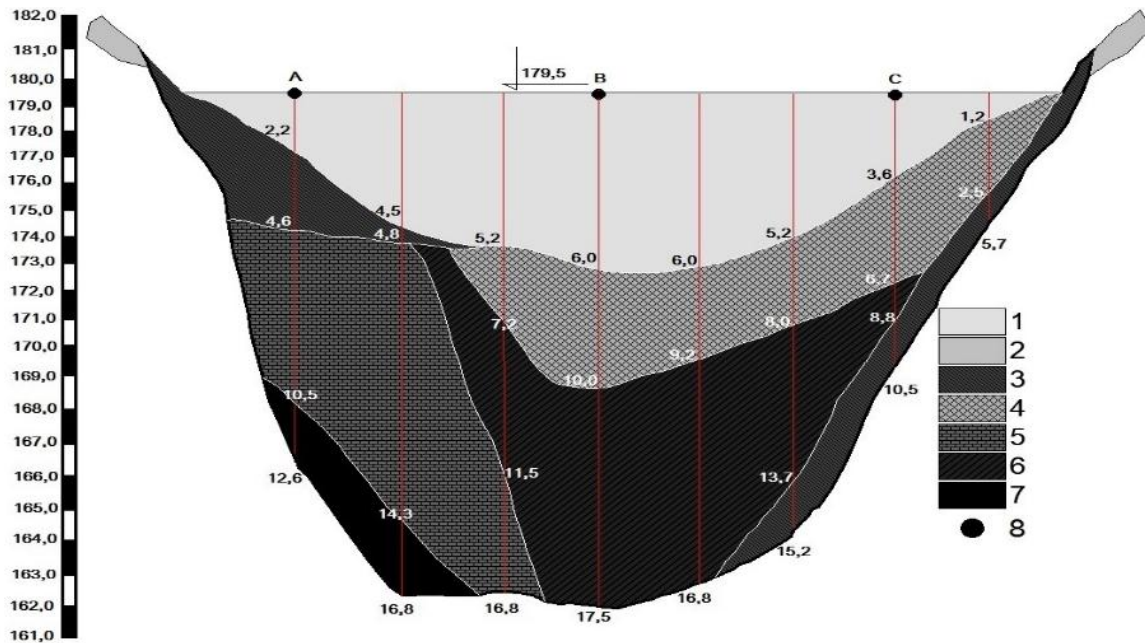
Таблиця 2

Деякі показники сольового фону, трофо-сапробіологічних характеристик та речовин біоцидної дії у воді оз. Любитівське*

№ з/п	Показник	ГДК**	оз. Любитівське (дата відбору проб: 25.08.2018)
А. Показники сольового складу			
1	Сухий залишок, мг/дм ³	<300	238,7
2	Хлориди, мг/дм ³	300	68,0
3	Сульфати, мг/дм ³	100	6,1
Б. Трофо-сапробіологічні показники			
1	Прозорість, м	>1,5	1,2
2	pH	6,5-8,1	7,3
3	NH ₄ ⁺ , мгN/дм ³	0,5	<0,05
4	NO ₃ ⁻ , мгN/дм ³	40	<0,1
5	NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³	0,08	<0,003
6	PO ₄ ³⁻ , мгP/дм ³	2,14	<0,01
С. Специфічні показники токсичної дії			
1	Мідь, мг/дм ³	0,001-0,01	0,006
2	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,020
3	Кадмій, мг/дм ³	0,005	0,0019
4	Плюмбум, мг/дм ³	0,01	0,012
5	Залізо, мг/дм ³	0,1	0,1

*Гідрохімічні аналізи проб води виконані у сертифікованій лабораторії Рівненської обласної СЕС.

**ГДК для водойм рибогосподарського призначення [22]



Умовні позначення: 1 – вода та абсолютна відмітка над рівнем моря озера,
2 – ґрунтово-рослинний шар;
види сапропелю: 3 – вапняковий, 4 – водоростево-глинистий, 5 – торф'янистий,
6 – змішано-водоростевий, 7 – діатомовий; 8 – пункти відбору проб (А-С);
глибина води та потужність донних відкладів озера.

Рис. 4 – Стратиграфічний розріз донних відкладів оз. Любитівське (побудовано за матеріалами Київської ГРЕ)

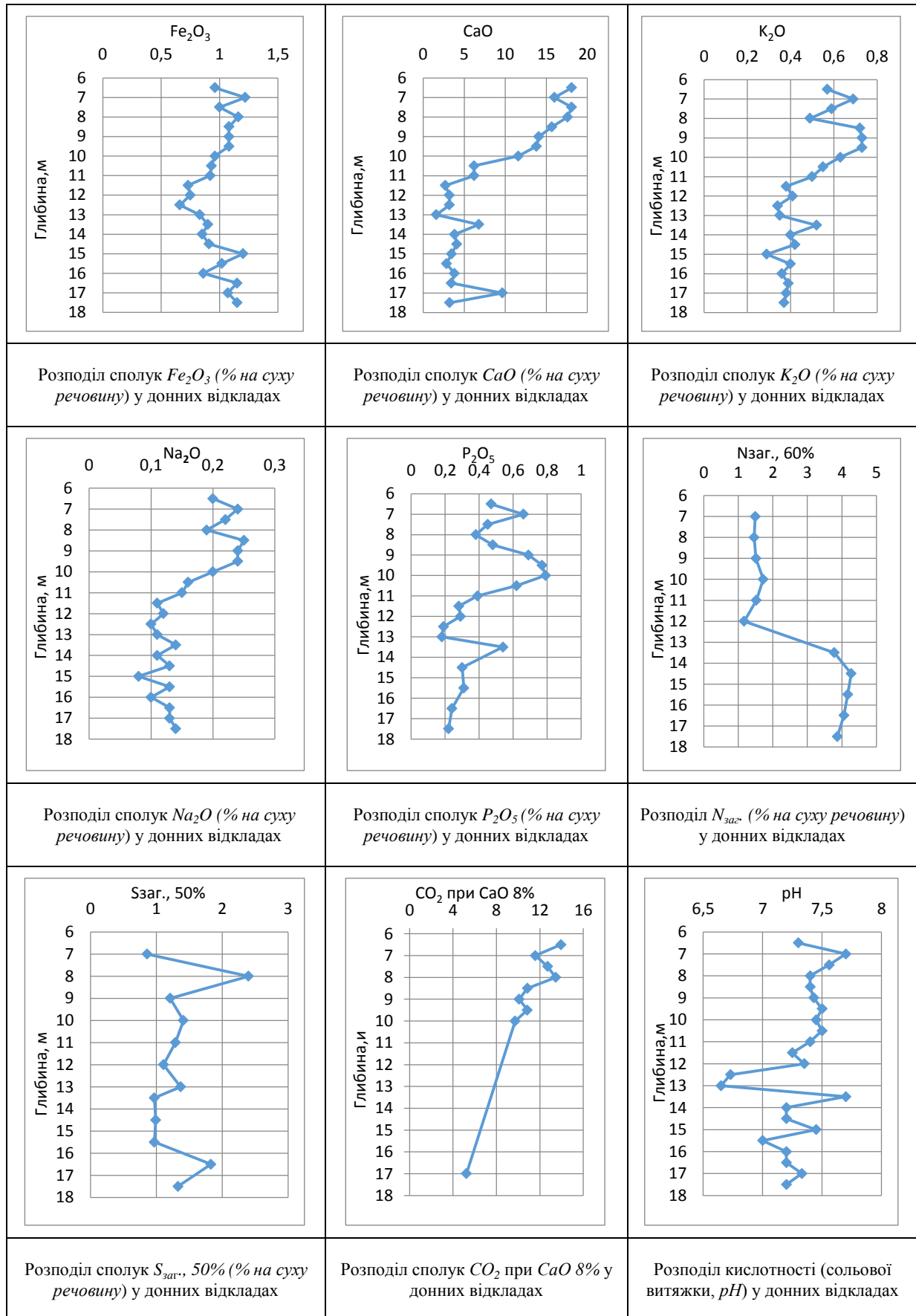


Рис. 5 – Графіки радіальної міграції хімічних елементів та сполук у донних відкладах оз. Любитівське (графіки побудовано за матеріалами Київської ГРЕ)

Таблиця 3

Кількісні та якісні агрохімічні характеристики сапропелю оз. Любитівське*

№ з/п	Найменування	Одиниця вимірювання	Види сапропелю						Усього в межах родовища
			Вапняковий	Торф'янистий	Водоростево-вапняковий	Водоростево-глинистий	Змішано водоростевий	Діатомовий	
1	Площа сапропелю у нульовій межі родовища	га							14,7
2	Площа сапропелю у межах дзеркала води	га							14,1
3	Площа дзеркала води	га							15,4
4	Середня потужність сапропелю у нульовій межі родовища	м							5,3
5	Середня потужність сапропелю у межах дзеркала води	м							5,5
6	Середня глибина води	м							2,35
7	Об'єм сапропелю у нульовій межі родовища	тис. м ³	27,3	299,0	135,4	127,0	163,0	27,3	779,0
8	Об'єм сапропелю у межах дзеркала води	тис. м ³							775,5
9	Об'єм води	тис. м ³							323,4
10	Вихід сапропелю за 60% вологості з 1 м ³	т / тис. м ³	0,178	0,198	0,242	0,177	0,145	0,381	0,219
11	Загальні геологічні (балансові) запаси сапропелю	тис. т	5,5	65,9	36,4	25,0	26,2	11,6	170,6
12	Середня вологість сапропелю	%	93,04	92,30	90,80	93,10	94,30	85,9	91,57
13	Середня зольність сапропелю	%	40,3	30,2	38,4	35,6	16,2	51,7	35,4
14	Вміст сполук кальцію (CaO)	%	22,27	10,58	11,74	12,12	4,70	2,3	10,62
15	Вміст сполук феруму (Fe ₂ O ₃)	%	0,71	0,70	0,95	0,98	0,82	2,27	1,46
16	Вміст сполук фосфору (P ₂ O ₅)	%	0,25	0,18	0,54	0,46	0,27	0,09	0,30
17	Вміст сполук калію (K ₂ O)	%	0,35	0,42	0,53	0,50	0,30	0,31	0,57
18	Вміст сполук натрію (Na ₂ O)	%	0,12	0,14	0,20	0,17	0,10	0,44	0,20
19	Сірка загальна (S, 50%)	%	0,34	0,98	0,15	1,12	0,94	2,06	1,10
20	Нітроген загальний (N, 50%)	%	0,58	0,58	1,35	2,32	2,86	0,48	1,36
21	Кислотність (pH сольове) сапропелю	%	7,83	7,63	7,56	7,60	7,35	7,03	7,50

*Узагальнено за матеріалами Київської ГРЕ.

(9,0-9,5 м), помітне зменшення K₂O спостерігається з глибини 10,5 м і аж до підстильних крейдо-мергельних порід озерної улоговини.

Незначний вміст сполук Na₂O спостерігається у цілому в керні сапропелевих від-

кладів (від 0,08 до 0,25%), а з глибини 10,5 м цей показник взагалі нижче 0,16%. Стосовно сполук P₂O₅, то спостерігається підвищена концентрація їх на глибині 6,5-7,0 м (0,47-0,66%) та 9,0-10,0 м (0,69-0,79%), а також

суттєве зниження вмісту P_2O_5 (0,3% – 14,5 м) аж до мінеральної основи, що підстеляє відклади сапропелю.

Оцінка розподілу вмісту $N_{заг.}$ (60%) та $S_{заг.}$ (50%) в пробах сапропелю здійснено із інтервалом відбору проб через 1,0 м. Від 7,0 до 12,0 м у зразках сапропелю концентрація $N_{заг.}$ (60%) варіює у межах 1,17-1,72%, а з глибини 13,5 м керну вміст $N_{заг.}$ (60%) у відкладах різко зростає (3,78-7,27%). Концентрація $S_{заг.}$ (50%) знаходиться у межах від 0,86% (7,0 м) до 2,4% (8,0 м); на глибинах 13,5-15,5 м вміст $S_{заг.}$ (50%) становить менше 1,0%.

Вміст сполук CO_2 (при CaO 8%) у керні сапропелю на зондувальній точці має перерваний ряд з глибини 10,5 до 16,5 м. На глибинах 6,5-10,0 м концентрація CO_2 варіює у межах 9,73-13,94%, а на глибині 17,0 м вміст CO_2 становить 5,24%. За кислотністю (pH сольової витяжки) проби сапропелю є нейтрального ступеню (pH 6,73-6,65; глибина 12,5-13,0 м) та слаболужного (pH 7,1-7,5) ступеню на усіх інших горизонтах керну. Якісні характеристики вмісту хімічних спо-

лук та елементів у сапропелі залежатимуть від особливостей процесів седиментації, температурних умов, складу водної рослинності водойми тощо.

У межах родовища оз. Любитівське поширені такі види сапропелю (за матеріалами Київської ГРЕ), а саме: вапняковий, торф'янистий, водоростево-вапняковий, водоростево-глинистий, змішано-водоростевий та діатомовий (табл. 3). Загальна площа сапропелю становить у нульовій межі 14,7 га, а у межах дзеркала води 14,1 га.

Середня потужність сапропелю у межах родовища складає 5,3-5,5 м. Об'єм сапропелю по родовищу в нульовій межі складає 779,0 тис. м³, а у межах озера 775,5 тис. м³.

Загальні геологічні (балансові) запаси сапропелю родовища становлять 170,6 тис. т. Більш детально середні показники якісних геохімічних характеристик кожного із видів сапропелю наведено у табл. 1. Результати польових спостережень, а також оціночні характеристики гідролого-гідрохімічних, геолого-стратиграфічних, геохімічних параметрів озера та донних відкладів були по-

Таблиця 4

Ландшафтметрична оцінка ПАК оз. Любитівське

Вид ПАК		Площа виду ПАК (га)		% площі виду від загальної площі		Кількість контурів виду фацій в межах ПАК	% від загальної кількості	Середня площа виду (під-) урочища (га)
(Під-) урочище	Фація	(Під-) урочище	Фація	(Під-) урочище	Фація			
I		11,622		58,22		8	61,54	1,453
	1.1		5,011		25,10			
	1.2		0,338		1,69			
	1.3		1,676		8,40			
	1.4		4,597		23,03			
II		5,870		29,41		2	15,38	2,935
	2.1		4,340		21,74			
	2.2		1,530		7,66			
III		2,469		12,37		3	23,07	0,823
	3.1		1,557		12,69			
	3.2		0,912		13,08			
Усього		19,961	19,961	100,00	100,00	13	100,00	1,535

кладені в основу побудови ландшафтної карти ПАК оз. Любитівське (рис. 6). У ПАК даного озера нами виділено три аквальних підурочища (аквапідурочища), зокрема літоральне, літорально-субліторальне та профундальне, а також вісім видів аквафацій. Понад 58% площі ПАК посідає літоральне аквапідурочище, де виокремлено вісім контурів аквафацій (табл. 4). Периферію ПАК оточують

піщано-глинисті та торф'яно-сапропелеві малопотужні аквафації очеретяно-рогозово-ситникових асоціацій, які виступають «екологічним буфером» щодо запобігання проникненню біогенних речовин у аквальну екосистему. Своєрідними «острівками» без макрофітів ми виділили аквафації з боку пляжів та ділянок вигулу свійської водоплавної птиці.

Понад 29% ПАК займає площа перехідного літорально-субліторального аквапідурочища. Незначну площу (понад 12%) посідає профундальне аквапідурочище із трьома кон-

турами аквафацій, яке уособлює центральну найглибшу частину ложа озерної улоговини. Більш детально ландшафтометричні характеристики ПАК озера наведено у таблиці 4.

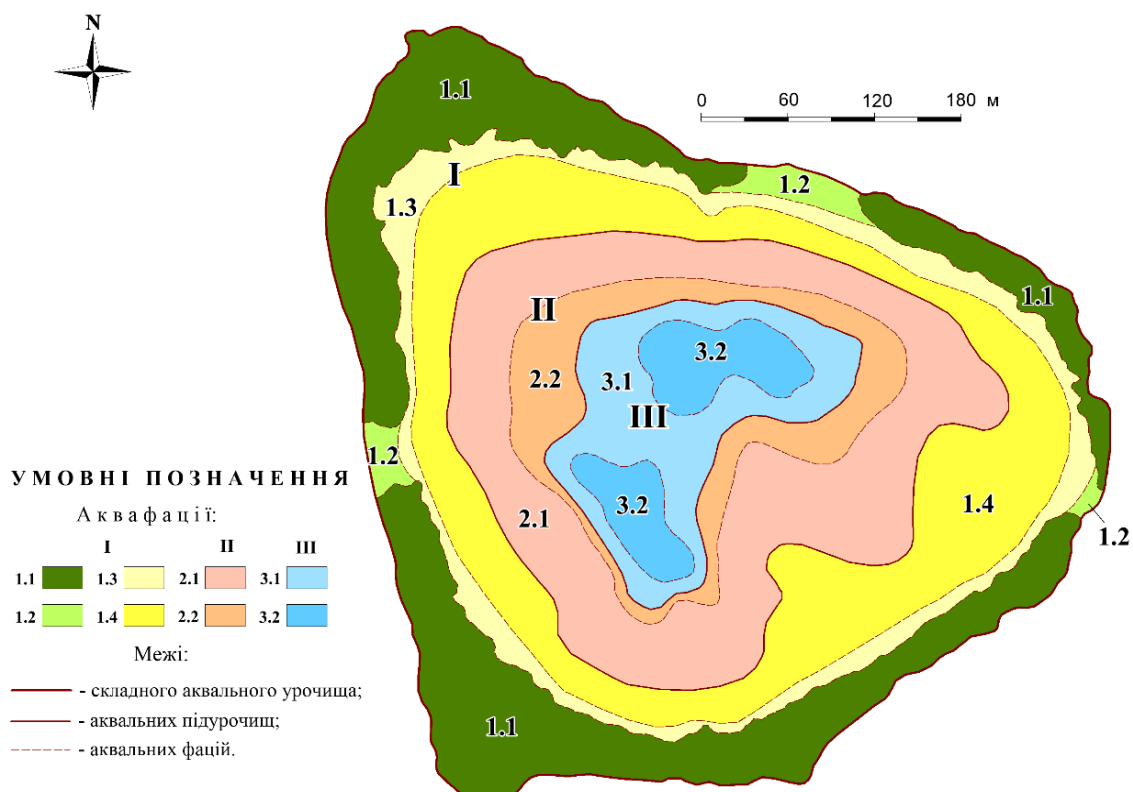


Рис. 6 – Ландшафтна структура ПАК оз. Любитівське
 Легенда до рис. 6

I. Літоральне аквапідурочище на піщано-глинистих відкладах та водоростево-глинисто-вапняковому і торф'янистому сапропелі, що сформувалися на алювіальних пісках з видовим різноманіттям надводних і підводних макрофітів.

Аквафації: **1.1.** Мілководні, абразійно-аккумулятивні піщано-глинисті та торф'яно-сапропелеві малопотужні (до 1,5 м), очеретяно-рогозово-ситникових асоціацій, з однорідним температурним режимом влітку. **1.2.** Мілководні, абразійно-аккумулятивні піщано-мулисті відкритих ділянок літоралі без макрофітів, з однорідним температурним режимом влітку. **1.3.** Мілководні, транзитно-аккумулятивні торф'яно-водоростево-глинисто-сапропелеві, що підстеляються водоростево-вапняковим сапропелем мало- та середньопотужні (1,5-4,0 м), елодейно-рдесникових асоціацій, з однорідним температурним режимом влітку. **1.4.** Мілководні, транзитні торф'яно-водоростево-глинисто-сапропелеві, що підстеляються вапняковим та діатомовим видами сапропелю середньопотужні (4,0-5,5 м), із вільно плаваючими водоростями та однорідним температурним режимом влітку.

II. Літорально-субліторальне аквапідурочище на водоростево-глинисто-вапняковому сапропелі, що підстеляються торф'янистим і змішано-водоростевим сапропелем зі збідненим видовим різноманіттям підводної рослинності.

Аквафації: **2.1.** Літоральні, транзитно-аккумулятивні водоростево-глинисто-сапропелеві, що підстеляються торф'янистим сапропелем середньопотужні (5,5-6,5 м), з вільно плаваючими водоростями та однорідним температурним режимом влітку. **2.2.** Субліторальні, аккумулятивно-транзитні водоростево-глинисто-сапропелеві, що підстеляються змішано-водоростевим та вапняковим сапропелем середньопотужні та потужні (6,5-8,0 м), з вільно плаваючими водоростями та однорідним температурним режимом влітку.

III. Профундальне аквапідурочище центральної частини ложа озерної улоговини на змішано-водоростевому та вапняковому сапропелі, що підстеляються крейдо-мергельними породами зі збідненим видовим різноманіттям підводної рослинності.

Аквафації: 3.1. Профундальні, транзитно-акумулятивні змішано-водоростево-сапропелеві потужні (8,0-10,0 м), поодинокі вільно плаваючих водоростей та неоднорідним температурним режимом влітку. **3.2.** Профундальні, акумулятивні змішано-водоростево-вапняково-сапропелеві дуже потужні (понад 10,0 м), що підстеляються крейдо-мергельними відкладами, поодинокі вільно плаваючих водоростей та неоднорідним температурним режимом влітку.

Висновки

Оцінка ресурсного потенціалу сапропелю оз. Любитівське засвідчила, що понад 70,0% озерної улоговини заповнена органомінеральними корисними копалинами, які можна використовувати в якості добрив у аграрному секторі. Озерний сапропель є високозольним, понад 40,0% зольності мають донні відклади на глибині від 6,0 до 10,0 м, а у цілому по родовищу його зольність складає 35,4%. Проведені дослідження дають підстави рекомендувати родовище оз. Люби-

тівське для видобутку сапропелю. Ресурсна експлуатація із видобутку сапропелю, окрім економічного ефекту, дозволить поглибити водойму й сповільнить ландшафтно-сукцесійні процеси старіння озера, а також створить сприятливі умови для рекреаційної діяльності. У стратегії розвитку Любитівської ОТГ мають посісти питання щодо розробки техніко-економічної документації із розробки озерного сапропелю місцевого озера.

Література

1. Льїн, Л. В. *Озерознавство: Укр.-рос. сл. Поняття і терміни*. Луцьк: Ред.-вид. відд. «Вежа» ВДУ ім. Лесі Українки, 2001. 112 с.
2. Топачевский, И. В. Сапропели пресноводных водоемов Украины. *Геология и полезные ископаемые Украины*. 2011. № 1. С. 66-72.
3. Льїн, Л. В. *Лімноккомплекси Українського Полісся : Монографія : У 2-х т. Т. 2: Регіональні особливості та оптимізація; за ред. В.М. Пашенка*. Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. 400 с.
4. Шевчук, М. Й. *Сапропелі України: запаси якості та перспективи використання*. Луцьк: Надстир'я, 1996. 384 с.
5. Конішук, В. В., Конішук, М.О., Булгаков, В.П., Бобрик, І.В., Руденко, О.М., Онук, Л.Л., Скакальська, О.І., Кирничішин, О.Р. Аналіз видів сапропелю для рекультивациі деградованих земель України. *Агро-екологічний журнал*. 2015. № 1. С. 83-92.
6. Гордубская, О. М. *Сапропелевые отложения озёр Беларуси как сырьё для приготовления экологически чистых удобрений*: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Минск, 1992. 26 с.
7. Курзо, Б. В. *Закономерности формирования и проблемы использования сапропеля*. Минск, 2005.
8. Yermolaeva, N. I., Zarubina, E. Yu., Romanov, R. E., Leonov, G. A., Puzanova, A. V. Hydrobiological Conditions of Sapropel Formation in Lakes in the South of Western Siberia. *Water Resources*. 2016, Vol. 43, No. 1, pp. 129-140. DOI: 10.1134/S0097807816010073
9. Strakhovenko, V. D., Roslyakova, N. A., Sysob, A. I., Ermolaev, N. I., Zarubin, E. Yu. Tarand, O. P., Puzanov, A. V. Hydrochemical Characteristic of Sapropels in Novosibirsk Oblast. *Water Resources*. 2016, Vol. 43, No. 3, pp. 539-545. DOI: 10.1134/S009780781603016
10. Kozlovska-Kędziora, J., Petraitis, E. The possibilities of using sapropel for briquette production. *Aplinkos apsaugos inžinerija Environmental Protection Engineering*. 2011 3(5): 24-30. DOI: 10.3846/mla.2011.082
11. Naumova, N., Nechaeva, T., Smirnova, N., Fotev Y., Belousova, V. Effect of Sapropel Addition on Selected Soil Properties and Field Tomato Yield in South West Siberia. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2017. Vol.: 1, Issue: 1(3): 1-11. DOI: 10.9734/AJSSPN/2017/35760
12. Bakšienė, E., Čiūnys, A. Dredging of lake and application of sapropel for improvement of light soil properties. *Journal of environmental engineering and landscape management*. 2012. Vol. 20(2): 97-103. DOI: 10.3846/16486897.2011.645824
13. Stankevica, K., Klavins, M., Rutina, L., Cerina, A. Lake Sapropel: a Valuable Resource and Indicator of Lake Development. *Advances in Environment, Computational Chemistry and Bioscience*. Riga, 2012. pp. 247-252.
14. Stankevica, K., Burlakovs, J., Klavins, M. Organic rich freshwater sediments (sapropel) as potential soil amendment for recultivation of areas contaminated with heavy metals. *GeoConference on Water Resources, Forest, Marine and Ocean Ecosystems*. 2013. PP. 595-601. DOI: 10.5593/SGEM2013/BC3/S13.016
15. Берущавили, Н. Л., Жучкова, В. К. *Методы комплексных физико-географических исследований*. Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1997. 320 с.
16. Петлін, В. М. *Конструктивне ландшафтознавство*. Львів: Вид-й центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. 357 с.
17. Лопух, П. С., Якушко, О. Ф. *Общая лимнология*. Минск: Изд-во БГУ, 2011. 340 с.
18. 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: <https://doi.org/10.1134/S1875372815030117>

19. Martyniuk, V. Constructive and Geographical Assessment of Lake Sapropel Resources of Ukrainian Polissia. *Natural resources of border areas under a changing climate. Monography*. Edited by prof. Zb. Osadovsky and prof. M. Nosko. Słupsk–Chernihiv: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pomorskiej w Słupsku, 2017. PP. 151-162.
20. Мартынюк, В. А. Ландшафтно-бассейновая модель кадастра озёрных ресурсов Полесья Украины. *Основы рационального природопользования: Материалы III междуна. научн.-практ. конф. (ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»)*. Саратов: Изд-й центр «Наука», 2011. С. 139-145.
21. Бедункова, О. О., Глаз, С. М. Донні відклади як потенційне джерело вторинного забруднення поверхневих вод. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки : зб. наук. праць*. Рівне : НУВГП, 2015. Вип. 1(69). С. 40-49.
22. Гранично допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм: [№ 12–04–11 чинний від 09–08–1990]. К: Міністерство рибного господарства СССР, 1990. 45 с.

References

1. Piiin, L. V. (2001) Ozeroznavstvo: Ukr.-ros. sl. Poniattia i terminy [Lake study: Ukr.-Russian dictionary. Concepts and terms]. Lutsk: «Vezha», 112 [in Ukrainian].
2. Topachevskiy, I. V. (2011) Sapropeli presnovodnyih vodoemov Ukrainyi [Sapropel of freshwater reservoirs of Ukraine]. *Geologiya i poleznyie iskopaemyie Ukrainyi*, (1), 66-72 [in Russian].
3. Piiin, L. V. (2008) Limnokompleksy Ukrainiskoho Polissia . T. 2: Rehionalni osoblyvosti ta optymizatsiia [Limnocomplexes of Ukrainian Polessia. Vol. 2: Regional features and optimization]. Lutsk: «Vezha», 400 [in Ukrainian].
4. Shevchuk, M. Y. (1996) Sapropeli Ukrainy: zapasy yakist ta perspektyvy vykorystannia [Sapropel of Ukraine: stocks quality and prospects of use]. Lutsk: Nadstyria, 384 [in Ukrainian].
5. Konishchuk, V. V., Konishchuk, M.O., Bulhakov, V.P., Bobryk, I.V., Rudenko, O.M., Onuk, L.L., Skakalska, O.I., Kyrnychyshyn, O.R. (2015) Analiz vydiv sapropeliu dlia rekultyvatsii dehradovanykh zemel Ukrainy [The analysis of kinds of sapropel for the reclamation of degraded areas of Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal*, (1), 83-92[in Ukrainian].
6. Gordubskaya, O. M. (1992) Sapropelyevyie otlozheniya ozyor Belarusi kak syiryо dlya prigotovleniya ekologicheskii chistyih udobreniy [Sapropel sediments of the lakes of Belarus as a raw material for the preparation of environmentally friendly fertilizers]. Minsk, 26 [in Russian].
7. Kurzo, B. V. (2005) Zakonomernosti formirovaniya i problemy ispolzovaniya sapropelya [The patterns of formation and problems of sapropel use]. Minsk, 26 [in Russian].
8. Yermolaeva, N. I., Zarubina, E. Yu., Romanov, R. E., Leonov, G. A., Puzanova, A. V. (2016) Hydrobiological Conditions of Sapropel Formation in Lakes in the South of Western Siberia. *Water Resources*, 43(1), 129-140. DOI: 10.1134/S0097807816010073 [in English].
9. Strakhovenko, V. D., Roslyakova, N. A., Sysob, A. I., Ermolaev, N. I., Zarubina, E. Yu. Tarand, O. P., Puzanova, A. V. (2016) Hydrochemical Characteristic of Sapropels in Novosibirsk Oblast. *Water Resources*, 43(3), 539-545. DOI: 10.1134/S009780781603016 [in English].
10. Kozlovska-Kędziora, J., Petraitis, E. (2011) The possibilities of using sapropel for briquette production. *Aplinkos apsaugos inžinerija Environmental Protection Engineering*, 3(5), 24-30. DOI: 10.3846/mla.2011.082 [in English].
11. Naumova, N., Nechaeva, T., Smirnova, N., Fotev Y., Belousova, V. (2017). Effect of Sapropel Addition on Selected Soil Properties and Field Tomato Yield in South West Siberia. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 1, (1(3)), 1-11. DOI: 10.9734/AJSSPN/2017/35760 [in English].
12. Bakšienė, E., Čiūnys, A. (2012) Dredging of lake and application of sapropel for improvement of light soil properties. *Journal of environmental engineering and landscape management*, 20(2), 97-103. DOI: 10.3846/16486897.2011.645824 [in English].
13. Stankevica, K., Klavins, M., Rutina, L., Cerina, A. (2012) Lake Sapropel: a Valuable Resource and Indicator of Lake Development. *Advances in Environment, Computational Chemistry and Bioscience*. Riga, 247-252 [in English].
14. Stankevica, K., Burlakovs, J., Klavins, M. (2013) Organic rich freshwater sediments (sapropel) as potential soil amendment for recultivation of areas contaminated with heavy metals. *GeoConference on Water Resources, Forest, Marine and Ocean Ecosystems*. 595-601. DOI: 10.5593/SGEM2013/BC3/S13.016 [in English].
15. Beruchashvili, N. L., Zhuchkova, V. K. (1997) Metodyi kompleksnyih fiziko-geograficheskiih issledovaniy [Methods of complex physiographic research]. Moscow: Izd-vo MGU, 320 [in Russian].
16. Petlin, V. M. (2006) Konstruktivne landshaftoznavstvo [Constructive Landscape Science]. Lviv: Vyd-y tseñr LNU im. Ivana Franka, 357 [in Ukrainian].
17. Lopuh, P. S., Yakushko, O. F. (2011) Obschaya limnologiya [General limnology]. Minsk: Izd-vo BGU, 340 [in Russian].

18. 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: <https://doi.org/10.1134/S1875372815030117> [in English].
19. Martyniuk, V. (2017) Constructive and Geographical Assessment of Lake Sapropel Resources of Ukrainian Polissia. Natural resources of border areas under a changing climate. Slupsk–Chernihiv: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pomorskiej w Slupsku, 151-162 [in English].
20. Martyniuk, V. A. (2011) Landshaftno-basseynovaya model kadastra ozyornykh resursov Polesya Ukrainyi [The landscape-basin model of the cadastre of lake resources of Ukrainian Polessia]. *Osnovy ratsionalnogo prirodopolzovaniya: Materialy III mezhdun. nauchn.-prakt. konf. (FGBOU VPO «Saratovskiy GAU»)*. Saratov: «Nauka», 139-145 [in Russian].
21. Biedunkova, O. O., Hlaz, S. M. (2015) Donni vidklady yak potentsiine dzherelo vtorynnoho zabrudnennia pov-erkhnevyykh vod [Bottom sediments as a potential source of secondary pollution of surface water]. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky*, (1(69)), 40-49 [in Ukrainian].
22. Hranychno dopustymi znachennia pokaznykiv yakosti vody dlia rybohospodarskykh vodoim (1990). Zahalnyi perelik HDK i OBRV shkidlyvykh rehovyn dlia vody rybohospodarskykh vodoim: [№ 12–04–11 chynnyi vid 09–08–1990]. Kiev: Ministerstvo rybnoho hospodarstva SSSR, 45 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 21.10.2018

УДК 582.35/99:556.53 (477.82)

О. О. ЦЬОСЬ, О. С. МУЗИЧЕНКО, канд. біол. наук, доц., **М. В. БОЯРИН**, канд. геогр. наук, доц.
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
пр. Волі 13, м. Луцьк, 43025, Україна
e-mail: oksana.tsos@ukr.net

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ВИЩИХ ВОДНИХ ТА ПРИБЕРЕЖНО-ВОДНИХ РОСЛИН РІЧКИ ВИЖІВКА

Мета. Встановлення видового складу та визначення систематичної та екологічної структури вищої водної та прибережно-водної флори р. Вижівка. **Методи.** Морфологічні, ботанічні, порівняльної екології, статистичні. Екологічна класифікація видів подана за В. Г. Папченковим. **Результати.** Флора річки Вижівка нараховує 36 видів вищих водних та прибережно-водних рослин, що належать до 31 роду, 20 родин, 14 порядків, 3 класів (*Equisetopsida*, *Liliopsida* та *Magnoliopsida*) та 2 відділів (*Equisetophyta* та *Magnoliophyta*). Відділ *Magnoliophyta* включає 35 видів, або 97,22% від загальної кількості видів. За видовим складом переважають представники класу *Liliopsida*. До 4 провідних родин флори (*Alismataceae*, *Hydrocharitaceae*, *Cyperaceae*, *Lemnaceae*) належить 41,66% усіх видів. Екологічна структура водних та прибережно-водних рослин р. Вижівка включає чотири екотипи. Перше місце за кількістю видів займають гідрофіти, до яких належить 33,33% від загальної кількості видів, гігрогелофіти представлені 30,56%. Частка гелофітів та гігрофітів відповідно становить 19,44% та 16,67%. **Висновки.** В результаті проведених досліджень було встановлено видовий склад та особливості екологічної структури вищої водної та прибережно-водної флори річки Вижівка. Найбільше видове різноманіття характерне для ділянки №1 – 24 види. На другій ділянці виявлено 21 вид водних та прибережно-водних рослин. Найменша кількість – 18 видів, знаходиться на третій ділянці. Найбільший вплив на біорізноманіття мають антропогенні фактори: наявність осушувальної системи, спрямлення русла, використання басейну річки для потреб сільського господарства, скидання недоочищених стоків житлово-комунального господарства.

Ключові слова: річка Вижівка, вищі водні рослини, прибережно-водні рослини, річковий басейн, екологічні групи рослин

Tsos O., Muzychenko O., Boyarin M.

Lesya Ukrainka Eastern European National University, Lutsk

STRUCTURAL ANALYSIS OF HIGHER AQUATIC AND COASTAL-AQUATIC PLANTS OF VYZHIVKA RIVER

Purpose. Determination of the species composition and determination of the systematic and ecological structure of the aquatic and coastal-aquatic flora of the Vyzhivka River. **Methods:** morphological, botanical, comparative ecology, statistical. The ecological classification of species was given according to V. Papchenkov. **Results.** Flora of the Vyzhivka River has 36 species of higher aquatic and coastal-aquatic plants belonging to 31 genus, 20 families, 14 orders, 3 classes (*Equisetopsida*, *Liliopsida* and *Magnoliopsida*) and 2 divisions (*Equisetophyta* and *Magnoliophyta*). The *Magnoliophyta* division includes 35 species, or 97,22% of the total number of species. The species composition is dominated by representatives of the class *Liliopsida*. Up to 4 families of flora (*Alismataceae*, *Hydrocharitaceae*, *Cyperaceae*, *Lemnaceae*) own 41,66% of all species. The ecological structure of aquatic and coastal-aquatic plants of Vyzhivka river includes four ecotypes. The first place in terms of the number of species is occupied by hydrophytes, which amount 33,33% of the total number of species, hygrohelophytes are represented by 30,56%. The share of helophytes and hygrophytes, respectively, is 19,44% and 16,67%. **Conclusions.** As a result of the conducted research, the species composition and features of the ecological structure of the higher aquatic and coastal-aquatic flora of the Vyzhivka River were established. The greatest species diversity is characteristic for the plot number 1 – 24 species. In the second section, 21 species of aquatic and coastal aquatic plants were identified. The smallest number – 18 species, is in the third area. The anthropogenic factors have the greatest impact on biodiversity: the presence of a drainage system, straightening of the riverbed, the use of the river basin for agricultural needs, the discharge of insufficiently treated sewage of housing and communal services.

Keywords: river Vyzhivka, higher aquatic plants, coastal-aquatic plants, river basin, ecological groups of plants

Цёсь О. А., Музыченко О. С., Боярин М. В.

Восточноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ВИЩИХ ВОДНИХ И ПРИБЕРЕЖНО-ВОДНИХ РАСТЕНИЙ РЕКИ ВЫЖИВКА

Цель. Установление видового состава и определение систематической и экологической структуры высшей водной и прибрежно-водной флоры реки Выживка. **Методы.** Морфологические, ботанические, сравнительной экологии, статистические. Экологическая классификация видов подана за В. Г. Папченковым.

Результаты. Флора реки Выживка насчитывает 36 видов высших водных и прибрежно-водных растений, принадлежащих к 31 роду, 20 семействам, 14 порядкам, 3 классам (*Equisetopsida*, *Liliopsida* и *Magnoliopsida*) и 2 отделам (*Equisetophyta* и *Magnoliophyta*). Отдел *Magnoliophyta* включает 35 видов, или 97,22% от общего количества видов. По видовому составу преобладают представители класса *Liliopsida*. До 4 семейств флоры (*Alismataceae*, *Hydrocharitaceae*, *Cyperaceae*, *Lemnaceae*) принадлежит 41,66% всех видов. Экологическая структура водных и прибрежно-водных растений р. Выживка включает четыре экотипа. Первое место по количеству видов занимают гидрофиты, к которым относится 33,33% от общего количества видов, гигрогелофиты представлены 30,56%. Доля гелофитов и гигрофитов соответственно составляет 19,44% и 16,67%. **Выводы.** В результате проведенных исследований было установлено видовой состав и особенности экологической структуры высшей водной и прибрежно-водной флоры реки Выживка. Наибольшее видовое разнообразие характерно для участка №1 – 24 вида. На втором участке выявлено 21 вид водных и прибрежно-водных растений. Наименьшее количество – 18 видов, находится на третьем участке. Наибольшее влияние на биоразнообразие имеют антропогенные факторы: наличие осушительной системы, спрямление русла, использование бассейна реки для нужд сельского хозяйства, сброс недоочищенных стоков жилищно-коммунального хозяйства.

Ключевые слова: река Выживка, высшие водные растения, прибрежно-водные растения, речной бассейн, экологические группы растений

Вступ

Вищі водні та прибережно-водні рослини відіграють важливу роль у функціонуванні водних екосистем. Вони є первинною ланкою в харчових ланцюгах водних об'єктів, мають значний вплив на газовий режим, приймають активну участь у очищенні водойм від забруднення, виконуючи роль природних фільтрів, тощо. Видовий склад вищих водних рослин, їх проективне покриття, рясність та інші характеристики є досить інформативними для оцінки екологічного стану річки. За допомогою макрофітів можна визначити тип водойми за ступенем трофності, оцінити рівень забруднення важкими металами, хімічними сполуками, коливання рівня водної поверхні [1; 5].

Досліджень, в яких було зроблено цілісний аналіз систематичної та екологічної структури вищих водних та прибережно-водних рослин Волинської області практично немає. Існують окремі дослідження водної флори. Зокрема, ценотичну структуру водних та прибережно-водних рослин групи Шацьких озер, її екологічні аспекти досліджували Л. М. Зуб та Г. О. Карпова. У працях науковців описано рідкісні види водних рослин Шацького національного природного парку [6], проаналізовано зміни в структурі рослинних угруповань макрофітів о. Світязь за період з 1988 по 2012 роки на основі аналізу космічних знімків [8].

У монографії Л. Коцун досліджено синантропну флору Волинської області, в

тому числі і водних рослин. В праці представлено конспект синантропних судинних рослин області, складений на основі флористичних досліджень 2001-2015 років [9].

Вивченням екологічного стану р. Прип'ять та її приток займалися такі науковці як Й. В. Гриб, В. В. Сондак, М. О. Клименко [3], І. М. Нетробчук [11], їх флористичної структури – Ю. Р. Гроховська [4], О. А. Ліхо [10] та ін.

Так, в праці Ю. Р. Гроховської представлено систематичний та еколого-біологічний аналіз вищої водної флори Стир-Горинської частини басейну Прип'яті, подано перелік стійких до забруднення видів макрофітів як резерв для застосування екобіотехнологій [4].

Видовий склад та екологічний аналіз флори приток басейну Прип'яті річок Цир та Турія досліджували О. О. Цьось та О. С. Музиченко, визначено 46 видів флори з індикаторними властивостями [16; 17].

Окремих досліджень флори р. Вижівка практично не проводилось. Тому встановлення видового складу вищих водних та прибережно-водних рослин р. Вижівка та його екологічний аналіз є актуальним науковим дослідженням.

Метою дослідження є визначення систематичної та екологічної структури вищої водної та прибережно-водної флори р. Вижівка.

Методика дослідження

Річка Вижівка належить до басейну р. Прип'ять і є її правою притокою першого порядку. Вона бере початок північніше с. Олеськ Турійського району на висоті 207 м

над рівнем моря і впадає в р. Прип'ять біля с. Якушів Ратнівського району на висоті 153 м. Напрямок течії – з південного-заходу на північний-схід. Протікає річка територією чо-

тирьох районів Волинської області: Ратнівського, Старовижівського, Любомльського і Турійського. Довжина її становить 90 км, а водозбірна площа – 1272 км² [13]. Басейн р. Вижівка має грушовидну форму, витягнуту з півдня на північ. Русло широке, без крутих схилів, значна його протяжність каналізована. Ширина долини коливається від 50 м до 1000 м, ширина заплави 200-600 м. Під час повеней та дощових злив відбувається затоплення заплави до висоти 1,0-1,5 м. Береги низькі, пологі, місцями помірно круті, висотою 1,0-1,5 м, іноді зарослі чагарниками, торф'янисті [2].

В басейні річки розташовані три меліоративні системи. У верхів'ї побудована осушувальна система «Верхів'я р. Вижівка», далі за течією знаходиться Почапівська осушувальна система, де р. Вижівка є її західною межею, поблизу гирла функціонує меліоративна система «Регулювання р. Прип'ять». Річка задіяна в меліоративному водовідведенні, має два водорегулюючі ставки. Землі осушувальних систем використовуються для потреб сільського господарства, під сінокоси, пасовища та ріллю [7]. Вижівка має 9 приток довжиною більше 10 км. Довжина річкової мережі з притоками менше 10 км – 1001,4 км і більше 10 км – 197,48 км. Основні притоки р. Вижівка: р. Особик (13 км), р. Став (11 км), р. Кизівка (22 км), р. Заставка (13 км), р. Черноплеска (11 км), р. Плиска. Русла приток звивисті зі спокійною течією. Є багато прямолінійних меліоративних каналів, спрямлених русел [15].

В межах басейну р. Вижівка знаходиться 16 об'єктів та територій природно-заповідного фонду. З них – 3 лісові заказники, 2 ботанічні заказники, по одному ландшафтному, гідрологічному та загальнозоологічному заказнику, 7 ботанічних пам'яток природи місцевого значення, 1 парк-пам'ят-

ка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення [13].

Вивчення водних і прибережно-водних рослин річки Вижівка проводилось на трьох пробних ділянках площею 25 м². Перша ділянка (№ 1) – на межі між Любомльським та Турійським районами, друга (№ 2) – в середній частині русла (перед смт. Стара Вижівка), третя (№ 3) – поблизу гирла (перед смт. Ратне). На всіх трьох ділянках русло річки каналізоване, а перед ділянкою № 3 обкладене бетонними плитами.

Екологічна класифікація флори подана за В. Г. Папченковим [14]. Згідно його класифікації справжні водні і прибережно-водні рослини поділяються на такі групи екотипів.

Група екотипів «Справжні водні рослини».

Екотип I. Гідрофіти, або справжні водні рослини. Він включає п'ять екологічних груп. Екогрупа 1 – макроводорості і водяні мохи; екогрупа 2 – гідрофіти, що вільно плавають у товщі води; екогрупа 3 – занурені укорінені гідрофіти; екогрупа 4 – укорінені гідрофіти з плаваючим листям; екогрупа 5 – гідрофіти, що вільно плавають на поверхні води.

Група екотипів «Прибережно-водні рослини».

Екотип II. Гелофіти або повітряно-водні рослини. Даний екотип включає дві екологічні групи. Екогрупа 6 – низькотравні гелофіти; екогрупа 7 – високотравні гелофіти.

Екотип III. Гігрогелофіти.

Група екотипів «Берегові рослини, що заходять у воду».

Екотип IV. Гігрофіти.

Екотип V. Гігромезо- і мезофіти.

Визначення видів проводили за Атласом-визначником Г. А. Чорної та іншими джерелами [12; 18].

Результати дослідження

Флора річки Вижівка нараховує 36 видів вищих водних та прибережно-водних рослин, що належать до 31 роду, 20 родин, 14 порядків, 3 класів (*Equisetopsida*, *Liliopsida* та *Magnoliopsida*) та 2 відділів (*Equisetophyta* та *Magnoliophyta*) (табл. 1).

У складі флори відділ *Equisetophyta* представлений лише одним видом – *Equisetum palustre*, що становить 2,78% від кількості всіх видів.

Відділ *Magnoliophyta* представляють 35 видів, або 97,22% від загальної кількості видів. Клас *Magnoliopsida* налічує 11 родин (55%), до складу яких входить 15 видів (41,66% від загальної кількості видів) вищих

водних та прибережно-водних рослин (рис. 1). З 15 видів, що відносяться до класу *Magnoliopsida*, по два види (по 5,56%) входять до родин *Apiaceae*, *Polygonaceae*, *Primulaceae*, *Ranunculaceae* та по одному виду (по 2,78%) до родин *Boraginaceae*, *Brassicaceae*, *Ceratophyllaceae*, *Haloragaceae*, *Lamiaceae*, *Numphaceae*, *Scrophulariaceae* (табл. 2).

Клас *Liliopsida* в своєму складі нараховує 8 родин (40%), представлених 20 видами (55,56%). Отже, більша кількість родин належить до класу *Magnoliopsida*, проте за кількістю видів переважає клас *Liliopsida*.

Таблиця 1

Систематичний склад флори водних та прибережно-водних рослин річки Вижівка

Відділ	Клас	Кількість			
		порядків	родин	родів	видів
<i>Equisetophyta</i>	<i>Equisetopsida</i>	1	1	1	1
<i>Magnoliophyta</i>	<i>Magnoliopsida</i>	10	11	14	15
	<i>Liliopsida</i>	3	8	16	20
Всього		14	20	31	36

Таблиця 2

Таксономічний склад водних та прибережно-водних рослин річки Вижівка

Клас	Родина	Кількість видів	
		Абсолютна, од.	Відносна, %
Відділ <i>Equisetophyta</i>			
<i>Equisetopsida</i>	<i>Equisetaceae</i>	1	2,78
Відділ <i>Magnoliophyta</i>			
<i>Magnoliopsida</i>	<i>Apiaceae</i>	2	5,56
	<i>Boraginaceae</i>	1	2,78
	<i>Brassicaceae</i>	1	2,78
	<i>Ceratophyllaceae</i>	1	2,78
	<i>Haloragaceae</i>	1	2,78
	<i>Lamiaceae</i>	1	2,78
	<i>Numphaceae</i>	1	2,78
	<i>Polygonaceae</i>	2	5,56
	<i>Primulaceae</i>	2	5,56
	<i>Ranunculaceae</i>	2	5,56
	<i>Scrophulariaceae</i>	1	2,78
	<i>Liliopsida</i>	<i>Acoraceae</i>	1
<i>Alismataceae</i>		3	8,33
<i>Hydrocharitaceae</i>		4	11,11
<i>Cyperaceae</i>		5	13,89
<i>Juncaceae</i>		1	2,78
<i>Lemnaceae</i>		3	8,33
<i>Poaceae</i>		2	5,56
<i>Typhaceae</i>		1	2,78
Разом:		36	100

Зокрема, родина *Cyperaceae* представлена 5 видами (13,89% від загальної кількості всіх видів), родина *Hydrocharitaceae* налічує у своєму складі 4 види (11,11%), родини *Alismataceae* та *Lemnaceae* містять по 3 види (відповідно, по 8,33%), родина *Poaceae* включає 2 види (5,56%). Три родини, *Acoraceae*, *Juncaceae* та *Typhaceae* нараховують по 1 виду (по 2,78%).

При порівнянні кількісних показників видового складу водних та прибережно-водних рослин приток Прип'яті річок Вижівка, Турія та Цир нами встановлено, що найбільше видове різноманіття характерне для флори р. Турія, яка налічує 59 видів [16; 17].

Флора р. Вижівка нараховує 36 видів вищих водних і прибережно-водних рослин, що в 1,64 рази менше ніж флора р. Турія, а флора р. Цир 27 видів, що в 2,19 рази менше ніж флора р. Турія.

Така відмінність у видовому різноманітті викликана рядом причин. Гідрофільне ядро р. Вижівка зазнає значного антропогенного впливу внаслідок проведених меліоративних робіт у 80-ті роки минулого століття та використання осушених земель у сільському господарстві. Значна частина руслу каналізована, що призвело до порушення природного самоочищення водойми. Погіршення екологічного стану річки обумовлено

скиданням недоочищених стічних вод Старовижівського ВУЖКГ (за 2016 р. – 51 тис. м³/рік).

Серед досліджуваних пробних ділянок найбільша кількість видів характерна для ділянки №1 – 24 види. На пробній ділянці №2 описано 21 вид водних та прибережно-

водних рослин. Найменша кількість видів водних та прибережно-водних рослин – 18 знаходиться на ділянці №3. Мала кількість видів на цій ділянці, на нашу думку, зумовлена спрямленням русла річки і обкладанням його бетонними плитами, а також наслідками проведених меліоративних робіт.

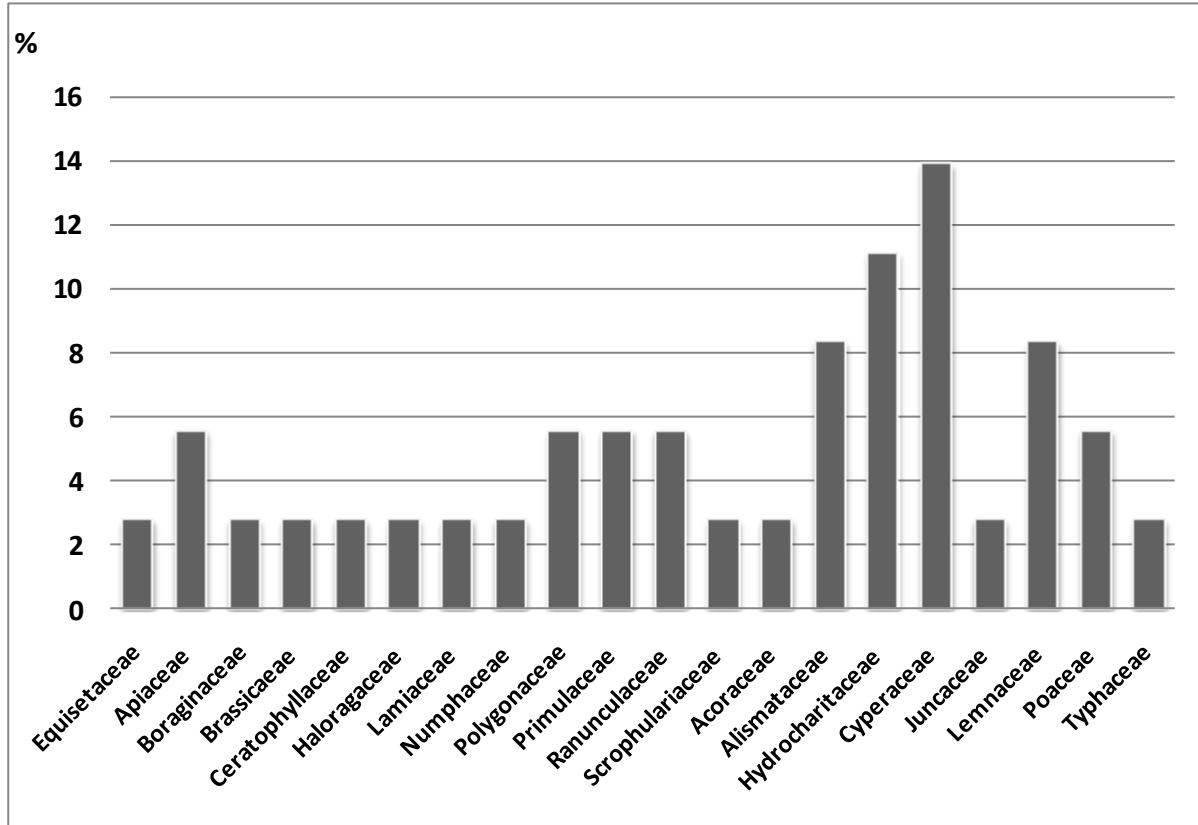


Рис. 1 – Спектр родин вищих водних та прибережно-водних рослин річки Вижівка

Екологічна структура водних та прибережно-водних рослин р. Вижівка згідно класифікації В. Г. Папченкова включає чотири екотипи: гідрофіти або справжні водні рослини, гелофіти, гідрогелофіти та гігрофіти.

До екотипу гідрофіти або справжні водні рослини належить 12 видів (33,33% від загальної кількості видів). З них два види відносяться до екологічної групи гідрофітів, що вільно плавають у воді. Це представники родин *Lemnaceae* (*Lemna trisulca*) та *Ceratophyllaceae* (*Ceratophyllum demersum*).

До екологічної групи занурених укоріненних гідрофітів відноситься найбільша кількість справжніх водних рослин – 5 видів. З них три види є представниками родини *Hydrocharitaceae*, по одному виду представлені родини *Ranunculaceae* (*Batrachium circinatum*) та *Haloragaceae* (*Myriophyllum spicatum*).

Укорінені гідрофіти з плаваючим листям представлені двома видами. Вони нале-

жать до родин *Nymphaeaceae* (*Nuphar lutea* (L.) Smith) та *Polygonaceae* (*Polygonum amphibium* L.).

Екологічну групу гідрофітів, вільно плаваючих на поверхні води, складають три види, що відносяться до родин *Hydrocharitaceae* (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) та *Lemnaceae* (*Lemna minor* L., *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid).

До групи екотипів прибережно-водних рослин відноситься 18 видів (50 %) флори р. Вижівка, що розподіляються між двома екотипами.

До екотипу гелофіти, або повітряно-водні рослини відноситься 7 видів (19,44%). З них три види належать до екологічної групи низькотравні гелофіти. Всі вони є представниками родини *Alismataceae*. До високотравних гелофітів відноситься чотири види, що входять до родин *Cyperaceae* (3 види) та *Typhaceae* (1 вид).

Більшість прибережно-водних рослин

належить до екотипу гідрогелофіти – 11 видів (30,56%). Це представники родин *Cyperaceae* (4 види), *Apiaceae* (2 вид), *Acoraceae*, *Brassicaceae*, *Polygonaceae*, *Ranunculaceae*, *Scrophulariaceae* (по 1 виду).

Група екотипів берегових рослин, що заходять у воду включає найменшу кількість

рослин – 6 видів (16,67%), що належать родинам *Primulaceae* (*Lysimachia nummularia* L., *Lysimachia vulgaris* L.), *Boraginaceae* (*Myosotis palustris* L.), *Equisetaceae* (*Equisetum palustre* L.), *Juncaceae* (*Juncus effuses* L.), *Lamiaceae* (*Mentha aquatica* L.). Всі відносяться до екотипу гідрофіти (табл. 3).

Таблиця 3

Екологічна структура флори вищих водних і прибережно-водних рослин річки Вижівка (кількість видів (% від загальної кількості видів))

Екотип	Екологічна група	Ділянка № 1	Ділянка № 2	Ділянка № 3	Всього видів
Гідрофіти або справжні водні рослини	Гідрофіти, що вільно плавають у товщі води	1 (4,17)	1 (4,76)	2 (11,11)	2 (5,56)
	Занурені укорінені гідрофіти	4 (16,67)	1 (4,76)	2 (11,11)	5 (13,88)
	Гідрофіти з плаваючим на поверхні води листям	2 (8,33)	2 (9,52)	2 (11,11)	2 (5,56)
	Гідрофіти, що вільно плавають на поверхні води	3 (12,51)	3 (14,29)	3 (16,67)	3 (8,33)
Загальна кількість видів гідрофітів		10 (41,68)	7 (33,33)	9 (50,0)	12 (33,33)
Гелофіти, повітряно-водні рослини	Низькотравні гелофіти	2 (8,33)	3 (14,29)	1 (5,56)	3 (8,33)
	Високотравні гелофіти	2 (8,33)	2 (9,52)	4 (22,22)	4 (11,11)
Загальна кількість видів гелофітів		4 (16,66)	5 (23,82)	5 (27,78)	7 (19,44)
Гідрогелофіти		6 (25,0)	7 (33,33)	3 (16,66)	11 (30,56)
Гігрофіти		4 (16,66)	2 (9,52)	1 (5,56)	6 (16,67)
Загальна кількість видів		24 (100)	21 (100)	18 (100)	36 (100)

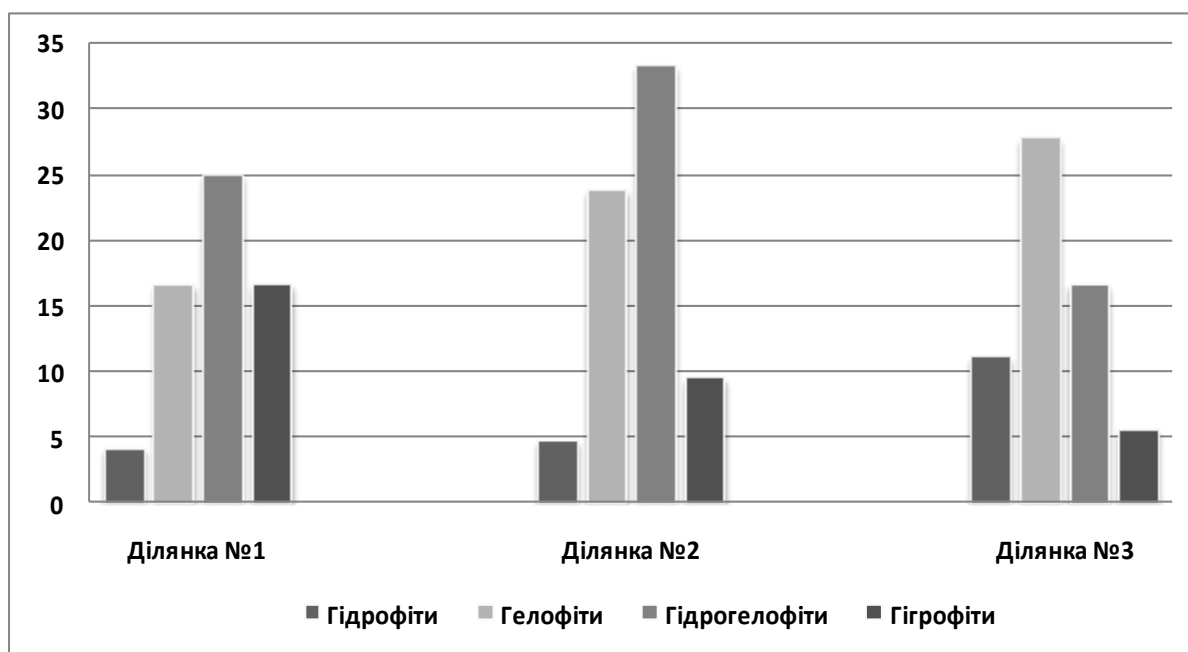


Рис. 2 – Екологічна структура водних та прибережно-водних рослин річки Вижівка, (%)

З рисунка 2 видно, що екологічна структура флори р. Вижівка на різних про-

бних ділянках відрізняється. Так, на ділянці №1, поблизу витоку річки, кількісно пере-

важають гідрофіти (41,68%), найбільш чисельна екогрупа яких – це занурені укорінені рослини. До гідрогелофітів відноситься 25,0% видів від загальної кількості їх на ділянці. Однакова кількість видів, по 16,66%, відноситься до гелофітів і гідрофітів. Низькотравні і високотравні гелофіти представлені в однаковій кількості.

На ділянці №2 гідрофіти і гідрогелофіти представлені однаковою кількістю видів, по 33,33%. Серед гідрофітів переважають рослини, що вільно плавають на повер-

хні води. Гелофітів менше, 23,82% від загальної кількості видів, переважають низькотравні види. Найменша кількість видів, лише 9,52% відноситься до гідрофітів.

На ділянці №3 найбільша кількість видів відноситься до екотипу гідрофітів, справжніх водних рослин – 50%. Три екологічні групи містять однакову кількість видів, по 11,11 %, а найбільше видів (14,29 %) відносяться до екогрупи гідрофітів, що вільно плавають на поверхні води.

Висновки

Флора річки Вижівка нараховує 36 видів вищих водних та прибережно-водних рослин, що належать до 31 роду, 20 родин, 14 порядків, 3 класів та 2 відділів. За видовим складом переважають представники класу *Liliopsida*. До 4 провідних родин флори (*Alismataceae*, *Hydrocharitaceae*, *Superaceae*, *Lemnaceae*) належить 41,66% усіх видів.

За видовим різноманіттям флора водних та прибережно-водних рослин р. Вижівка займає проміжне положення нараховуючи 36 видів, між річками Турія – 59 видів

та Цир – 27 видів. Відмінності у видовому різноманітті обумовлені значним антропогенним навантаженням в басейнах річок Вижівка та Цир, використанням осушених земель у сільському господарстві.

Екологічна структура водних та прибережно-водних рослин р. Вижівка включає чотири екотипи. У структурі переважають гідрофіти або справжні водні рослини, (33,33%) та гідрогелофіти (30,56%) від загальної кількості видів. Частка гелофітів або повітряно-водних рослин та гідрофітів відповідно становить 19,44% та 16,67%.

Література

1. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Основи гідроекології: теорія і практика. Навчальний посібник. Луцьк: Вежа-Друк, 2016. 364 с.
2. Географія Волинської області / за ред. П. В. Луцишина. Луцьк : ЛДПІ, 1991. 163с.
3. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем. Рівне: Волинські обереги, 1999. Т. 1. 347 с.
4. Гроховська Ю. Р. Структурний аналіз водної флори Стир-Горинської частини басейну Прип'яті. Екологічні науки №10–11. 2015. С. 38–47.
5. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ: Наукова думка, 2012. 344 с.
6. Зуб Л. М., Карпова Г. О. Рідкісні види водних рослин та умови їх збереження у Шацькому національному природному парку. Шацький національний природний парк : наукові дослідження 1994–2004 рр.: Матер. наук.-практ. конф., присвяч. 20-річчю створення Шацьк. нац. природ. парку (с. Світязь, 17–19 травня 2004 р.). Луцьк: Волин. обл. друк., 2004. С. 70–71.
7. Зузук Ф. В., Колошко Л. К., Карпюк З. К. Осушені землі Волинської області та їх охорона. Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. 293 с.
8. Зуб Л. М. Оцінка екологічного стану оз. Світязь за багаторічною динамікою рослинних комплексів аквальної біотопів. Природа Західного Полісся та прилеглих територій: зб. наук. пр. Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. № 9. С. 337–343.
9. Коцун Л., Кузьмішина І. Синантропна флора Волинської області: монографія. Луцьк: Друк ПП Іванюк В. П., 2016. 186 с.
10. Ліхо О. А., Гроховська Ю. Р., Веремійчик І. А. Оцінка якості води р. Турія за індексом фітоіндикації. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2009. Вип. 37. С. 158–163.
11. Нетробчук І. М. Оцінка якості поверхневих вод правобережних приток басейну Прип'яті у Волинській області. Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки. 2007. № 2. С. 260–265.
12. Определитель высших растений Украины. Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. Киев: Наукова думка, 1987. 548 с.
13. Павловська Т. С., Ковальчук І. П., Василюк Л. Л. Актуальні питання досліджень сучасного стану природно-заповідної мережі басейну р. Вижівка (правобережжя Прип'яті). Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер.: Географія. 2013. № 2. С. 228–233.
14. Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Монография. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 214 с.

15. Паспорт річки Вижівка. Ін-т «Волиньводпроект». Луцьк : [б. в.], 1999. 72 с.
16. Цьось О. О., Музиченко О. С. Аналіз вищої водної та прибережно-водної флори річки Цир. Матер. II Міжнар. наук.-практ. конф. «Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень». Снт. Путиля, Чернівецька обл., 24–25 квітня 2015. С. 206–208.
17. Цьось О. О. Індикаційна флора річки Турія. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія». 2016. № 14. С. 71–77.
18. Чорна Г. А. Рослини наших водойм (Атлас-довідник). Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 134 с.

References

1. Boiaryn, M. V., Netrobchuk, I. M. (2016). Osnovy hidroekolohii: teoriia i praktyka. [Fundamentals of Hydroecology: Theory and Practice]. Lutsk: Vezha-Druk, 364 [in Ukrainian].
2. Lutsyshyn, P.V. (1991). Neohrafiia Volynskoi oblasti. [Geography of the Volyn region]. Lutsk: LDPI, 163 [in Ukrainian].
3. Hryb, Y. V., Klymenko, M. O., Sondak, V. V. (1999). Vidnovna hidroekolohiia porushenykh richkovykh ta ozernykh system. [Restorative hydroecology of disturbed river and lake systems]. Rivne: Volynski oberehy, 1, 347 [in Ukrainian].
4. Hrokhovska, Yu. R.(2015). Strukturnyi analiz vodnoi flory Styr-Horynskoi chastyny baseinu Prypiati. [Structural analysis of aquatic flora of the Styr-Goryn part in the Pripjat River basin]. *Ekolohichni nauky*, (10–11), 38–47 [in Ukrainian].
5. Didukh, Ya. P. (2012). Osnovy bioindykatsii. [Bases of bioindication]. Kyiv: Naukova dumka, 344 [in Ukrainian].
6. Zub, L. M., Karpova, H. O. (2004). Ridkisini vydy vodianykh roslyn ta umovy yikh zberezhenia u Shatskomu natsionalnomu pryrodnomu parku. [Rare species of aquatic plants and the conditions for their conservation in Shatsk National Nature Park]. *Shatskyi natsionalnyi pryrodnyi park : naukovi doslidzhennia 1994–2004 rr.: mater. nauk.-prakt. konf., prysviach. 20-richchiiu stvorennia Shatsk. nats. pryrod. parku*. Lutsk: Volyn. obl. druk., 70–71 [in Ukrainian].
7. Zuzuk, F. V., Koloshko, L. K., Karpiuk, Z. K. (2012). Osusheni zemli Volynskoi oblasti ta yikh okhrona. [Dehumidified lands of the Volyn region and their protection]. Lutsk: Volyn. nats. un-t im. Lesi Ukrainky, 293 [in Ukrainian].
8. Zub, L. M. (2012). Otsinka ekolohichnoho stanu oz. Svitiaz za bahatorichnoi dynamikoiu roslynnykh kompleksiv akvalnykh biotopiv. [Evaluation of Lake's Svitiaz Ecological Condition by Vegetation Complexes of Aqualtic Biotopes Several Years' Dynamics]. *Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii*, (9), 337–343 [in Ukrainian].
9. Kotsun, L., Kuzmishyna, I. (2016). Synantropna flora Volynskoi oblasti. [Synanthropic flora of the Volyn region]. Lutsk: Druk PP Ivaniuk V. P., 186 [in Ukrainian].
10. Likho, O. A., Hrokhovska, Yu. R., Veremiichyk, I. A.(2009). Otsinka yakosti vody r. Turiiia za indeksom fitoindykatsii. [Estimation of the quality of water in the Turiy river by the index of phitoindication]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriiia heohrafiichna*, (37), 158–163 [in Ukrainian].
11. Netrobchuk, I. M. (2007). Otsinka yakosti poverkhnevyykh vod pravoberezhnykh prytok baseinu Prypiati u Volynskii oblasti. [The evaluation of quality of surface water of right bank tributaries of Prypyat's river basin in Volyn region]. *Naukovyi visnyk Volynskoho derzhavnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky*, (2), 260–265 [in Ukrainian].
12. Dobrochaeva, D. N., Kotov, M. I., Prokudin, Yu. N. i dr.(1987). Opredelitel vysshih rasteniy Ukrainyi. [Determiner of higher plants of Ukraine]. Kiev: Naukova dumka, 548 [in Russian].
13. Pavlovska, T. S., Kovalchuk, I. P., Vasyliuk, L. L. (2013). Aktualni pytannia doslidzhen suchasnoho stanu pryrodno-zapovidnoi merezhi baseinu r. Vyzhivka (pravoberezhzhia Prypiati). [The topical aspects of the research of the present state of the natural preservation network of the river Vyzhivka basin (the right bank of the Prypyat river)]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Ser. : Heohrafiia*, (2), 228–233 [in Ukrainian].
14. Papchenkov, V. G.(2001). Rastitelnyi pokrov vodoemov i vodotokov Srednego Povolzhya. [Vegetation cover of reservoirs and watercourses of the Middle Volga region]. Yaroslavl: TsMP MUBiNT, 214 [in Russian].
15. Pasport richky Vyzhivka [Passport of the river Vyzhivka].(1999). Lutsk : In-t «Volynvodproekt», 72 [in Ukrainian].
16. Tsos, O. O., Muzychenko, O. S. (2015). Analiz vyshchoi vodnoi ta pryberezhno-vodnoi flory richky Tsyry. [Analysis of the higher aquatic and coastal-aquatic flora of the river Tsyry]. *Mater. II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Rehionalni aspekty florystychnykh i faunistychnykh doslidzhen»*. Smt. Putyla, Chernivetska oblast, 206–208 [in Ukrainian].
17. Tsos, O. O. (2016). Indykatsiina flora richky turiiia. [Indicative flora of the river Turia]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (14), 71–77 [in Ukrainian].
18. Chorna, H. A. (2001). Rosliny nashykh vodoim (Atlas-dovidnyk). [Plants of our water (Atlas directory)]. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 134 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 29.09.2018

АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

УДК: 911+ 504

Н. Л. РИЧАК¹, канд. геогр. наук, доц., В. О. БОГАТИР¹

¹Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

майдан Свободи, 6, 61022, Харків, Україна

e-mail: rychak@karazin.ua

ВПЛИВ УРБОЛАДШАФТНОЇ ГЕОСИСТЕМИ НА СОЛЬОВИЙ СКЛАД РІЧКОВИХ ВОД

Мета. Дослідити сольовий склад у водах річок м. Харкова, які є складовою урболандшафтної геосистеми. **Методи.** Потенціалометричний, графіметричний, титрування. **Результати.** На основі аналізу 42 проб поверхневих вод, відібраних у різні гідрологічні режими із трьох річок, що протікають через м. Харків, виявлено, що концентрація хлоридів у воді у різних гідрологічних режимах є надзвичайно мінливою, спостерігається тенденція до їх зростання; але встановлений вміст не перевищує екологічні нормативи. Визначено, що концентрації кальцію і магнію у річкових вода є низькі та спостерігається стійка тенденція до зниження їх вмісту. Загальний приріст хлоридів р. Харків на кінець водопілля становив 158,31 %, під час осіннього паводку – 105,26 % і на початку водопілля – 37,14 %. У водах р. Лопань загальний приріст хлоридів на кінець водопілля становив 86,67 %, під час осіннього паводку – 56,69 %, на початку водопілля – 72,22 %. Загальний приріст хлоридів у р. Уди на кінець водопілля становив 42,05 %, під час осіннього паводку лише 0,89 %, а на початку водопілля – 12,5 %. Стосовно сульфатів: на кінець водопілля у р. Харків, знизився на 7,46 % а під час осіннього паводку майже не змінився (збільшився на 0,27 %); у р. Лопань вміст сульфатів на кінець водопілля знизився на 1,13 %, а під час осіннього паводку – на 10,03%; у р. Уди, в межах м. Харкова, на кінець водопілля вміст збільшився на 55,95 %, а під час осіннього паводку на 31,43 %. **Висновки.** Виявлено, що концентрація хлоридів у воді в різних гідрологічних режимах надзвичайно мінлива, спостерігається тенденція до їх зростання, їх зміст не перевищує екологічні нормативи; визначено, що концентрації кальцію і магнію в річкових вода низькі і спостерігається стійка тенденція до зниження їх вмісту

Ключові слова: загальна мінералізація, гідрологічні режими, сульфати, хлориди, катіони магнію, катіони кальцію

Rychak N. L., Bohatyr V. O.

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv

THE INFLUENCE OF URBAN LANDSCAPE GEOSYSTEM ON SALT COMPOSITION OF RIVER WATERS

This study of the change in salt composition of the water in Ukrainian rivers has shown that the salts ratio and the total dissolved solids ratio increase in the waters of rivers flowing in the steppe zone of Ukraine. **Purpose.** To study the salt composition of waters in the rivers making up an integral part of the urban landscape geosystem. **Methods.** Potentiometric and gravimetric methods as well as titration and computation. **Results** The results were obtained on the basis of analyzing 42 surface water samples taken under various hydrological regimes of the three rivers flowing in the city of Kharkiv. The total growth of chlorides towards the end of the Kharkiv River seasonal floods made up 158.31%, during the autumn high water it was 105.26%, and at the start of seasonal floods it was 37.14%. In the waters of the Lopan River, the total growth of chlorides towards the end of seasonal floods made up 86.67%, during the autumn high water it was 56.69%, and at the start of seasonal floods it was 72.22%. The total growth of chlorides towards the end of the Udy River seasonal floods made up 42.05%, during the autumn high water it was only 0.89%, and at the start of seasonal floods it was 12.5%. Towards the end of the Kharkiv River seasonal floods the amount of sulphates decreased by 7.46% while during the autumn high water it was almost unchanged (increased by 0.27%); the amount of sulphates decreased by 1.13% towards the end of the Lopan River seasonal floods and by 10.03% during the autumn high water; the amount of sulphates increased by 55.95% towards the end of the Udy River seasonal floods (on the territory of Kharkiv city) while during the autumn high water it increased by 31.43%. **Conclusions.** It was established that chlorides concentration in the water under various hydrological regimes is extremely changeable with the tendency to increase, yet their content does not exceed environmental standards. It was estimated that the concentration of calcium and magnesium is low in the river waters with a strong tendency towards decreasing their ratio.

Keywords: total dissolved solids ratio, hydrological regimes, sulphates, chlorides, magnesium cations, calcium cations

Рычак Н. Л., Богатырь В. О.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

ВЛИЯНИЕ УРБОЛАНДШАФТНОЙ ГЕОСИСТЕМЫ НА СОЛЕВОЙ СОСТАВ РЕЧНЫХ ВОД

Цель. Исследовать содержание солевого состава в водах рек г. Харькова, которые являются составляющей урболандшафтной геосистемы. **Методы.** Потенциалометрический, графиметрический, титрования. **Результаты.** На основе анализа 42 проб поверхностных вод, отобранных в разные гидрологические режимы из трех рек, протекающих через г. Харьков. Определено, что концентрация хлоридов в воде при различных гидрологических режимах чрезвычайно изменчива, наблюдается тенденция к их росту, но содержание не превышает экологические нормативы. Концентрации кальция и магния в речных водах низкие и наблюдается устойчивая тенденция к снижению их содержания. Общий прирост хлоридов в р. Харьков на конец половодья составил 158,31%, во время осеннего паводка – 105,26% и в начале половодья – 37,14%. В водах р. Лопань общий прирост хлоридов на конец половодья составил 86,67%, во время осеннего паводка – 56,69%, в начале половодья – 72,22%. Общий прирост хлоридов в р. Уды на конец половодья составил 42,05%, во время осеннего паводка только 0,89%, а в начале половодья – 12,5%. Относительно сульфатов: на конец половодья в р. Харьков содержание снизилось на 7,46%, а во время осеннего паводка почти не изменился (увеличился на 0,27%); в р. Лопань содержание сульфатов на конец половодья снизилось на 1,13%, а во время осеннего паводка – на 10,03%; в р. Уды, в пределах г. Харьков, на конец половодья содержание увеличилось на 55,95%, а во время осеннего паводка на 31,43%. **Выводы:** обнаружено, что концентрация хлоридов в воде в различных гидрологических режимах чрезвычайно изменчива, наблюдается тенденция к их росту, их содержание не превышает экологические нормативы; определено, что концентрации кальция и магния в речных водах низкие и наблюдается устойчивая тенденция к снижению их содержания.

Ключевые слова: общая минерализация, гидрологические режимы, сульфаты, хлориды, катионы магния, катионы кальция

Вступ

Зміна сольового складу води у річках України досліджувалась багатьма науковцями. Встановлено, що вміст солей та загальна мінералізація зростає у водах річок степової зони України. Такі дослідження продовжують проводитися для річок Харківської області та лісостепової зони в цілому для України.

Відомо, що мінералізація річкових вод, вміст аніонів і катіонів залежить від характеру живлення річок; на хімічний склад води впливають тип ґрунтового покриву і басейн річки. За Сніжко С. І. (Оцінка сучасного гідрохімічного режиму..., 2001) концентрація солей у дощових і талих водах, і як наслідок, у поверхневих водах, вища у південній частині України. Це зумовлено зміною ґрунтів від болотисто-торф'янистих і підзолистих у північних регіонах до чорноземів у південних областях. За ним же, для рівних річок України характерна зміна класів води за гідрохімічним складом відповідно до природних зон. Поверхневі води, що формуються і протікають у зоні мішаних лісів відносяться до гідрокарбонатного класу кальцієвої групи; у західній частині лісостепової зони поширені прісні гідрокарбонатні кальцієві води, а з переходом на схід вони змінюються на гідрокарбонатно кальцієво-магнієво-натрієві; у степовій зоні переважають сульфатно-хлоридні води змішаного катіонного складу. І тільки в зоні висотної поясності на території країни характерні прісні гідрокарбонатно кальцієві води.

Результати дослідження Осадчого В. І. (Методологічні основи дослідження чинників..., 2008) показали, що через відмінності у умовах формуванні сольового складу річкових вод, які розташовані у різних фізико-географічних зонах, коефіцієнт випаровування більший на лівобережній частині країни, ніж на правобережній. Підвищення коефіцієнту випаровування відбувається і на території річкового басейну Сіверського Донця, що призводить до акумулювання солей у товщі активного водно-сольового обміну. Встановлено, що басейн р. Сіверський Донець характеризується високою концентрацією сполук азоту, що формується під впливом природних і штучних факторів. Найбільше значення сполук зафіксовано у поверхневих водах річок Лопань і Уди, на які мають істотний вплив стічні води з м. Харкова; їх природний стік значно менший за об'єм стічних вод. Надходження стічних вод із вмістом забруднюючих речовин веде до порушення кисневого режиму. На протязі 2006 року було зареєстровано мінімізацію вмісту кисню у воді річки Уди на території м. Харків і смт. Есхар. За ним же, найважливішими чинниками надходження забруднюючих речовин є трофо-сапробіологічні. На сольовий склад впливає кількість біогенного матеріалу, який в результаті змиву поверхневих вод з урбанізованої території потрапляє у поверхневі води. Такий вид забруднення пов'язаний із потраплянням неочищених або недостатньо очищених господарсько-

побутових стоків, що є характерним для басейну р. Сіверського Донця.

Дослідження В.І. Осадчого За ним же, відносний приріст хімічних речовин у річкових водах нижче міст, у середньому становить 132 %, де приблизно 80 % амонійної та нітритної форм азоту. Феноли та важкі метали (Zn, Cr (6+), Cu) у середньому збільшуються на 10-30 %, а також нижче урбанізованих територій зростає вміст нафтопродуктів та СПАР. Встановлено, що вміст сульфатних іонів у поверхневих водах України збільшився з 50 – 100 мг/дм³ у 1990 – 1995 рр. до 100 – 300 мг/дм³ в 2011 – 2015 рр. [10]. Іонний склад поверхневих вод переважно формується під впливом природних чинників, меншою мірою впливає урбанізація. Рівень забруднення річок визначається як вмістом забруднюючих речовин, так і водністю річки. Найвагоміший вплив урбанізованих територій відбувається у маловодні роки. Відзначено, що одними з найбільш забрудненими стічними водами є річки Уди і Лопань, до яких надходять стічні води з м. Харкова [8].

За дослідженнями В. І. Осадчого (2017), через тенденцію підвищення зимової температури, мінералізація для рівнинних річок під час водопілля збільшується у порівнянні із попередніми роками, а під час межени зменшується. Стосовно прогнозних майбутніх змін середньорічного стоку води річок України на період 2031 – 2050 рр. у відсотках відносно базового періоду 1991 – 2010 рр., за даними регіональних кліматичних моделей (сценарій А1В), у річках Харків, Лопань і Уди знизиться середньорічний стік води на 4 %. А це у свою чергу, призведе до підвищення мінералізації, лише за впливом природних чинників, без урахування процесів урбанізації [9]. Це ще раз підкреслює актуальність теми дослідження.

Коробкова Г. В. (2018) дослідила, що річки Харків, Лопань і Уди з їх притоками, в межах міста Харкова, відносяться до лісостепової зони з олігогалинними водами, зі зниженим вмістом хлоридів і сульфатів, які відносяться до гідрохімічної підобласті за показником загальної мінералізації. За ранжуванням поверхневих водних об'єктів за обсягом середньорічного стоку, Харків і

Лопань відносяться до річок із обсягом середньорічного стоку 50 – 200 млн. м³, Уди відповідають 400 – 1500 млн. м³ [5].

Васенко О. Г. встановив, територія дослідження за мінералізацією відноситься до гідрохімічної області – північний лісостеп. За вмістом компонентів соляного складу поверхневі води відповідають II і III класу якості води, 3 і 4 категорія. За районуванням за вмісту сульфатів м. Харків відноситься до північного сходу лісостепу, поверхневі води відповідають III класу якості, 4 і 5 категорії. За містом хлоридів територія дослідження відноситься до лісостепу, поверхневі води відносяться до IV і V класу якості води, 6 і 7 категорії [1].

Загальна мінералізація поверхневих вод м. Харкова (2011 – 2015 рр.) складає 800 – 1000 мг/дм³ [9]. Цей показник є достатньо високим, бо найбільш придатний для питного водоспоживання за В. І. Осадчим є поверхневі води з мінералізацією 250 – 500 мг/дм³. Ситуація на харківських річках вимагає дослідження та визначення рекомендацій та прийняття рішень стосовно вирішення гострої проблеми.

За дослідженням В. Г. Клименко (2012), мінералізація річки Харків на протязі тридцяти років (1980 – 2010) збільшилась від 517 мг/дм³ до 874 мг/дм³, це обумовлено зменшенням водного стоку з 4,57 м³/с до 2,2 м³/с. Концентрація хлоридів у 1980 році складала 35,4 мг/дм³, у 2010 – 67,6 мг/дм³. Концентрація сульфатів у цей період збільшилась з 60,8 мг/дм³ до 196 мг/дм³ [3].

Про високу мінералізацію у південних і південно-східних областях України, зауважує у своїх працях В. І. Осадчий (2017) [9], що зобов'язує вирішити завдання пов'язані з очищенням поверхневих вод та забезпечення якісною питною водою населення України.

Виходячи із завдань Водної директиви основним серед фізико-хімічних параметрів контрольного моніторингу поверхневих вод (для річок) є мінералізація і тому обрана тема роботи є актуальною.

Мета роботи: визначити зміни соляного складу річкових вод під впливом урбаністичних процесів, що створюють сучасну екологічну ситуацію

Методика дослідження

Об'єкт дослідження: зміна соляного складу річкових вод під впливом урбаністичних чинників в умовах різних гідрологічних режимів.

Предмет дослідження: взаємозв'язок і взаємозалежність головних іонів природних

вод в умовах гідрологічних режимів під постійно – мінливим впливом чинників урбоєкосистеми.

Методи дослідження. Теоретичні: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення. Практичні: польові – відбір проб поверхневих вод

згідно чинних стандартів; аналітичні – хімічний склад природних вод згідно тематики дослідження.

Для виконання поставлених завдань, у три гідрологічні режими (водопілля, межень, паводок) було відібрано по 14 проб, загальною кількістю 42 проби (рис 1).

Місце відбору проб № 1 (р. Харків до в'їзду у м. Харків) обрано для порівняння сольового складу із результатами аналізу

проб відібраних перед впадінням у р. Лопань для дослідження впливу урбосистеми на вміст солей у поверхневих водах.

№ 2 (р. Харків після Журавлівського гідропарку) – для відображення впливу полірекреаційної урбофункціональної підсистеми Журавлівського гідропарку.

№ 3 (р. Харків після впадіння р. Немишлі) – для відображення впливу р. Немишля.

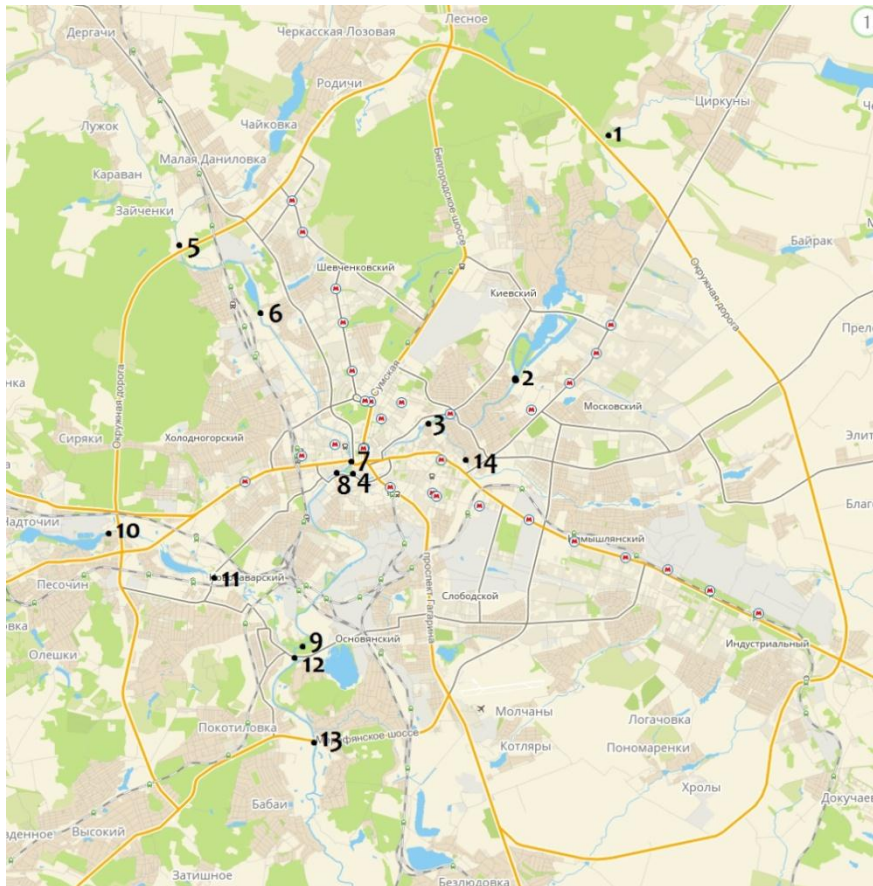


Рис. 1 – Місця відбору проб

№ 4 (р. Харків за 50 м до гирла) – для порівняння вмісту солей із результатами аналізу проб відібраних перед в'їздом у місто.

№ 5 (р. Лопань до в'їзду у м. Харків) – для порівняння вмісту солей у річковій воді із результатами аналізу проб відібраних перед впадінням у р. Уди для дослідження впливу урбосистеми на сольовий склад.

№ 6 (р. Лопань після Олексіївського лугопарку) – для відображення впливу полірекреаційного навантаження.

№ 7 (р. Лопань після Центрального ринку) – для відображення впливу транспортної, складської і частково промислової міських підсистем.

№ 8 (р. Лопань після впадіння р. Харків) – для відображення впливу р. Харків.

№ 9 (р. Лопань за 50 м до гирла) – для порівняння вмісту солей із результатами аналізу проб відібраних перед в'їздом у місто.

№ 10 (р. Уди до в'їзду у м. Харків) – для порівняння сольового складу річкової води із результатами аналізу проб відібраних на виїзді із міста для дослідження впливу функціонування урбосистеми на сольовий склад.

№ 11 (р. Уди після Новобаварського водосховища) – для відображення зміни сольового складу під впливом полірекреаційної підсистеми.

№ 12 (р. Уди після впадіння р. Лопань) – для відображення впливу р. Лопань.

№ 13 (р. Уди на виїзді з м. Харків) – для порівняння вмісту солей із результатами аналізу проб відібраних перед в’їздом у місто.

№ 14 (р. Немишля, вул. Академіка Павлова) – для відображення впливу транспортної підсистеми.

Результати дослідження

р. Харків. Концентрація хлоридів на кінець весняного водопілля збільшилась з 37,9 мг/дм³ при в’їзді у місто до 97,9 мг/дм³ (158,31 %). Під час осіннього паводку цей показник також збільшується з 91,2 мг/дм³ до 187,2 мг/дм³ (105,26 %) у вищезазначених точках відбору проб. На початок водопілля – з 28 мг/дм³ до 38,4 мг/дм³ (37,14 %). Це не перевищує нормативи екологічної безпеки. Відзначається значна різниця вмісту хлоридів на різних гідрологічних режимах (рис. 2). Концентрація хлоридів у водах р. Харків на протязі 38 років

Сольовий склад води досліджувався у навчально-дослідній лабораторії аналітичних екологічних досліджень екологічного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна.

збільшилась з 35,4 мг/дм³ до 74,2 мг/дм³, тобто збільшилась на 129 % (рис 3).

Вміст сульфатів на кінець водопілля у пробах води, відібраних по течії до міста складає 304,2 мг/дм³ і знижується з течією до гирла річки до 281,5 мг/дм³ (7,46 %); під час осіннього паводку вміст сульфатів не змінився (збільшився на 0,27%), (рис.4). У відібраних пробах на кінець водопілля було зафіксовано перевищення ГДК для сульфатів для вод рибогосподарського призначення відповідно: у пробі № 1 – в 3,04 рази, у пробі № 2 – в 2,68 рази, у пробі № 3 – в 2,84 рази, у пробі № 4 – в 2,81 рази.

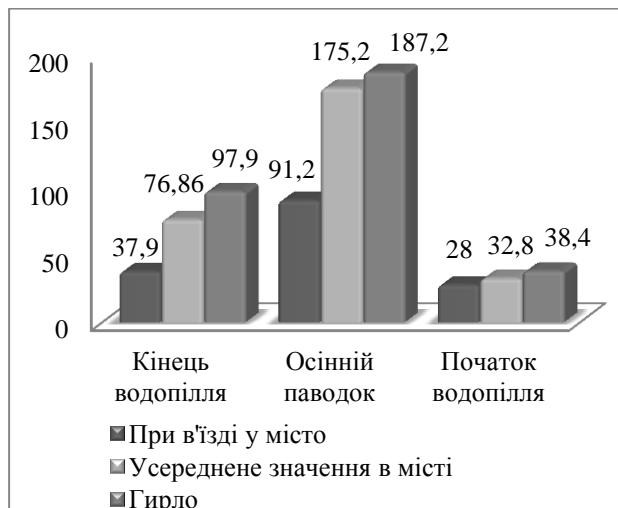


Рис. 2 – Вміст хлоридів (мг/дм³) у водах р. Харків

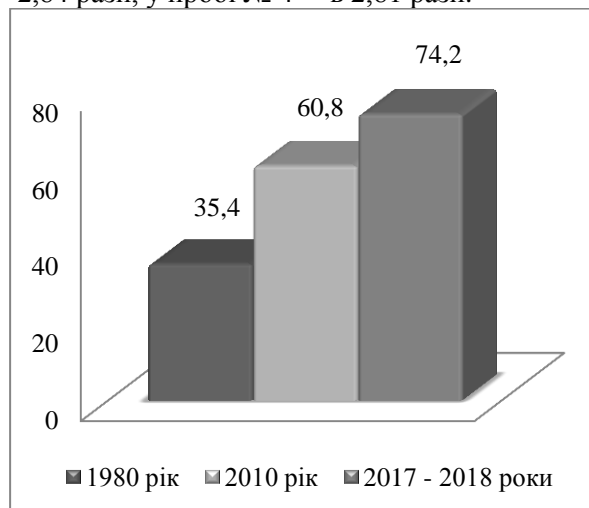


Рис. 3 – Динаміка вмісту хлоридів (мг/дм³) у водах р. Харків

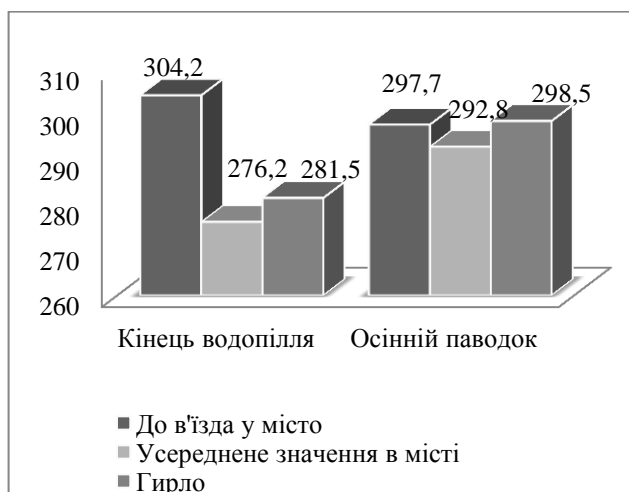


Рис. 4 – Вміст сульфатів (мг/дм³) у водах р. Харків

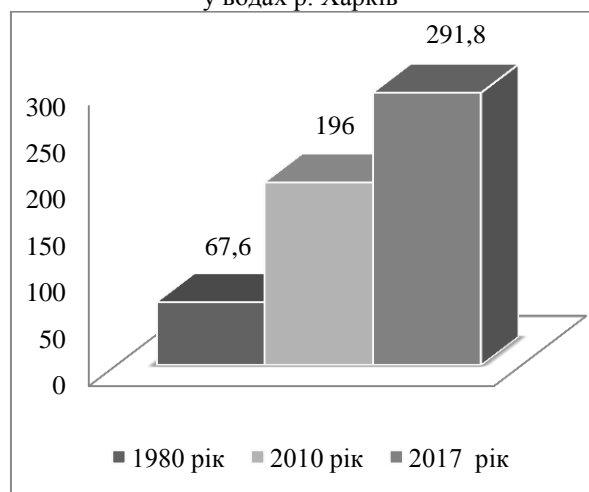


Рис. 5 – Динаміка вмісту сульфатів (мг/дм³) у водах р. Харків

Результати аналізів проб води показали, що під час осіннього паводку вміст сульфатів також перевищував ГДКр.г. у пробах № 1 – 4 у 3 рази. Динаміка вмісту сульфатів за останні 37 років має стійку тенденцію до зросту (з 67,6 мг/дм³ до 291,8 мг/дм³, тобто на 331,6 % (рис. 5). Це підтверджує вплив урбосистеми на якість та сольовий стан поверхневих вод.

Стосовно кальцію: біля гирла річки його вміст збільшився у порівнянні із про-

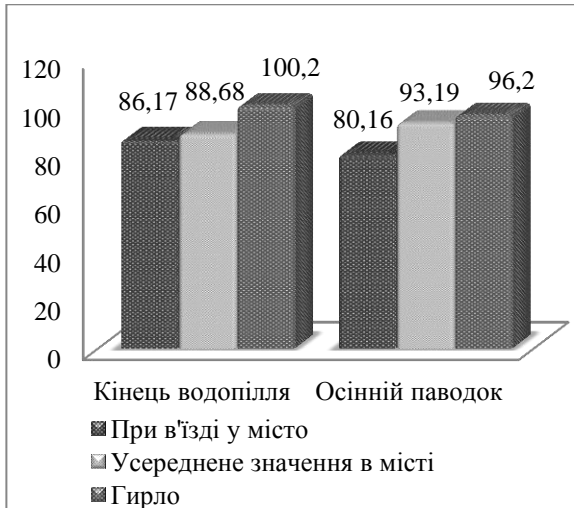


Рис. 6 – Вміст кальцію (мг/дм³) у водах р. Харків

Значний вплив на сольовий склад води у р.Харків має р. Немишля (рис.8). Вміст хлоридів підвищується під час осіннього паводку. За фазами водного режиму характерне незначне коливання вмісту сульфатів, катіонів магнію та кальцію. Екологічні нормативи якості води на порушені.

р. Лопань. Вміст хлоридів на кінець водопілля збільшився на 87 %, під час осіннього паводка на 57 %, а на початку водопілля на 72 % (рис. 9). Це безумовно вказує на негативний вплив мегаполісу на якість поверхневих вод. Зафіксовано незначне (в 1,06 рази) перевищення ГДК р.г. у водах (після Центрального ринку, проба № 7) під час осіннього паводку.

Стосовно вмісту сульфатів спостерігається тенденція до їх зниження (рис. 10): на кінець водопілля з 282,7 мг/дм³ до 279,5 мг/дм³ (1,13 %), а під час осіннього паводку з 300,2 мг/дм³ до 270,1 мг/дм³ (10,03 %).

Зафіксовано перевищення норм вмісту сульфатів для вод питного призначення на кінець водопілля: у пробі № 5 – в 1,13 рази, у пробі № 6 – в 1,16 рази, у пробі № 9 – в 1,12 рази; для вод рибогосподарського призначення: у пробі № 5 – в 2,83 рази, у пробі № 6

бою води при в'їзді у місто, на кінець водопілля з 86,17 мг/дм³ до 100,2 мг/дм³ (16,28 %, рис. 6), під час осіннього паводку з 80,16 мг/дм³ до 96,2 мг/дм³ (23,5 %). Такий вміст вважається низьким для річкових вод. Вміст магнію у поверхневих водах р. Харків на кінець водопілля коливається у межах 25 мг/дм³ (загальний вміст знизився на 4,74 %, рис.7). Під час осіннього паводку вміст магнію знизився з 32,2 мг/дм³ при в'їзді у місто до 20,7 мг/дм³ (36,02 %).

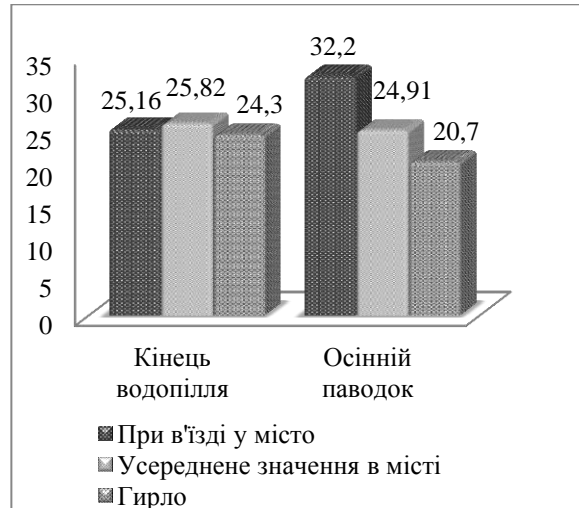


Рис.7 – Вміст магнію (мг/дм³) у водах р. Харків

– в 2,9 рази, у пробі № 7 – в 1,88 рази; у пробі № 8 – в 2,12 рази, у пробі № 9 – в 2,79 рази. У пробах відібраних під час осіннього паводку, вміст сульфатів перевищував ГДК для вод питного призначення: у пробі № 5 – в 1,2 рази, у пробі № 6 – в 1,24 рази, у пробі № 9 – в 1,08 рази; для вод рибогосподарського призначення: у пробі № 5 – в 3 рази, у пробі № 6 – в 3,1 рази, у пробі № 7 – в 2,15 рази, у пробі № 8 і 9 – в 2,3 рази.

Вміст кальцію у поверхневих водах р. Лопань значно нижчий за гранично допустимі концентрації для вод питного, рибогосподарського, рекреаційного і культурно-побутового призначення. Вміст кальцію на кінець водопілля під впливом урбанізаційних процесів знизився з 94,19 мг/дм³ до 82,16 мг/дм³ (12,77 %), а під час осіннього паводку з 100,2 мг/дм³ до 86,17 мг/дм³ (14,0 %) (рис.11).

Концентрація магнію на кінець водопілля при в'їзді у місто становила 40,1 мг/дм³, біля гирла – 40,7 мг/дм³ (збільшилась на 1,52 %), (рис.12). Під час осіннього паводка концентрація магнію збільшилась з 27,34 мг/дм³ при в'їзді у місто до 50,24 мг/дм³ (42,2 %) перед впадінням у р. Уди. Вміст магнію не перевищує вищезазначених ГДК.

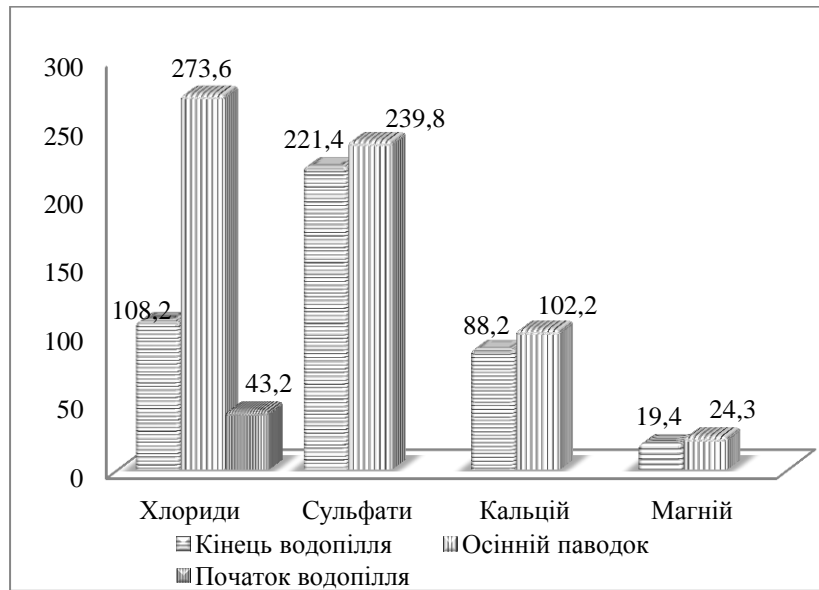


Рис. 8 – Вміст хлоридів, сульфатів, кальцію і магнію (мг/дм³) у водах р. Немишля



Рис. 9 – Вміст хлоридів (мг/дм³) у водах р. Лопань

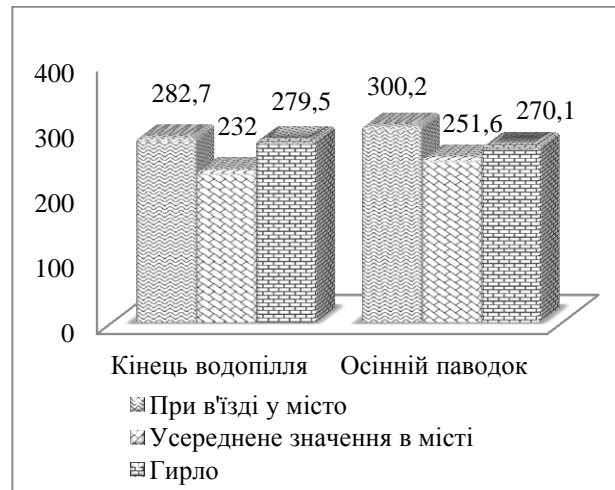


Рис. 10 – Вміст сульфатів (мг/дм³) у водах р. Лопань

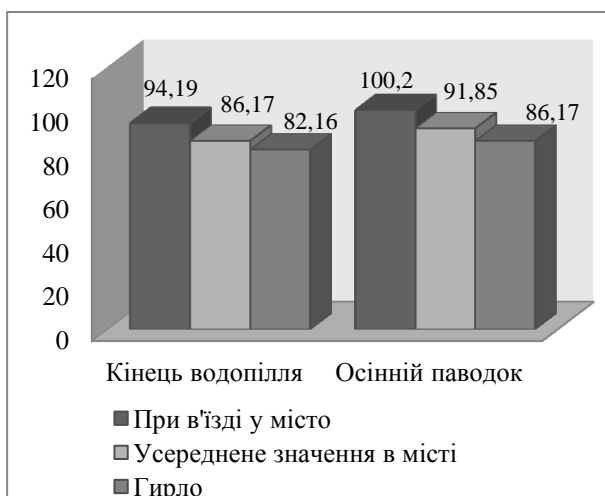


Рис. 11 – Вміст кальцію (мг/дм³) у водах р. Лопань

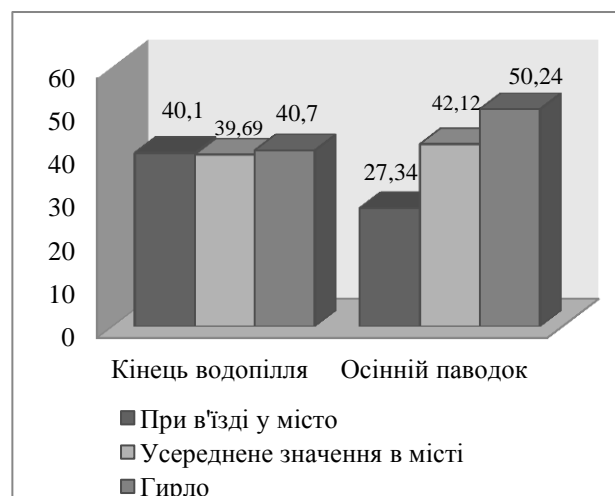


Рис. 12 – Вміст магнію (мг/дм³) у водах р. Лопань

р.Уди. На кінець водопілля вміст хлоридів під дією урбанізованих факторів збільшився з 95,6 мг/дм³ до 135,8 мг/дм³ (42,05 %). Під час осіннього паводку концентрація при в'їзді в місто становила 358,4 мг/дм³, на території міста – 366,4 мг/дм³, на виїзді з міста – 361,6 мг/дм³ (загальний приріст вмісті хлоридів становить 0,89 %). У пробах води, відібраних на початку водопілля, зафіксовано збільшення вмісту хлоридів з 38,4 мг/дм³ до 43,2 мг/дм³ (12,5 %) (рис. 13). Вода, відібрана на кінці і на початку водопілля, по концентрації у ній хлоридів, не перевищує нормативи для вод питного, рибогосподарського, рекреаційного і культурно-побутового призначення. У водах, відібраних під час осіннього паводку, показник вмісту хлоридів перевищує усі вищезазначені ГДК, відповідно: проба № 10 – в 1,43, 1,19 і 1,02 рази; проба № 11 – в 1,45, 1,21 і 1,03 рази; проба № 12 – в 1,48, 1,23 і 1,06 рази; проба № 13 – в 1,45, 1,2 і 1,03 рази.

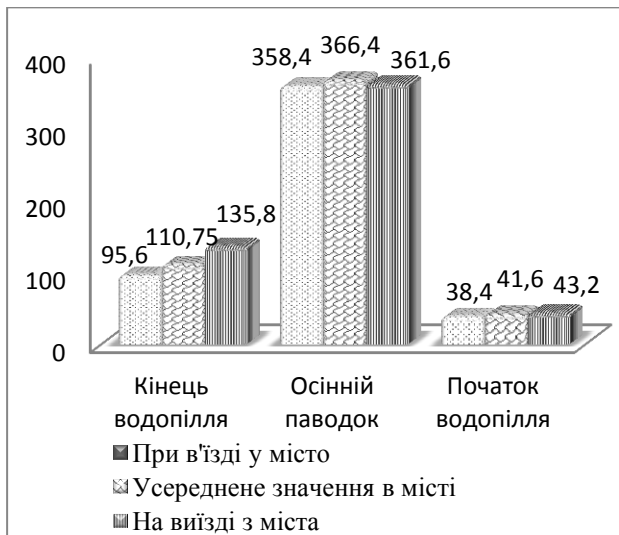


Рис. 13 – Вміст хлоридів (мг/дм³) у водах р. Уди

Як наслідок впливу урбанізованої території – підвищується вмісту сульфатів (рис.14): на кінець водопілля з 146,2 мг/дм³ до 203,85 мг/дм³ (55,98 %), під час осіннього паводку з 192,5 мг/дм³ до 253 мг/дм³ (31,43 %), що графічно зображено на рис. 3.13. Ці поверхневі води можуть бути використані для рекреаційних і культурно-побутових потреб, т. я. не перевищують відповідні нормативи. Під час осіннього паводку були зафіксовані перевищення ГДК для вод рибогосподарського призначення: у пробі № 10 – в 1,46 рази, у пробі № 11 – в 2,4 рази, у пробі № 12 – в 1,67 рази, в пробі № 13 – в 2,28 рази. Відмітимо перевищення ГДК для вод питного призначення у річковій воді відібраній під час осіннього паводку: у пробі № 11 – в 1,07 рази, у пробі № 13 – в 1,01 рази; для вод рибогосподарського призначення: у пробі № 10 – в 1,9 рази, у пробі № 11 – в 2,7 рази, у пробі № 12 – в 1,88 рази, у пробі № 13 – в 2,53 рази.

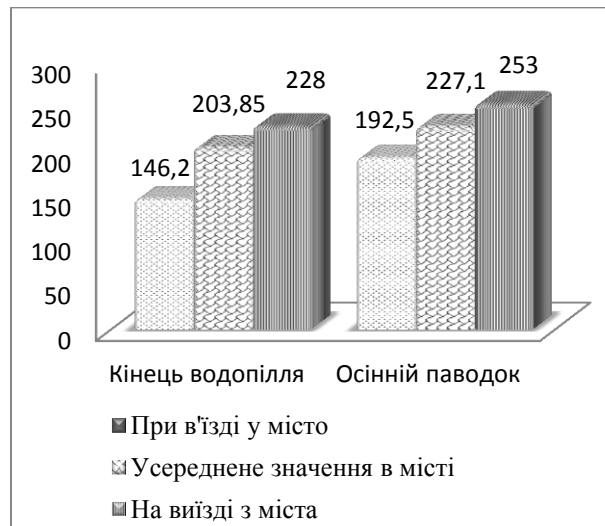


Рис. 14 – Вміст сульфатів (мг/дм³) у водах р. Уди

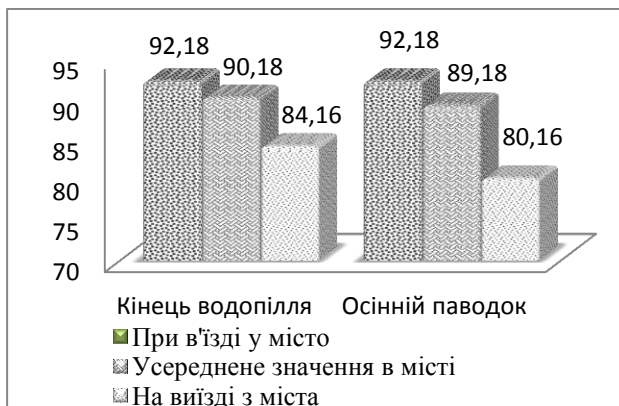


Рис. 15 – Вміст кальцію (мг/дм³) у водах р. Уди

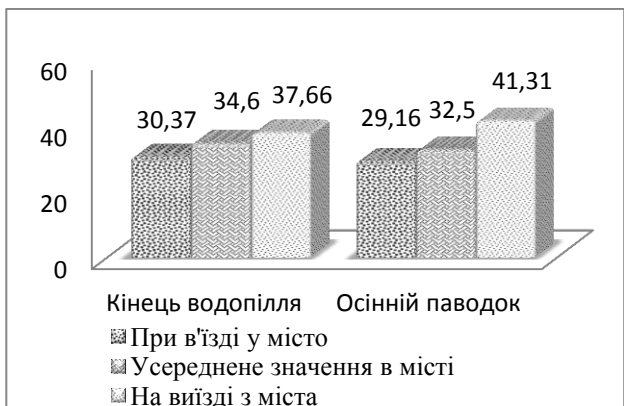


Рис. 16 – Вміст магнію (мг/дм³) у водах р. Уди

Під впливом м. Харкова, концентрація кальцію у водах р. Уди зменшилась з 92,18 мг/дм³ при в'їзді у місто до 84,16 мг/дм³ на вїзді (8,7 %) на кінець водопілля і з 92,18 мг/дм³ до 80,16 мг/дм³ (13,04 %) під час осіннього паводку (рис.15). На відміну від кальцію, вміст магнію, під дією урбанізованих

процесів, зростає (рис.16). На досліджуваних ділянках концентрація магнію на кінець водопілля підвищилась з 30,37 мг/дм³ до 37,66 мг/дм³ (24 %), під час осіннього паводку з 29,16 мг/дм³ до 41,31 мг/дм³ (41,67 %). Вміст магнію не перевищує жоден з вищезазначених нормативів ГДК.

Висновки

Питанням з підвищення мінералізації у поверхневих водах України займались багато науковців і було встановлено, що вміст солей у річкових водах має тенденцію до зростання.

За вмістом хлоридів у р. Харків, Лопань та Уди на кінець водопілля перевищень екологічних нормативів не зафіксовано. Для р. Уди у пробах відібраних перевищень ГДК не відмічено. Під час осіннього паводку у пробах зафіксовано перевищення нормативів для вод рибогосподарського водокористування (1,19 – 1,23 рази). У р. Харків, під впливом урбанізаційних факторів, зафіксовано перевищення ГДК для вод рибогосподарського призначення (2,68 – 3,04 рази). У водах р. Лопань відзначено перевищення нормативів для вод рибогосподарського призначення 1,88 – 3 рази. У р. Уди перевищення ГДК для вод рибогосподарського призначення від 1,46 до 2,7 разів. За вмістом сульфатів у жодній пробі не відмічено перевищення екологічних нормативів

За вмістом кальцію і магнію у жодній з досліджуваних річок також не зафіксовано перевищення нормативів.

Загальний приріст хлоридів під впливом урбанізаційних процесів р. Харків на кінець водопілля становив 158,31 %, під час осіннього паводку – 105,26 % і на початку водопілля – 37,14 %. На кінець водопілля і під час осіннього паводку найбільший вплив на вміст хлоридів у річковій воді чинить полірекреаційна урбанізована підсистема Журавлівського гідропарку. На початку водопілля однаково впливає рекреаційна підсистема Журавлівського гідропарку і житлова, громадсько-адміністративна, транспортна і культурно-освітня підсистеми, що знаходяться у центральній частині міста.

У водах р. Лопань загальний приріст хлоридів під впливом міської системи на кі-

нець водопілля становив 86,67 %, під час осіннього паводку – 56,69 %, на початку водопілля – 72,22 %. За усіма гідрологічними режими, найбільший приріст відзначається перед впадінням у р. Уди. Цей район характеризується наявністю потужних промислових центрів, житловою забудовою та розгалуженою транспортною підсистемою.

Загальний приріст хлоридів у р. Уди на кінець водопілля становив 42,05 %, під час осіннього паводку лише 0,89 %, а на початку водопілля – 12,5 %. За усіма гідрологічними режимами найбільше зростання вмісту хлоридів зафіксовано після впадіння р. Лопань, яка перед впадінням у р. Уди характеризується підвищеним вмістом хлоридів і піддається впливу промислової, житлової і транспортної урбанізаційних підсистем

На кінець водопілля вміст сульфатів у поверхневих водах р. Харків, під впливом урбанізаційних процесів, знизився на 7,46 %, а під час осіннього паводку майже не змінився (збільшився на 0,27 %).

Під впливом урбанізаційних чинників вміст сульфатів у р. Лопань на кінець водопілля знизився на 1,13 %, а під час осіннього паводку – на 10,03 %. Головним чинником, який створює від'ємний приріст є сумарний вплив транспортної, складської та частково промислової підсистем, що територіально представлені Центральним ринком. Гіпотетично припускаємо, що забруднювальні та зважені речовини, які потрапляють з неорганізованим стоком знижують вміст сульфатів.

У р. Уди, в межах м. Харкова, вміст сульфатів на кінець водопілля збільшився на 55,95 %, а під час осіннього паводку на 31,43 %. Найбільший приріст відзначено під впливом полірекреаційної підсистеми Новобаварського водосховища.

Література

1. Васенко О. Г., Верниченко–Цветков Д. Ю., Коваленко М. С. та ін. Екологічна оцінка стану поверхневих вод України з урахуванням регіональних гідрохімічних особливостей. Збірник наукових праць Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем. Харків, 2010.
URL:<http://niiep.kharkov.ua/sites/default/files/ekologichna.doc> (дата звернення: 18.02.2018)
2. Коробкова Г. В. Екологічне нормування якості поверхневих вод на прикладі басейну річки Сіверський Донець (в межах Харківської області) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук:

- спец. 11.00.11 «конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів». Харків, 2018. 24 с.
3. Романенко В.Д., Жулинський В. М., Оксіюк О. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К. СИМВОЛ-Т, 1998. 48 с.
 4. Ніколев А. М. Поверхневий стік з території міста як джерело забруднення річкових вод. *Вісник Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича. Серія: Географія*, 2013. Вип. №521. С.5-8.
 5. Німець К. А., Мазурова А. В. Природні умови, як фактор просторової організації великого міста (на прикладі міста Харкова). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Географія – Геологія – Екологія»*, 2015,Т.38, №1049, С. 95-98. URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeso/article/view/7677> (дата звернення 10.04.2018)
 6. Осадчий В. І. Методологічні основи дослідження чинників та процесів формування хімічного складу поверхневих вод України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. геогр. наук : спец. 11.00.07 «гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія». К., 2008. 50 с.
 7. Осадчий В. І. Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. №8. С. 29–46.
 8. Река Лопань. КП «Харьковводоканал» .URL:[http:// vodokanal.kharkov.ua/content/lopan_river](http://vodokanal.kharkov.ua/content/lopan_river) (дата звернення 17.03 2018).
 9. Река Немышля. КП «Харьковводоканал» URL:http://vodokanal.kharkov.ua/content/nemishlya_river (дата звернення 17.03 2018).
 10. Река Уды. КП «Харьковводоканал» URL:http://vodokanal.kharkov.ua/content/udi_river (дата звернення 17.03 2018).
 11. Река Харьков // КП «Харьковводоканал» URL:http://vodokanal.kharkov.ua/content/kharkov_river (дата звернення 17.03 2018).
 12. Ричак Н. Л. Формування якості річкових вод під впливом поверхневого стоку урбанізованих територій. *Вісник Харківського університету імені В.Н. Каразіна № 1049. Серія «Географія – Геологія – Екологія»*. Вип. 38, 2013. С. 210-215.
 13. Ричак Н. Л. Срібна К. М. Стан якості зливого – талого стоку транспортної урбофункціональної підсистеми басейну р. Харків. *Вісник Харківського університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія – Географія – Геологія – Екологія»*, 2014 . Вип. № 1128. С.153-160
 14. СЭВ. Унифицированные методы исследования качества вод. Часть 1. Методы химического анализа вод . М., 1987. 1244 с.
 15. Сніжко С. І. Оцінка сучасного гідрохімічного режиму та якості води річок Житомирського Полісся. *Український географічний журнал*. К., 2001. №2. С. 65-70.
 16. Фесюк В. О. Поверхневий стік з території міста як фактор забруднення водного об'єкту урбоєкосистем Північно-Західної України (на прикладі Луцька). *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*, 2006. №3. С.56-63.
 17. Юрченко В. О., Коротченко М. В., Бригада О. В., Михайлов Л. С. Дослідження технологічних характеристик поверхневого стоку з автомобільних доріг. *Автошляховик України*, 2012. Вип. 4 (228). С. 44-47.
 18. Rentz R. Water and Sediment Quality of Urban Water Bodies in Cold Climates. Lulea University of Technology. Printed by Universitetstryckeriet, Lulea, 28p.

References

1. Vasenko O. G., Verny`chenko – Czvetkov D. Yu., Kovalenko M. S. ta in. (2010). Ekologichna ocinka stanu poverxnevuy`x vod Ukrainy`n` z uraxuvannyam regional`ny`x gidroximichny`x osobly`vostej [Ecological assessment of the surface waters state of Ukraine taking into account regional hydrochemical features]. *Collection of scientific works of the Ukrainian Research Institute of Environmental Problems*, Kharkiv:UkrNDIEP Available at:: www.nieep.kharkov.ua/sites/default/files/ekologichna.doc. [In Ukrainian]
2. Korobkova G. V. (2018). Ekologichne normuvannya yakosti poverxnevuy`x vod na pry`kladi basejnu richky` Sivers`ky`j Donec` (v mezhax Xarkivs`koyi oblasti) [Environmental standardization of surface water quality on the example of the Siversky Donets river basin (within the Kharkiv region)]. V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, 24 [In Ukrainian]
3. Romanenko V. D., Zhuly`ns`ky`j V. M., Oksiyuk O. P. ta in. (1998). Metody`ka ekologichnoyi ocinky` yakosti poverxnevuy`x vod zi vidpovidny`my` kategoriyyamy` [Methodology of ecological assessment of surface water quality according to the relevant categories]. Kiev: SYMBOL-T, 48 [In Ukrainian]
4. Nikolyev A. M. (2013). Poverxnevuy`j stik z tery`toriyi mista yak dzherelo zabrudnennya richkovy`x vod [Surface runoff from the city as a source of pollution of river waters]. *Visnyk` Chernivecz`kogo nacional`nogo univerty`tetu imeni Yu. Fed`kovy`cha. – Seriya: Geografiya.Chernivci*, (521), 5-8 [In Ukrainian]
5. Nimecz` K. A., Mazurova A. V. (2015). Pry`rodni umovy`, yak faktor prostorovoyi organizaciyi vely`kogo mista (na pry`kladi mista Xarkova) [Natural conditions as a factor of the spatial organization of a large city

- (for example, the city of Kharkiv)] *Visnyk Xarkivs'kogo nacional'nogo universy'tetu imeni V. N. Karazina Seriya «Geologiya – Geografiya – Geologiya – Ekologiya»*, 38 (1049), 95-98 [Available at: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/7677>. [In Ukrainian]
6. Osadchyj V. I. (2008). Metodologichni osnovy` doslidzhennya chy`nny`kiv ta procesiv formuvannya ximichnogo skladu poverxnev`x vod Ukrayiny` [Methodological bases of research of factors and processes of formation of chemical composition of surface waters of Ukraine]. Kiev, 50 [In Ukrainian]
 7. Osadchyj V. I. (2017). Resursy` ta yakist` poverxnev`x vod Ukrayiny` v umovax antropogennoho navantazhennya ta klimaty`chny`x zmin [Resources and quality of surface waters of Ukraine in conditions of anthropogenic loading and climate change]. *Visnyk Nacional'noyi akademiyi nauk Ukrayiny`*, (8), 29–46 [In Ukrainian]
 8. Reka Lopan` (2018). KP «Xar'kovvodokanal» Available at: http://vodokanal.kharkov.ua/content/lopan_river [In Russian].
 9. Reka Немішля (2018). KP «Xar'kovvodokanal» Available at: http://vodokanal.kharkov.ua/content/nemishlya_river. [In Russian].
 10. Reka Удї (2018). KP «Xar'kovvodokanal» Available at: http://vodokanal.kharkov.ua/content/udi_river [In Russian].
 11. Reka Xar'kov (2018). KP «Xar'kovvodokanal» Available at: http://vodokanal.kharkov.ua/content/kharkov_river [In Russian].
 12. Ry`chak N.L. (2013). Formuvannya yakosti richkovy`x vod pid vply`vom poverxneвого stoku urbanizovany`x tery`torij [Formation of river water quality under the influence of surface runoff of urbanized territories]. *Visnyk Xarkivs'kogo universy'tetu imeni V.N. Karazina. Seriya «Geografiya – Geologiya – Ekologiya»*, 38(1049), 210-215 [In Ukrainian]
 13. Ry`chak N. L., Sribna K. M. (2014). Stan yakosti zly`vogo – talogo stoku transportnoyi urbofunkcional'noyi pidsy`stemy` basejnu r. Xarkiv [The condition of the quality of the drain - drain flow of the transport urbfunkcional subsystem of the Kharkiv river basin]. *Visnyk Xarkivs'kogo universy'tetu imeni V.N. Karazina. Seriya «Geologiya – Geografiya – Geologiya – Ekologiya»*, (1128),153-160 [In Ukrainian]
 14. Unificirovannye metody issledovaniya kachestva vod. CHast' 1. Metody himicheskogo analiza vod (1987). [Unified methods for the study of water quality. Part 1. Methods of chemical analysis of water]. Moscow, 1244 [In Russian].
 15. Snizhko S. I. (2001). Ocinka suchasnogo gidroximichnogo rezhy`mu ta yakosti vody` richok Zhytomyr's'kogo Polissya [Assessment of the current hydrochemical regime and quality of water of the Zhytomyr Polissya rivers]. *Ukrayins'kyj geografichny`j zhurnal*, (2), 65-70 [In Ukrainian]
 16. Fesyuk V. O. (2006). Poverxnev`y` stik z tery`toriyi mista yak faktor zabrudnennya vodnogo ob'yektu urboekosy`stem Pivnichno-Zaxidnoyi Ukrayiny` (na pry`kladi Lucz`ka) [Surface runoff from the city as a factor of contamination of the water object of urboecosystems of North-Western Ukraine (for example, Lutsk)]. *Gidrologiya, gidroximiya, gidroekologiya*, (3), 56-63 [In Ukrainian].
 17. Yurchenko V. O., Korotchenko M. V., Bry`gada O. V., My`xajlov L. S. (2012). Doslidzhennya texnologichny`x xaraktery`sty`k poverxneвого stoku z avtomobil'ny`x dorig [Research of technological characteristics of surface runoff from highways]. *Avtoshlyaxovy`k Ukrayiny`*, 4 (228), 44-47 [In Ukrainian]
 18. Rentz R. Water and Sediment Quality of Urban Water Bodies in Cold Climates. Lulea University of Technology. Printed by Universitetstryckeriet, Lulea, 28 [in English].

Надійшла до редколегії 23.10.2018

УДК 630*43:630.561.24

І. М. КОВАЛЬ¹, канд. с.-г. наук, с. н. с., С. Г. СИДОРЕНКО¹, канд. с.-г. наук,
М. О. НЕВМИВАКА²

ПІСЛЯПРОГЕННИЙ РОЗВИТОК МОЛОДОГО СОСНОВОГО НАСАДЖЕННЯ В ЛІСОСТЕПУ

¹ Український науково-дослідний інститут лісівництва та агролісомеліорації імені Г.М.Висоцького

Пушкінська, 86, 61024, м. Харків, Україна

e-mail: Koval_Iryna@ukr.net <http://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

майдан Свободи, 6, 61022, Харків, Україна

Мета. Вивчення відгуку радіального приросту сосни в молодняках до впливу пожеж. **Методи.** Використано порівняльно-екологічні методи, таксаційні, стандартні дендрохронологічні методи, статистичний, кореляційний та регресійний аналізи. **Результати.** Дослідження проведено в чистому молодому сосновому насадженні, яке було пошкоджене низовою пожежею 2011 році. Пожежа сталася на фоні сприятливих погодних умов (вегетаційний сезон був теплим і вологим), що призвело до пом'якшення впливу пожежі на насадження. Виявлено, що радіальний приріст у пошкоджених дерев в рік пожежі (2011) поступався контролю на 20 %. В наступні 2012-2017 рр. спостерігалось перевищення радіального приросту пошкоджених дерев в порівнянні з контролем внаслідок збільшення площі живлення дерев, які залишилися живими. Радіальний приріст дерев, які вижили, досяг передпожежного рівня. Найшвидше зреагувала на пошкодження пожежею пізня деревина. **Висновки.** Пожежа призвела до загибелі ослаблених та відсталих у рості дерев, значно пришвидшивши процес природного зрідження насадження. Відновлення радіального приросту дерев, які залишилися живими відбулося в 2014 році.

Ключові слова: радіальний приріст, сосна звичайна, пожежі, кліматичні чинники

Koval I. M.¹, Sidorenko S. D.¹, Nevmyvaka M. O.²

¹Ukrainian Institute of Forestry and Agroforestry

²V. N. Karazin Kharkiv National University

POSTPYROGENIC DEVELOPMENT OF YOUNG PINE STAND IN FOREST-STEPPE

Purpose of the work is to study the response of the radial growth of pine in the young to the effects of fires. **Methods.** Comparative ecological methods, taxation, standard dendrochronological methods, statistical, correlation and regression analyzes were used. **Results.** The study was conducted in a clean, young pine stand, which was damaged by wildfire in 2011. The wildfire occurred in favorable weather conditions (the vegetation season was warm and humid), which led to mitigating the effects of fire on the plantings. It was revealed that the radial increment of damaged trees in the year of wildfire (2011) was less than the tree rings at the control by 20%. During 2012-2017 increase of the radial growth of damaged trees was revealed because about 30% of trees were drying and living trees got extra light and reveal. Radial growth of survived trees reached the level as before the wildfire. Late wood responded faster to fire damage. **Conclusions.** The wildfire led to the death of weakened trees, significantly speeding up the process of natural thinning of the stand. The recovery of the radial growth of surviving trees occurred in 2014. Restoration of the radial growth of trees, survivors, occurred in 2014. It is advisable to use the proportion of late wood to assess the state of plantations after a wildfire.

Keyword: radial growth, pine, wildfires, climatic factors

Коваль І. М.¹, Сидоренко С. Г.¹, Невмывака М. О.²

¹Український інститут лісового господарства та агролісомеліорації

²V. N. Karazin Kharkiv National University

ПОСЛЕПЫРОГЕННОЕ РАЗВИТИЕ МОЛОДОГО СОСНОВОГО НАСАЖДЕНИЯ В ЛЕСО-СТЕПИ

Цель. Изучение отклика радиального прироста сосны в молодняках к воздействию пожаров. **Методы.** Используются сравнительно-экологические методы, таксационные, стандартные дендрохронологические методы, статистический, корреляционный и регрессионный анализы. **Результаты.** Исследование проведено в чистом молодом сосновом насаждении, которое было повреждено низовым пожаром 2011 году. Пожар произошел на фоне благоприятных погодных условий (вегетационный сезон был теплым и влажным), что привело к смягчению воздействия пожара на насаждения. Вывявлено, что радиальный прирост поврежденных деревьев в год пожара (2011) был меньше соответствующих величин на контроле на 20%. В после-

© Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Невмывака М. О., 2018

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-30-10>

дуючіе 2012-2017 гг. наблюдалось превышение радиального прироста поврежденных деревьев по сравнению с контролем вследствие увеличения площади питания деревьев, которые остались живы. Радиальный прирост деревьев, выживших достиг уровня до пожара. Быстрее отреагировала на повреждение пожаром поздняя древесина. **Выводы.** Пожар привел к гибели ослабленных и отставших в росте деревьев, значительно ускорив процесс естественного изреживания насаждения. Восстановление радиального прироста деревьев, оставшихся в живых, произошло в 2014 году.

Ключевые слова: радиальный прирост, сосна обыкновенная, пожары, климатические факторы

Вступ

Площа лісового фонду в Україні складає приблизно 10,8 млн. га. Найбільш пожежонебезпечними є хвойні молодняки та середньовікові насадження на Поліссі, Півдні та Сході України. Найбільше потерпають від пожеж соснові ліси які мають підвищену схильність до загорання із-за наявності смолистих речовин та низького вологовмісту. В Україні, найбільш вразливими до лісових пожеж є південні області України, де зосереджена основна маса штучно посаджених лісів [12].

Посухи та антропогенний вплив є головними причинами виникнення лісових пожеж в Лісостепу. Наслідкам впливу пожеж на лісові екосистеми приділено багато уваги, однак питання щодо післяпожежного розвитку насаджень залишається недостатньо вивченим, тому дослідження впливу пожеж на стан та приріст дерев і пожежної стійкості деревостанів потребують подальшого вивчення [2, 3, 4].

Очікується, що до кінця XXI століття на території Східної Європи ризик пожежної

небезпеки збільшиться, особливо в південних регіонах, зросте і ризик виникнення лісових і торф'яних пожеж, що зумовлено не лише підвищенням температури повітря, зростанням посушливості, а й збільшенням тривалості теплого періоду [12].

Реакція деревостанів на вплив пожеж визначається не тільки характером та інтенсивністю пожеж, але й особливостями ґрунтів, віком і еколого-біологічними характеристиками лісотвірних порід. Зменшенню кількості лісових пожеж сприяє достатня вологість протягом року і особливо вегетаційного періоду [11].

Річний радіальний приріст дерев є інтегральним показником стану та продуктивності лісів, що віддзеркалює зміни в довкіллі та вплив цих змін на стан дерев [1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14].

Метою роботи є вивчення післяпожежного стану соснового молодняка дендрохронологічними методами.

Об'єкти та методи дослідження

Постійні пробні площі (пошкоджена пожежею та контроль) закладено в молодому сосновому насадженні. Дослідження проведено на двох постійних пробних площах (ППП), закладених в чистому молодому сосновому насадженні, яке було пошкоджене низовою пожежею в другій декаді травня 2011 року в Васищівському лісництві ДП «Жовтневе лісове господарство» (рис. 1). Ці PPP закладено в непошкодженій пожежею частині деревостану (контроль) та пошкодженій частині насадження Васищівського лісництва. Ґрунти супіщані дерново-опідзолені

Таксаційні показники насаджень на пошкодженій PPP та контролі характеризуються подібними чинниками щодо середнього діаметру насаджень, середньої висоти, повноти та запасу. Висота нагару в пошкодженому насадженні становила 1,05 м, а дехромація – 61,2%.

Використано порівняльно-екологічні методи, таксаційні (визначення Класу Крафта та категорій санітарного стану), стандартні дендрохронологічні методики, статистичний, кореляційний та регресійний аналізи [1, 15].

Керни було відібрано буравом Преслера на висоті 1,3 м з 20 дерев у кожній PPP. Спочатку керни було висушено на повітрі, а потім величина річних кілець вимірювалась з точністю 0,01 мм за допомогою приладу для вимірювання деревних кілець «HENSON» та біокулярного мікроскопа МБС – 9. Перед вимірюванням кернів для більшої чіткості границь річних кілець знімали тонкий (1 - 2 мм) верхній шар деревини лезом поперек волокон та при необхідності обробляли їх крейдою.

Під час перехресного датування деревних кілець методом «скелетних графіків» (графічним методом) визначалися точні дати формування кожного кільця та на підс-

таві цього отримали деревно - кільцеві хронології. За допомогою перехресного датування виявили місцезнаходження фальшивих кілець та таких, що випали.

Для кожної постійної ППП побудовано деревно – кільцеві хронології шляхом осереднення радіального приросту дерев на всіх ППП. Проведено порівняння радіального приросту на пошкоджених ППП з контролем і шарів деревини на всіх ППП до пожежі та після неї.

Проведено індексацію деревно-кільцевих хронологій методом 3-річних ко-

Результати та обговорення

Пожежа сталася в травні 2011 року на фоні сприятливих погодних умов (вегетаційний сезон був теплим і вологим), що призвело до пом'якшення впливу пожежі на молоде насадження, однак, найбільша кількість ослаблених дерев всохла в перший рік після пожежі (24%, на протягом 2-го року, а 3-того – 0,6%). Зазвичай Найбільш інтенсивне всихання відбувається в перший рік після пожежі У молодняках одночасно Тривають процеси всихання та відновлення дерев, причому на другий рік процеси погіршення стану уповільнюються, а на третій переважають процеси відновлення.

Через два місяці після пожежі стан деревостанів оцінювався як усихаючий. Такому пошкодженню сприяла низька висота розміщення крони дерев (0,4 - 0,6 м), тоді як середня висота нагару становила 1,05 м. В таких умовах низова пожежа часто переходить у верхову, однак цього не сталося, оскільки стовбури, бруньки і хвоя на момент пожежі мали високу вологість.

Пожежа, пошкодила сосновий молодняк під час проходження ним фази «періоду активного росту». На ріст дерева впливають як внутрішні, так і зовнішні фактори, що викликають різні реакції дерева у різні періоди онтогенезу.

Кліматичні чинники за травень – червень поточного вегетаційного сезону 2011 року пожежі позитивно вплинули на радіальний приріст. Саме в цей період формувалися постембріональна стадія асиміляційного апарату й річного кільця у дерев сосни. Опадів за травень – червень випало на 87% більше, ніж в середньому за період 2007–2017 рр. (рис. 1, 2).

З аналізу динаміки радіального приросту сосни в пошкодженому пожежею насадженні (рис.2) виявлено, що радіальний приріст у пошкоджених дерев в рік пожежі (2011) поступався контролю на 20 %. Впро-

взних з метою вилучення вікового (біологічного) тренду та подальшого проведення кореляційного та регресійного аналізів:

Було використано статистичні, кореляційні та регресійні методи для виявлення зв'язків між радіальним приростом з одного боку та висотою нагару на стовбурах і кліматичними чинниками – з іншого Methods, 1990, Битвинскас, 1974 .

З метою виявлення зв'язків між радіальним приростом та кліматичними чинниками використано дані Харківської метеостанції.

довж 2012-2017 рр. спостерігалось перевищення радіального приросту пошкоджених дерев в порівнянні з контролем внаслідок збільшення площі живлення дерев, які залишилися. Тренд збільшення динаміки приросту після пожежі спостерігався протягом 2012-2014 рр. Впродовж 2016-2017 рр. радіальний приріст дерев, які вижили, досяг перед пожежного рівня (рис. 2).

За результатами аналізу різниці між середніми різних видів деревини встановлено значущу різницю між шарами річної деревини на контролі та пошкодженій ППП на четвертий рік після пожежі, для пізньої деревини – на другий рік, та для ранньої – теж на четвертий рік. Тобто найшвидше зреагувала на пошкодження пожежею пізня деревина, яка формується під впливом погодних умов вегетаційного періоду поточного року, і пізніше рання, бо вона є більш і пластичною і формується під впливом погодних умов попередніх років, зими вегетаційного періоду поточного року. Для всіх інших років різниця між середніми величинами радіального приросту на пошкодженій ППП та контролі виявилися незначущими (табл. 1).

Проведено аналіз оцінки достовірності між середніми значеннями пізньої, ранньої та річної деревини для пошкодженої ділянки та контролю. Встановлено значущу різницю між шарами річної деревини на контролі та пошкодженій ППП на четвертий рік після пожежі, для пізньої деревини – на другий рік, та для ранньої – теж на четвертий рік. Тобто найшвидше зреагувала на пошкодження пожежею пізня деревина, яка формується під впливом погодних умов вегетаційного періоду поточного року, і пізніше рання, бо вона є більш і пластичною і формується під впливом погодних умов попередніх років, зими вегетаційного періоду поточного року (табл. 1).

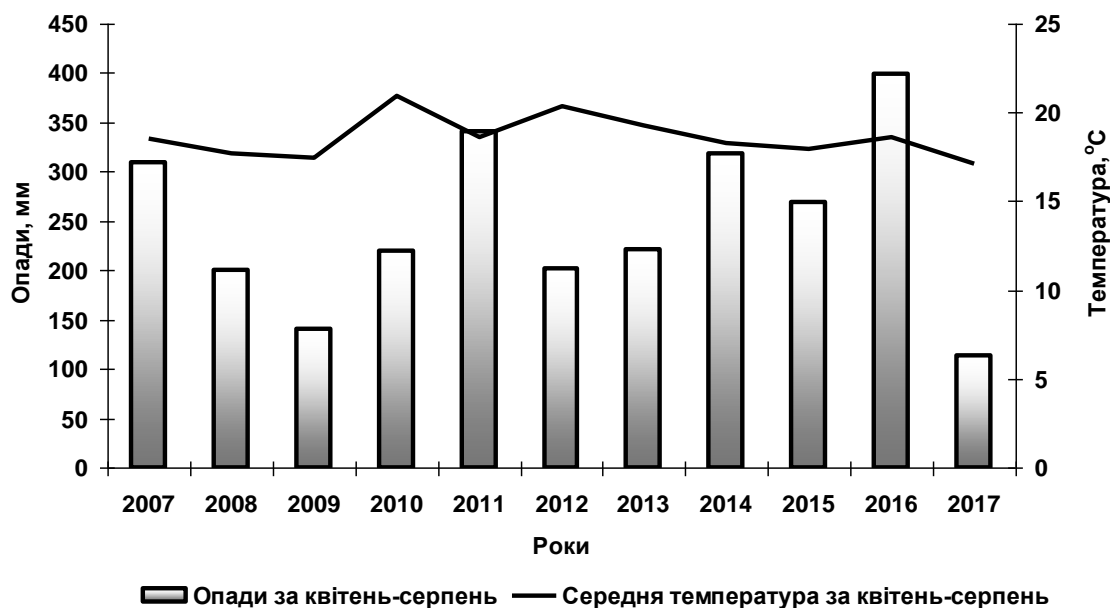


Рис. 1 – Динаміка опадів та температур за даними Харківської метеостанції

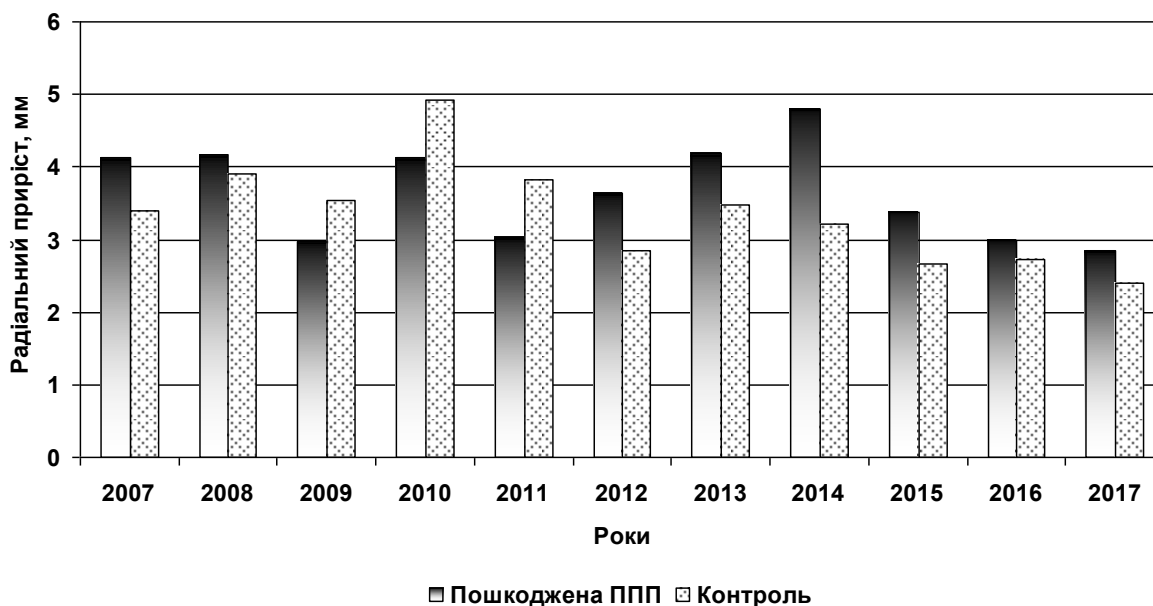


Рис. 2 – Динаміка радіального приросту сосни на пошкодженій пожежею постійній пробній площі та на контролі

В зв'язку з тим, що пізня деревина виявилася найбільш чутливою по пошкодженню ми використали частку пізньої деревини, яка є індикатором стану дерева. Вона свідчить, що впродовж 2011-2013 рр. пошкоджене насадження було в депресії, а в наступні 2014-2017 рр. спостерігалася незначна різниця між відсотками пізньої деревини на контролі та пошкодженій ділянці, що підтверджує відновлення радіального приросту дерев, які залишилися після пожежі. В 2016 приріст дерев зрівнявся на контрольній та

пошкодженій ділянці. В 2017 році радіальний приріст дерев, які залишилися, дещо погіршився порівняно з контролем (рис. 3).

Як зазначено вище пожежа сталася на фоні сприятливих погодних умов (вегетаційний сезон був теплим і вологим), що призвело до пом'якшення впливу пожежі на насадження. Опадів за квітень – серпень випало на 37% (92 мм) більше в порівнянні з середніми відповідними величинами за 2007 - 2017 рр. (нормою), а температури майже не відхилялися від норми і склали за вегета-

Таблиця 1

Різниця між середніми значеннями величин річних кілець сосни на контролі та пошкодженій пожежею пробній площі

Річна деревина	Четвертий рік після пожежі, 2014
Пошкоджена ППП	4,79±0,39
Контроль	3,21±0,30
t _{факт.}	-3,23
t _{теор.}	2,07
Пізня деревина	Другий рік після пожежі, 2012
Пошкоджена ППП	1,07±0,13
Контроль	0,63±0,08
t _{факт.}	-2,92
t _{теор.}	2,07
Рання деревина	Четвертий рік після пожежі, 2014
Пошкоджена ППП	3,84±0,37
Контроль	2,46±0,23
t _{факт.}	3,17
t _{теор.}	2,07

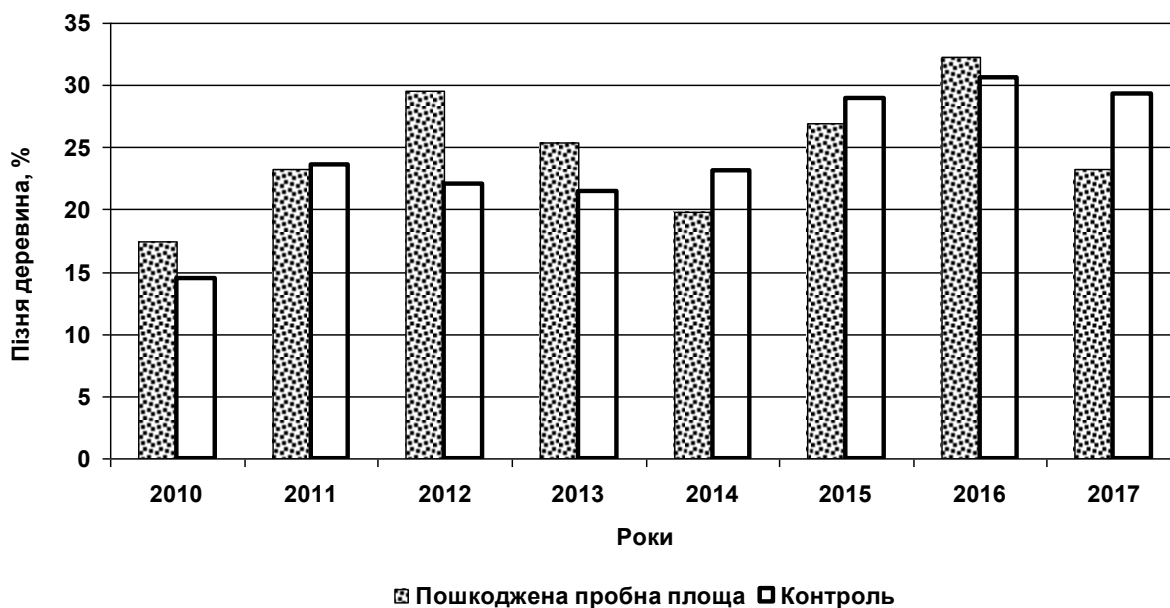


Рис. 3 – Відсоток пізньої деревини сосни на пошкодженій пожежею ППП та на контролі

ційний період 18,1°C Середні температури в рік пожежі впродовж квітня-травня були на 4% нижче норми, а опадів випало навпаки – на 4% більше від норми в цей період (рис.1).

Депресії радіального приросту виявлено на контролі в 2009, 2012 (для контрольного деревостану) та 2015 рр., що можна пояснити мінімальною кількістю опадів за рік та вегетаційний період та для 2012 року високими температурами за рік та вегета-

ційний періоди (рис. 5-6). Для пошкоджених дерев насадження мінімальний радіальний приріст спостерігається також в 2009 та 2015 рр. та в рік пожежі, в 2011 році.

Проведено кореляційний аналіз між індексами радіального приросту з одного боку та санітарним станом, класами Крафта, висотами дерев, усиханням, діаметрами дерев, висотою нагару та дефоліацією – з іншого. Виявлено залежність між індексами

радіального приросту сосни на пошкодженій ППП за 2011 рік та категоріями санітарного стану за 2012 рік, яка апроксимована кривою 2-го порядку: $y = -0.3467x^2 + 1.5757x - 0.6097$ ($\eta = 0,83$; $t_{\text{факт.}} = 24,4$; $t_{\text{теор.}} = 4,78$ на рівні 0,001 значущості). Це свідчить про те,

що спочатку пошкодження та втрата хвої внаслідок пошкодження пожежею негативно впливає на фотосинтез. Наступного року цей процес викликає втрати приросту за діаметром.

Висновки

Пожежа призвела до загибелі ослаблених та відсталих у рості дерев, значно пришвидшивши процес природного зрідження насадження. За рахунок цих процесів конкуренція за світло та ресурси живлення певною мірою послабилася.

Відновлення радіального приросту дерев, які залишилися живими відбулося в 2014 році

Пізня деревина виявилася найбільш чутливою до впливу пожежі.

Частку пізньої деревини доцільно використовувати для оцінки стану насаджень після пожежі та встановлення тривалості періоду ослаблення та вразливості пошкоджених дерев та насаджень в цілому.

Результати досліджень можуть сприяти більш ефективному плануванню лісогосподарських заходів та дозволять коригувати тривалість моніторингу за пошкодженнями низовими пожежами молодими сосновими деревостанами.

Література

1. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 172 с.
2. Ворон В. П., Коваль І. М., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Зміни радіального приросту в пошкодженому пожежею сосновому деревостані в Поліссі. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2017 (27/9), 56-59.
3. Ворон В.П., Коваль І.М. Вплив низових пожеж та динаміку радіального приросту сосни в лісостеповій зоні України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2011 (21.7), 45-50.
4. Зібцев С.В., Борсук О.А. Охорона лісів від пожеж у світі та перспективи розвитку. *Лісове і садово-паркове господарство*, 2012, №1, 49-63.
5. Коваль І. М., Браунинг А., Воронін В. О., Невмивака М. А., Токарева Н. А. Особливості формування шарів ранньої, пізньої та річної деревини дуба звичайного в насадженні Лівобережного Лісостепу України. *Збірник наукових статей XIV Всеукраїнських наукових Талійських читань*, 2018, 61-64.
6. Коваль І.М. Радіальний приріст як індикатор стійкості лісових екосистем на прикладі соснових лісів зеленої зони м. Харкова. *Науковий вісник НУБіП України: Зб. наук. Праць*, 2010 (147), 223 - 232.
7. Koval I.M. Changes of Pine radial growth increment under air pollution influence in the Steppe zone of Ukraine. Conference «EURODENDRO-2001». Ljubljana, Slovenia, 6-10 June 2001, 24-25.
8. 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*, 2015 (126), 202-211.
9. Коваль І.М., Костяшкін Д.С. Вплив клімату та рекреації на формування шарів річної деревини ранньої та пізньої форм *Quercus Robur L.* У зеленій зоні м. Харкова. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2015 (25.6.), 52-58.
10. Коваль І.М., Токарева Н.А., Невмивака М. О., Воронин В. О. Динаміка радіального приросту дерев, пошкоджених пожежею, в соснових лісах Лісостепової зони Харківщини. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*, 2016 (15), 81-88.
11. Николаев А.Н. Дендрохронологические исследования послепожарной реакции древесных пород в Центральной Якутии. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 2010. Т. 12, 1(3)), 888-891 с.
12. Ходаков В.Е., Жарикова М.В., Гринь Д.С. Лесные пожары: методы исследования. Херсон, 2011. 470 с.
13. Koval I. M., Bräuning A., Melnik E. E., Voronin V. O. . Dendroclimatological research of scots pine in stand of the left-bank forests-steppe of Ukraine. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*, 2017, № 3-4 (28), 66-73.
14. Koval Iryna The radial growth of European ash in Forest-Steppe Zone of West Ukraine. Book of Abstracts EuroDendro 6-10 September. Tartu, Estonia, 2017, 90.
15. Methods of Dendrochronology – Applications in the Environmental Sciences (1990) Edward R. Cook and Leonardas A. Kairiukstis (editors). – Dordrecht, the Netherlands : Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis – 394 p.

References

1. Bitvinskas, T.T. (1974). Dendroklimaticheskie issledovaniya [Dendroclimatic studies]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 172 [in Russian].
2. Voron, V. P., Koval, I. M., Tkach, O. M., Sydorenko, S. G. (2017). Zminy radial'nogo pry`rostu v poshkodzhenomu pozhezheyu sosnovomu derevostani v Polissi [Changes of radial growth in pine stand damaged by fires in West Polissy]. *Scientific Bulletin of UNFU*, (27/9), 56-59 [in Ukrainian].
3. Voron, V.P., Koval, I.M. (2011). Vplyv ny`zovy`x pozhezh ga dy`namiku radial'nogo pry`rostu sosny` v lisostepovij zoni Ukrayiny` [Influence of ground fire on dynamic of pine radial growth in forest steppe zone of Ukraine]. *Scientific Bulletin of UNFU*, (21.7), 45-50 [in Ukrainian].
4. Zibcev, S.V., Borsuk, O.A. (2012). Oxorona lisiv vid pozhezh u sviti ta perspektyvy` rozvy`tku. Lisove i sadovo-parkove gospodarstvo, [Protection of forests from fires in the world and Ukraine – challenges in XXI century]. *Scientific Bulletin of NUBiP*, (1), 49-63 [in Ukrainian].
5. Koval, I. M., Braunyng, A., Voronin, V. O., Nevmy`vaka, M. A., Tokareva, N. A. (2018). Osobly`vosti formuvannya shariv rann`oyi, pizn`oyi ta richnoyi derevy`ny` duba zvy`chajnogo v nasadzhenni Livoberezhnogo Lisostepu Ukrayiny` [Features of the formation of early, late wood and tree ring width in the stand of the Left Bank Forest-steppe of Ukraine]. *Bulletin of of scientific articles of the XIV -Ukrainian scientific Talyev readings*, 61-64 [in Ukrainian].
6. Koval, I.M. (2010). Radial'ny`j pry`rist yak indy`kator stijkosti lisovy`x ekosy`stem na pry`kladi sosnovy`x lisiv zelenoyi zony` m. Xarkova [Radial growth as an indicator of the stability of forest ecosystems on the example of pine forests of the green zone of the Kharkiv city]. *Scientific Bulletin of NUBiP*, (147), 223 – 232 [in Ukrainian].
7. Koval, I.M.(2001) Changes of Pine radial growth increment under air pollution influence in the Steppe zone of Ukraine. *Conference «EURODENDRO-2001»*. Ljubljana, Slovenia, 24-25 [in English].
8. Koval, I.M., Bologov, O.V., Nusbaum, S. A., Yuzvy`ns`ky`j, G.A. (2015). Radial'ny`j pry`rist duba zvy`chajnogo ta yasena zvy`chajnogo yak indy`kator stanu lisovy`x ekosy`stem v umovax Novograd-Voly`ns`kogo fizy`ko-geografichnogo rajonu. [Radial increment of oak and ash trees as indicator of forest ecosystems conditions in Novograd-volysky phisio-graphic region]. *Scientific Bulletin of Forestry and Forest Melioration*, (126), 202-211 [in Ukrainian].
9. Koval, I.M., Kostyashkin, D.S. (2015) Vplyv klimatu ta rekreaciyi na formuvannya shariv richnoyi derevy`ny` rann`oyi ta pizn`oyi form *Quercus Robur L.* U zelenij zoni m. Xarkova. [The influence of climate and ecreation on formation of layers of annual wood of Early and late for *Quercus Robur L.* in Kharkiv Green-belt]. *Scientific Bulletin of NUBiP*, (25.6), 52-58 [in Ukrainian].
10. Koval, I.M., Tokareva, N.A., Nevmy`vaka, M. O., Vorony`n, V. O. (2016). Dy`namy`ka radial'nogo pry`rostu derev, poshkodzheny`x pozhezheyu, v sosnovy`x lisax Lisostepovoyi zony` Xarkivshhy`ny`. [Dynamic of radial growth trees damaged by fire in pine stands steppe zone of Kharkiv region]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv national university series «Ecology»*, (15), 81-88 [In Ukrainian]. [in Ukrainian].
11. Nikolaev, A.N. (2010). Dendrochronologicheskie issledovaniya poslepozharnoj reakcii drevesnyh porod v Central'noj YAkutii. [Dendrochronological studies of the post-fire reaction of tree species in Central Yakutia]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 12, (1(3)), 888-891 [in Russian].
12. Khodakov, V.E., Zharikova, M.V., Grin, D.S. (2011) Forest fires: research methods. Kherson, 470 [in Russian].
13. Koval, I. M., Bräuning, A., Melnik, E. E., Voronin V. O. (2017). Dendroclimatological research of scots pine in stand of the left-bank forests-steppe of Ukraine. *Man and environment. Issues of neoecology*, (3-4/28), 66-73 [in English].
14. Koval, Iryna (2017). The radial growth of European ash in Forest-Steppe Zone of West Ukraine. *Book of Abstracts EuroDendro 6-10 September*. Tartu, Estonia, 90 [in English].
15. Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences (1990) Edward R. Cook and Leonardas A. Kairiukstis (eds). – Dordrecht, the Netherlands : Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis, 394 [in English].

Надійшла до редколегії 01.11.2018

УДК 502.72

О. О. ГОЛОЛОБОВА, канд. с.-г. наук, доц, **Я. С. ВАСИЛЕЦЬ**
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
пл. Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна
e-mail: valeo.elena@gmail.com

АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПОВОДЖЕННЯ З ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГУМАТІВ

Мета. Вивчення агроекологічного обґрунтування можливості використання органічних відходів при виробництві гуматів як добрива основного внесення під овочеві культури. **Методи.** Польовий, хімічний, атомно-абсорбційної спектрометрії. **Результати.** Розрахунок сумарного показника забруднення показав, що ґрунт удобреної дослідної ділянки відноситься до слабо забруднених ґрунтів. За ґрунтово-агрохімічними критеріями, а саме, за змістом органічної речовини, рухомого фосфору і калію, реакції ґрунтового розчину, ґрунт на контролі і на варіанті з внесенням органічних відходів є придатним для органічного землеробства. Оцінка придатності ґрунту за змістом важких металів виявила, що на варіанті з внесенням органічних відходів вміст цинку, міді, свинцю, кобальту, марганцю, нікелю, ґрунт є придатним для органічного землеробства, в той час як на контролі за вмістом цинку (0,31 мг / кг) і марганцю (4,98 мг / кг) умовно придатним. Аналіз вмісту мікроелементів в органічних відходах показав, що він містить марганець, мідь, цинк в кількостях, відповідаючи нижньої границі інтервалу значень, притаманної необробленому гною. Так, кількість марганцю у гною складає 75 – 549, в досліджуваному зразку – 60 мг/кг, міді – 7,6-40,8, цинку 0,84-4,18, в зразку – 5,88, 44,95 мг/кг відповідно. Тобто, за своїм мікроелементним статусом він відповідає складу гною. Оцінка екологічної якості овочевої продукції, яка вирощувалася при внесенні органічних відходів виробництва гуматів в якості добрива основного внесення показав, що жодний елемент не перевищує гранично допустимі концентрації. Аналіз коефіцієнтів біоаккумуляції для овочевої продукції, яка вирощувалася при внесенні органічних відходів показав, що жоден з овочів не накопичує в господарській частині урожаю важких металів. **Висновки.** Дослідження показали високу агроекологічну ефективність використання органічних відходів виробництва гуматів в якості добрива основного внесення для отримання екологічно безпечної високоякісної овочевої продукції.

Ключові слова: органічні відходи, мікроелементів, органічне землеробство, біоаккумуляція, важкі метали

Gololobova O. O., Vasilets Ya. S.

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv

AGROECOLOGICAL GROUNDING OF ORGANIC WASTE MANAGEMENT IN THE PRODUCTION OF HUMATES

Purpose. Study of agroecological substantiation of the possibility to use organic waste in the production of humates as fertilizers of the main application for vegetable crops. **Methods.** Field, chemical, atomic absorption spectrometry. **Results.** The calculation of the total indicator of pollution showed that the soil of the fertilized experimental site belongs to the slightly contaminated soils. According to the soil-agrochemical criteria, namely, the content of organic matter, mobile phosphorus and potassium, the reaction of soil solution, soil on the control and, optionally, with the introduction of organic waste, is suitable for organic farming. The evaluation of the suitability of the soil for the content of heavy metals revealed that the content of zinc, copper, lead, cobalt, manganese, nickel revealed that it is suitable for the organic farming. Zinc (0.31 mg / kg) and manganese (4.98 mg / kg) content are conventionally suitable. Analysis of the content of trace elements in organic waste showed that it contains manganese, copper, zinc in quantities, corresponding to the lower boundary of the value interval, inherent in untreated manure. Thus, the amount of manganese in manure is 75 - 549, in the studied sample - 60 mg / kg, copper - 7,6-40,8, zinc 0,84-4,18, in the sample - 5,88, 44,95 mg / kg respectively. That is, in terms of its microelement status, corresponds to the composition of the manure. An assessment of the environmental quality of vegetable products grown when organic wastes produced by humates as fertilizers of the main input showed that no element exceeds the maximum permissible concentrations. The analysis of the bioaccumulation coefficients for vegetable products grown in the course of the introduction of organic waste showed that none of the vegetables accumulate in the economic part of the crop of heavy metals. **Conclusions.** Studies have shown high agroecological efficiency of the use of organic waste of humates production as the main fertilizer for the production of environmentally safe high quality vegetable products.

Keywords: organic waste, microelements, organic farming, bioaccumulation, heavy metals

Гололобова Е. А., Василюк Я. С.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГУМАТОВ

Цель. Изучение агроэкологического обоснования возможности использования органических отходов при производстве гуматов в качестве удобрения основного внесения под овощные культуры. **Методы.** Полевой, химический, атомно-абсорбционной спектрометрии. **Результаты.** Расчет суммарного показателя загрязнения показал, что почва удобренной опытного участка относится к слабозагрязненным почвам. По почвенно-агрохимическим критериям, а именно, по содержанию органического вещества, подвижного фосфора и калия, реакции почвенного раствора, почва на контроле и на варианте с внесением органических отходов является пригодной для органического земледелия. Оценка пригодности почвы по содержанию тяжелых металлов обнаружила, что на варианте с внесением органических отходов содержание цинка, меди, свинца, кобальта, марганца, никеля, почва является пригодной для органического земледелия, в то время как на контроле за содержанием цинка (0,31 мг / кг) и марганца (4,98 мг / кг) условно пригодна. Анализ содержания микроэлементов в органических отходах показал, что он содержит марганец, медь, цинк в количествах, отвечая нижней границы интервала значений, присущей необработанному навозу. Так, количество марганца в навозе составляет 75 - 549, в исследуемом образце - 60 мг / кг, меди - 7,6-40,8, цинка 0,84-4,18, в образце - 5,88, 44,95 мг / кг соответственно. То есть, по своему микроэлементному статусу он соответствует составу навоза. Оценка экологического качества овощной продукции, выращиваемой при внесении органических отходов производства гуматов в качестве удобрения основного внесения показал, что ни один элемент не превышает предельно допустимой концентрации. Анализ коэффициентов биоаккумуляции для овощной продукции, выращиваемой при внесении органических отходов показал, что ни один из овощей не накапливает в хозяйственной части урожая тяжелых металлов. **Выводы.** Исследования показали высокую агроэкологическую эффективность использования органических отходов производства гуматов в качестве удобрения основного внесения для получения экологически безопасной высококачественной овощной продукции.

Ключевые слова: органические отходы, микроэлементы, органическое земледелие, биоаккумуляция, тяжелые металлы

Вступ

В Україні площа земель сільськогосподарського призначення складає 42 млн. га, у тому числі ріллі близько 32 млн. га. Площа деградованих і малородючих земель становить понад 8 млн. га [1]. Серед найбільш характерних процесів у зміні ґрунтів за останні 40-50 років є: дегуміфікація орних ґрунтів зі швидкістю 0,5-1,5 т/га в рік з тенденцією гальмування втрат до кінця 80-х років минулого століття (з 2005 р. по 2009 р. дегуміфікація відбувалася зі швидкістю 0,42-0,51 т/га в рік); зростання дефіциту балансу рухомих поживних речовин, особливо азоту й калію (відповідно -32,9 та -64,2 кг/га в 2009 р.) [2].

Тривале використання ґрунтів в умовах від'ємного балансу мікроелементів призвело до того, що більшість залишкових сполук елементів живлення вичерпано за рахунок їх переходу у термодинамічно стійкі, а тому малорухомі сполуки, та внаслідок їх виносу з урожаєм. Це означає, що середньозважений вміст доступних рослинам поживних речовин більшості ґрунтів залишатиметься на межі низької та середньої забезпеченості фосфором і середньої – калієм [3].

Одним з найбільш дієвим засобом відновлення родючості ґрунтів є надходження органічних добрив. Органічні добрива є осно-

вним джерелом гумусоутворення та покращення фізичних, агрохімічних і біологічних властивостей ґрунтів. До складу органічних входять майже всі елементи живлення, які необхідні для формування урожаю сільськогосподарських культур [1].

Традиційні органічні добрива представлені в основному різними видами гною, а саме гній (твердий, рідкий) і пташиний послід, добрива місцевого походження (осади стічних вод міських очисних споруд, тверді побутові відходи, органічні відходи легкої промисловості, сапропелі, ставковий мул тощо), зелене добриво (люпин, середела, буркун, вика озима, чина, еспарцет, гірчиця, гречка), побічна продукція рослинництва (солома, стебла, гичка тощо), торфокомпости. Рідкий гній та пташиний послід, продукти механічної і біологічної переробки промислових тваринницьких комплексів (рідка фракція, надлишковий активний мул, біологічно очищені стоки) мають перспективу безпосереднього внесення у ґрунт після встановлених строків знезараження у гноєсховищах та ставках-нагромаджувачах у нормах, що не перевищують 150 кг/га загального азоту [1].

На сучасному етапі обсяги виробництва та використання традиційного органічного

добрива – гною, істотно знизилась, тому значно зростає роль альтернативних видів органічних добрив [1, 3, 4].

Місцеві сировинні ресурси органічного походження — істотне (а в ряді випадків — найголовніше) джерело органічних речовин в орних ґрунтах [4].

При виробництві органо-мінеральних добрив на основі гуматів на промисловій основі виникає проблема утилізації залишкового органічного продукту. З агроекологічної точки зору ці відходи виробництва можуть стати цінним джерелом добрива сільськогосподарських культур [5].

Виробництво свіжої овочевої продукції відіграє виключно важливу роль у забез-

печенні населення вітамінами, мінеральними і біологічно активними речовинами [6]. Отримання високої врожайності овочевих культур високої якості можливо при науково-обґрунтованому сучасному підході до використання добрив з урахуванням родючості ґрунтів. У зв'язку з цим вивчення використання нетрадиційних органічних добрив в овочівництві, в тому числі, органічних відходів при отриманні гуматів, дає можливість підвищення врожайності овочевих культур і одержання екологічно чистої продукції [5].

Мета – вивчення агроекологічного обґрунтування поводження з органічними відходами при виробництві гуматів.

Методи дослідження

Об'єкт дослідження: ґрунт дослідної ділянки, органічні відходи, овочева продукція. Предмет дослідження: агроекологічні показники ґрунту та хімічний склад овочевої продукції.

Зразки ґрунту (мішаний зразок з п'яти свердловин) відбирали з шару ґрунту 0-20 см, згідно вимогам до відбору зразків ґрунту ДСТУ4287-2004 [7].

Зразки рослинної продукції відбирали на тих самих ділянках, де проводився відбір ґрунтових проб. Підготовка проб рослинної продукції до лабораторних досліджень проводилася відповідно ГОСТу 26929-94 [8].

Аналіз зразків рослинної продукції проводився на вміст важких металів у навчально-дослідній лабораторії аналітичних екологічних досліджень екологічного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна.

Аналіз зразків ґрунту та органічних відходів проводились в аналітичній лабораторії у відділі агрохімії та у лабораторії органічних добрив і гумусу ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського. В ґрунтових зразках визначено рухомі форми ВМ (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) в буферній амонійно-ацетатній витяжці (рН 4,8) методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії [9], рухомі форми фосфору та калію [10], вміст органічної речовини [11], вміст мінерального азоту [11].

З метою вивчення агроекологічного обґрунтування поводження з органічними відходами при виробництві гуматів в якості добрива овочевих культур у 2015-2018 рр. проведено ряд польових та лабораторних досліджень. Методика польових досліджень представлена в попередньої публікації [5].

Результати дослідження

Стверджувати про екологічну безпеку введеного на агроринок продукту можливо тільки після комплексної оцінки безпеки технології виробництва добрива для довкілля, в тому разі і оцінки подальшої долі поводження з відходами виробництва. Було зроблено припущення, що завдяки активної електролізної обробці первинного матеріалу спостерігається не тільки іонізація отриманого розчину, а й активізація іонного середовища твердої залишкової фракції. Це дозволяє припустити ствердження про високу активність поживних речовин в органічних залишках при використанні їх в якості добрива [5].

Екологічний стан ґрунтів за ступенем забруднення важкими металами (ВМ), згідно ГОСТ 17.4.3.06-86, проводять за гранич-

но допустимою концентрацією (ГДК) та за фоновим вмістом металів у ґрунті [12].

Вміст важких металів на дослідних ділянках с. Докучаєвське надано на рисунку 1. Результати свідчать, що жоден з елементів не перевищує ГДК рухомих форм ВМ у ґрунті. Значення коефіцієнтів концентрації ВМ надано на рисунку 2.

За сучасними поглядами фітотоксична дія ВМ проявляється в разі від 3-5 кратного перевищення регіонального фону; деградація ґрунту – від 60- разового перевищення регіонального фону вмісту ВМ [13, 14].

Результати дослідження вказують на моноелементний характер забруднення хромом контрольної ділянки (K_k складає 4,1) та поліелементний хромом (K_k складає 4,2) та цинком (K_k дорівнює 17,13) удобреної діля-

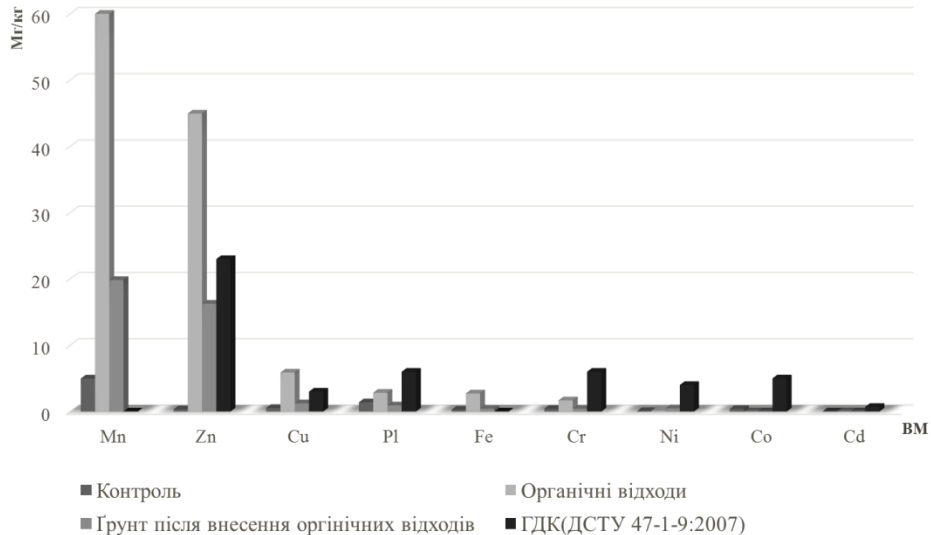


Рис 1 – Вміст важких металів на дослідних ділянках

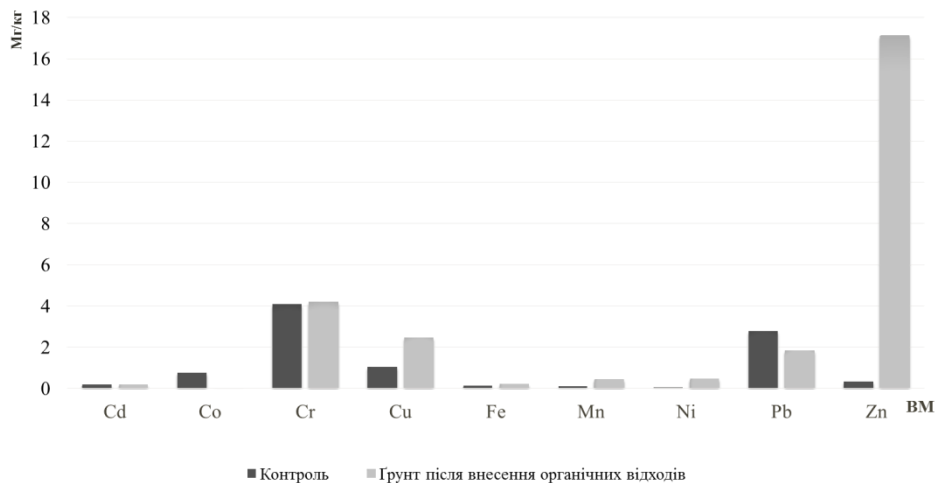


Рис 2 – Коефіцієнти концентрації важких металів для шару ґрунту 0 – 20 см

нки. Тобто, проявлення фітотоксичної дії можливо збоку цинку. Сумарний показник забруднення природного компоненту Z_{CI} розраховується за формулою:

$$Z_{CI} = \sum K_{CIj} - (n - 1) \quad (1)$$

де: K_{CIj} - коефіцієнт концентрації ВМ;
 j – компонент ландшафту (в наших дослідженнях це ґрунт);
 n – загальна кількість врахованих хімічних елементів (підсумовується значення $K_{CI} > 1$) [15].

Значення сумарного показника забруднення, розрахованого для контролю складає 5,91 для удобреної дослідної ділянки – 21,65, що класифікується як незабруднені та слабозабруднені ґрунти відповідно.

Результати визначення біологічних та агрохімічних показників ґрунту представлені в таблиці 1. За результатами аналізів ґрунт на контролі та на варіанті має дуже низький вміст мінерального азоту – менше 10 мг/кг, дуже високий вміст рухомого фосфору за Мачігіним – більше 60 мг/кг, підвищений вміст обмінного калію на контролі – 297 мг/кг, і дуже високий вміст обмінного калію на варіанті з внесенням органічних відходів – 523 мг/кг. Вміст органічної речовини на контролі високий, а на варіанті середній. За допомогою методики оцінки сприятливості ґрунтів для органічного землеробства нами було визначено клас придатності ґрунту до органічного землеробства за низкою показників на контролі та на варіанті з внесенням органічних відходів [16].

Таблиця 1

Біологічні та агрохімічні показники ґрунту, 2018 р.

Показники		Фактичний вміст	
		контроль	варіант
Масова частка загального вуглецю, С _{заг} , %		2,73	1,67
Масова частка органічної речовини, %		4,71	2,88
Масова частка амонійного азоту, N-NH ₄ , мг/кг	вол.	2,8	5,6
	сух.	3,1	6,1
Масова частка нітратного азоту, N-NO ₃ мг/кг	вол.	сліди	сліди
	сух.	сліди	сліди
Масова частка мінерального азоту, мг/кг	вол.	2,8	5,6
	сух.	3,1	6,1
Масова частка рухомого фосфору, P ₂ O ₅ , мг/кг	вол.	74,0	299,0
	сух.	81,4	325,9
Масова частка обмінного калію, K ₂ O, мг/кг	вол.	270,0	480,0
	сух.	297,0	523,2
рН водне		7,3	7,7

Таблиця 2

Вміст важких металів в овочевій продукції по роках досліджень, мг/кг

ВМ	Овочева культура	Вміст ВМ	ГДК
Cr	Капуста білокачанна (2016-2017 рр.)	0,00585	0,2
Zn		0,34895	10,0
Cu		0,36095	5,0
Cd		0,000065	0,03
Pb		0,0002	0,5
Cr	Морква (2016-2017 рр.)	0,12055	0,2
Zn		1,1845	10,0
Cu		0,2906	5,0
Cd		0,00095	0,03
Pb		0,04015	0,5
Cr	Перець солодкий (2016-2018 рр.)	0,059	0,2
Zn		0,5522	10,0
Cu		0,525	5,0
Cd		0,0056	0,03
Pb		0,08283	0,5
Cr	Буряк столовий (2017 р.)	0,0334	0,2
Zn		1,35435	10,0
Cu		0,8524	5,0
Cd		0,0035	0,03
Pb		0,0015	0,5
Cr	Капуста червонокочанна (2017 р.)	0,073	0,2
Zn		0,612	10,0
Cu		0,603	5,0
Cd		0	0,03
Pb		0,065	0,5
Cr	Томати (2018 р.)	0,0043	0,2
Zn		0,4294	10,0
Cu		0,2275	5,0
Cd		0	0,03
Pb		0	0,5

Результати свідчать, що за ґрунтово-агрохімічними критеріями, а саме, вмістом органічної речовини, рухомого фосфору та калію, реакцією ґрунтового розчину, ґрунт на контролі та на варіанті з внесенням органічних відходів є придатним для органічного землеробства. Оцінка придатності ґрунту за вмістом ВМ виявила, що на варіанті з внесенням органічних відходів за вмістом цинку, міді, свинцю, кобальту, марганцю, нікелю ґрунт відповідає придатному рівню для органічного землеробства, в той час як на контролі за вмістом цинку (0,31 мг/кг) та марганцю (4,98 мг/кг) ґрунт є умовно придатним. Тобто досліджуваний захід виявився дієвим для посилення живлення рослин мікроелементами, яких не доставало для вирощування високоякісної органічної продукції.

Оцінка екологічної якості овочевої продукції, яка вирощувалася при внесенні

органічних відходів виробництва гуматів в якості добрива основного внесення представлена у таблиці 2.

Аналіз даних показав, що вміст хрому, цинку, міді, кадмію, свинцю не перевищує гранично допустимі концентрації.

З метою виявлення поведінки важких металів в системі «ґрунт – рослина – добриво» для капусти білокачанної, червонокочанної, моркви, томатів та перцю солодкому розраховано коефіцієнти біоаккумуляції (K_b). Розрахунок коефіцієнтів біоаккумуляції здійснювався за формулою:

$$K_b = C_p / C_n \quad (2)$$

де: C_p – концентрація хімічного елементу у рослині, мг/кг;

C_n – концентрація хімічного елементу у ґрунті, мг/кг.

Таблиця 3

Коефіцієнти біоаккумуляції в овочевій продукції при внесенні органічних відходів

Важкі метали	Капуста білокачанна	Морква	Перець солодкий	Буряк столовий	Капуста червонокочана	Томати
Cr	0,01	0,29	0,14	0,08	0,17	0,01
Zn	0,02	0,07	0,03	0,08	0,04	0,03
Cu	0,029	0,23	0,42	0,69	0,49	0,18
Cd	0,01	0,1	0,57	0,35	0	0
Pb	0	0,04	0,09	0	0,07	0

Аналіз коефіцієнтів біоаккумуляції (табл. 3) показав, що овочева продукція, яка вирощувалася при внесенні органічних від-

ходів в якості добрива основного внесення, не накопичує в господарській частині урожаю важких металів.

Висновки

Екологічний стан ґрунтів за ступенем забруднення ВМ проводився за гранично допустимою концентрацією (ГДК) та за фоновим вмістом металів у ґрунті. Результати свідчать, що жоден з елементів не перевищує ГДК рухомих форм ВМ. Визначення ступеню перевищення вмісту хімічних елементів у ґрунтах дослідних ділянок над природним регіональним геохімічним фоном за допомогою коефіцієнтів концентрацій виявило моноелементний характер забруднення за Cr контрольної ділянки та поліелементний (Cr та Zn) характер забруднення ґрунту на варіанті з внесенням органічних відходів.

За результатами аналізів ґрунт на контролі та на варіанті має дуже низький вміст

мінерального азоту – менше 10 мг/кг, дуже високий вміст рухомого фосфору за Мачігіним – більше 60 мг/кг, підвищений вміст обмінного калію на контролі – 297 мг/кг, і дуже високий вміст обмінного калію на варіанті з внесенням органічних відходів – 523 мг/кг. Вміст органічної речовини на контролі високий, а на варіанті середній.

За ґрунтово-агрохімічними критеріями, а саме, вмістом органічної речовини, рухомого фосфору та калію, реакцією ґрунтового розчину, ґрунт на контролі та на варіанті з внесенням органічних відходів є придатним для органічного землеробства. Оцінка придатності ґрунту за вмістом ВМ виявила,

що на варіанті з внесенням органічних відходів за вмістом цинку, міді, свинцю, кобальту, марганцю, нікелю ґрунт відповідає придатному рівню для органічного землеробства, в той час як на контролі за вмістом цинку (0,31 мг/кг) та марганцю (4,98 мг/кг) ґрунт є умовно придатним. Тобто досліджуваний захід виявився дієвим для посилення живлення рослин мікроелементами, яких не достачало для вирощування високоякісної органічної продукції.

Вміст ВМ в овочах не перевищує ГДК. Капуста білокачанна, морква, перець солодкий, буряк столовий, томати, капуста червонокачанна не накопичують в господарській частки урожаю важких металів.

Таким чином, наші дослідження показали високу агроекологічну ефективність використання органічних відходів виробництва гуматів в якості добрива основного внесення для отримання екологічно безпечної овочевої продукції.

Література

1. Концепція агрохімічного забезпечення землеробства України на період до 2015 року. За ред. акад. НААН С. А. Балюка, М. В. Лісового. Х. : Міськдрук, 2009. 37 с.
2. Концепція організації і функціонування моніторингу ґрунтів в Україні з урахуванням європейського досвіду За ред. акад. НААН С. А. Балюка і В. В. Медведєва. Х. : Видавництво ТОВ «Смуґаста типографія», 2015. 46 с.
3. Балюк, С. А., Медведєв, В. В., Мірошніченко, М. М., Скрильник, Є. В. та ін. Екологічний стан ґрунтів в Україні. *Український географічний журнал*, 2015 № 2. С. 38-42.
4. Скрильник, Є. В., Кутова А. М., Гетманенко В. А., Товстий Ю. Н. Якість місцевої сировини різного походження та способи її раціонального використання в сільському господарстві. *Вісник аграрної науки*, 2016. № 17. С. 12-16.
5. Гололобова, О. О., Бушкіна, Я. С. Агроекологічна ефективність використання біологічних відходів. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*, 2016. Вип. 15, С. 43-50.
6. Гололобова, О. О., Кравченко, Н. Б., Масовець Ж. В. Еколого-економічна оцінка сучасних прийомів вирощування овочевої продукції. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 1-2 (27), 2017, С.95-105.
7. ДСТУ 4287-2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 5 с.
8. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Минерализация для определения содержания токсичных элементов (Сировина і продукти харчові. Підготування проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних елементів):«Стандартиформ», 2010.
9. ДСТУ 4770.1 - 9:2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектроскопії, К.: Держспоживстандарт України, 2009. 117 с.
10. ДСТУ 4114 – ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачіґіна.
11. ДСТУ 4362:2004 – Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів, К.: Держспоживстандарт України, 2005. 30 с.
12. ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ, М., 1987.
13. Фатєєв, А. І., Самохвалова, В. Л. Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі. Харків.: КП «Міськдрук», 2012. 70 с.
14. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт-рослина. За редакцією д.с.-г. наук, професора Фатєєва А. І., к.с.-г. наук Самохвалової В. Л. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
15. Гуцуляк, В. М. Ландшафтно – геохімічна екологія, Рута, 2001. 248с.
16. Концепція органічного землеробства (ґрунтового-агрохімічне забезпечення). За ред. акад. НААН С. А. Балюка, канд. біол. наук О. І. Маклюк. Х. : Видавництво ТОВ «Смуґаста типографія», 2015. 72 с.

References

1. Baliuk, S. A., Lisovyj M. V. (2009). Kontseptsiia ahrokhimichnoho zabezpechennia zemlerobstva Ukrainy na period do 2015 roku [Concept of agrochemical provision of agriculture of Ukraine for the period till 2015]. Kharkiv : Miskdruk, 37 [in Ukrainian].
2. Baliuk, S. A., Medvediev, V. V. (2015). Kontseptsiia orhanizatsii i funktsionuvannia monitorynhu gruntiv v Ukraini z urakhuvanniam yevropeiskoho dosvidu [The concept of the organization and functioning of soil monitoring in Ukraine taking into account the European experience]. Kharkiv: TOV «Smuhasta typhrafiia», 72 [in Ukrainian].

3. Baliuk, S. A., Medvediev, V. V., Miroshnychenko, M. M., Skrylnyk, Ye. V. ta in. (2015). Ekolohichni stan gruntiv v Ukraini [Ecological state of soils in Ukraine]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*, (2), 38-42 [in Ukrainian].
4. Skrylnyk, Ye. V., Kutova, A. M., Hetmanenko, V. A., Tovsty, Yu. N. (2016). Yakist mistsevoi syrovyny riznoho pokhodzhennia ta sposoby yii ratsionalnoho vykorystannia v silskomu hospodarstvi [The quality of local raw materials of different origins and methods of rationally and aged vegetation in agriculture]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, (17), 12-16 [in Ukrainian].
5. Hololobova, O. O., Bushkina, Ya. S. (2016). Ahroekolohichna efektyvnist vykorystannia biolohichnykh vidkhodiv [Agroecological efficiency of biological waste utilization]. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University Series Ecology*, (15), 43-50 [in Ukrainian].
6. Hololobova, O. O., Kravchenko, N. B., Masovets Zh. V.(2017). Ekolohe-ekonomichna otsinka suchasnykh pryiomiv vyroshchuvannia ovochevoi produktsii [Ecological and economic assessment of modern methods of growing vegetable products]. *Man and environment. Issues of neoecology*, (27), 95-105 in Ukrainian].
7. DSTU4287-2004 Yakist' hruntu. Vidby-rannya prob [Quality of soil. Reflections of early samples]. (2005). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 5 [in Ukrainian].
8. GOST 26929-94. Syr'e i produkty pishchevye. Mineralizaciya dlya opredeleniya sodержaniya toksichnykh ehlementov [Raw materials and food products. Mineralization to determine the content of toxic elements] [in Russian].
9. DSTU 4770.1 - 9:2007 Yakist' hruntu. Vyznachennya vmistu rukhomykh spoluk marhantsyu (tsynku, kadmiyu, zaliza, kobal'tu, midi, nikelyu, khromu, svyntsyu) v hrunti v bufernyi amoniyno-atsetatnyi vytyazhstsi z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiynoyi spektrofotometriyi [Quality of soil. The value of the content of mobile compounds of manganese (zinc, cadmium, iron, cobalt, copper, nickel, chromium, lead) in soil in a buffer ammonium acetate extract with a pH of 4.8 by atomic absorption spectrophotometry]. (2009). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 117[in Ukrainian].
10. DSTU 4114 – 2002 – Hrunty. Vyznachennia rukhomykh spoluk fosforu i kaliuu za modyfikovanyim metodom Machyhina [Soil Estimation of mobile phosphorus and potassium compounds by the modified Mashigin method]. ([in Ukrainian]. (2002). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 7 [in Ukrainian].
11. DSTU 4362:2004 – Yakist' hruntu. Pokaznyky rodiuchosti hruntiv [The quality of the soil. Indicators of soil fertility] (2005). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 30 [in Ukrainian].
12. GOST 17.4.3.06-86. Ohrana prirody. Pochvy. Obshchie trebovaniya k klassifikacii pochv po vliyanii na nih himicheskikh zagryaznyayushchih veshchestv [Protection of Nature. Soil. General requirements for the classification of soils on the impact of chemical pollutants on them] [in Russian].
13. Fatyeyev, A. I. Samokhvalova, V. L. (2012). Detoksykatsiya vazhkykh metaliv u gruntoviy systemi. Metodychni rekomendatsiyi [Detoxification of heavy metals in the soil system. Guidelines]. Kharkiv: KP «Mis'kdruk», 70 [in Ukrainian].
14. Fatyeyev, A. I. Samokhvalova, V. L. (2012). Diahnostyka stanu khimichnykh elementiv systemy gruntroslyna [Diagnostics of the state of chemical elements of the soil-plant system]. Kharkiv: KP «Mis'kdruk», 146 [in Ukrainian].
15. Hutsulyak, V. M. (2001). Landshaftno – heokhimichna ekolohiya [Landscape - geochemical ecology]. Ch.:Ruta, 248 [in Ukrainian].
16. Baliuk, S. A., Makliuk, O. I. (2015). Kontseptsiiia orhanichnoho zemlerobstva (hruntove-ahrokhimichne zabezpechennia) [Concepts of Organized Survival (soil-agrochemical)]. Kharkiv: TOV «Smuhasta typohrafiia»,72 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 05.11.2018

O. O. VOLKOVAIA, Candidate of Geographical Sciences

V. N. Karazin Kharkiv National University

4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

e-mail: volkovaia@karazin.ua; <https://orcid.org/0000-0002-4763-6423>

COMPARATIVE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF WIND ENERGY PROJECTS: ACOUSTIC LOAD

Purpose. Comparative environmental assessment of wind energy projects from the perspective of the potential acoustic load on the environment: compliance with permissible values, specificity of propagation and optimization of siting. **Methods.** Analysis and synthesis of information, field research, cartographic and mathematical modelling. **Results.** In the most part of the study area, the background noise level reached rather high values, higher than the «comfort» level of 45 dB. The simulation of sound propagation from the wind turbine showed an attenuation to a value of less than 20 dB at a distance of 2 kilometers. The resulting acoustic load was calculated for the points referring to the buildings of the nearest settlements (for the case of installing the Enercon E-40 and Enercon E-115 wind turbines). The calculations of the resulting sound levels make it possible to state that the acoustic effect of the wind turbines in both siting strategies is 15-20 dB lower compared to the background noise level, the main component of which is wind noise. The excess of noise level was 5 dB for Enercon E-115, and 8-9 dB for Enercon E-40. **Conclusions.** According to the type of wind turbine, the noise level may overlap with the background level and produce a relatively less acoustic impact on the local population. Even in case of the extensive wind energy development strategy, the total noise levels will not exceed the background levels within the model site.

Keywords: acoustic load, modelling, environmental assessment, wind energy

Волковая О. О.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

ПОРІВНЯЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЕКТІВ: АКУСТИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

Мета. Порівняльна екологічна оцінка вітроенергетичних проектів з позиції потенційного акустичного навантаження на навколишнє середовище: відповідність допустимим значенням, специфіка поширення та оптимізація розташування. **Методи.** Аналіз і синтез інформації, польові дослідження, картографічне та математичне моделювання. **Результати.** На більшій частині досліджуваної території рівень фонового шуму досягав досить високих значень, більших за рівень «комфарту» у 45 дБ. Моделювання поширення звуку від вітрогенератора показало згасання до значення менше 20 дБ на відстані 2 кілометрів. Встановлене результуюче акустичне навантаження поблизу будівель найближчих населених пунктів (в разі встановлення агрегатів Enercon E-40 та Enercon E-115). Результати розрахунків результуючих рівнів звуку дають можливість стверджувати, що акустичний вплив агрегатів за обома стратегіями розташування на 15-20 дБ нижчий у порівнянні з фоновими рівнями шуму, основною складовою яких є шум вітру. Перевищення дозволених рівнів шуму у разі використання Enercon E-115 склало 5 дБ, для Enercon E-40 – 8-9 дБ. **Висновки.** Відповідно до типу вітрогенератора, рівень шуму може перекиватися фоновим рівнем і чинити порівняно менший акустичний вплив на населення. Навіть за екстенсивної стратегії розвитку вітроенергетики сумарні рівні шуму не будуть перевищувати фонових рівнів на модельній ділянці.

Ключові слова: акустичне навантаження, моделювання, екологічна оцінка, вітроенергетика

Волковая А. А.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ: АКУСТИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА

Цель. Сравнительная экологическая оценка ветроэнергетических проектов с позиции потенциальной акустической нагрузки на окружающую среду: соответствие допустимым значениям, специфика распространения и оптимизация расположения. **Методы.** Анализ и синтез информации, полевые исследования, картографическое и математическое моделирование. **Результаты.** На большей части исследуемой территории уровень фонового шума достигал достаточно высоких значений, превышающих уровень «комфорта» в 45 дБ. Моделирование распространения звука от ветрогенератора показало затухание до значения менее 20 дБ на расстоянии 2 километров. Рассчитаны значения результирующей акустической нагрузки вблизи зданий ближайших населенных пунктов (в случае установки ветрогенераторов Enercon E-40 и

Enercon E-115). Результаты расчетов результирующих уровней звука дают возможность утверждать, что акустическое воздействие ветрогенераторов согласно обеим стратегиями расположения на 15-20 дБ ниже по сравнению с фоновыми уровнями шума, основной составляющей которых является шум ветра. Превышение разрешенных уровней шума при использовании Enercon E-115 составило 5 дБ, для Enercon E-40 – 8-9 дБ. **Выводы.** Исходя из типа ветрогенератора, уровень шума может перекрываться фоновым уровнем и совершать сравнительно меньшее акустическое воздействие на население. Даже при экстенсивной стратегии развития ветроэнергетики суммарные уровни шума не будут значительно превышать фоновых уровней на модельной области.

Ключевые слова: акустическая нагрузка, моделирование, экологическая оценка, ветроэнергетика

Introduction

In the implementation of the wind energy project, the environmental assessment is the next stage after determining the energy potential. The future acoustic load is only a component of such an assessment, but it requires detailed consideration due to the specificity of the propagation of sound, which involves not only taking into account the absolute acoustic levels of the future installation, but also the background noise and its excesses, the presence of obstacles for the propagation of sound and objects of acoustic situation [7]. Modern wind turbines produce far less noise than previous developments. But still acoustic impact remains an important factor in the choice of

the site [4]. In order to ensure environmentally sound operation, the wind power installation should be remote from residential buildings, schools and hospitals so that the noise generated by the working wind turbine does not exceed 45 dB. Distancing wind farms from settlements and places of recreation solves the problem of noise effect for people. However, noise can affect the fauna [2], and therefore needs to be considered in detail. The paper considers the approach to estimating the acoustic load and the results of the comparison of noise pollution from wind farms that are made up of installations of smaller and larger power classes.

Objects and methods of research

The initial hypothesis of the study included two statements: background noise can overlap noise from turbines; in case the wind farm is composed of several less powerful wind turbines, their total noise load may exceed the one from single more powerful installation. The object of the research was the specificity of the propagation of noise from the wind turbines in the case of a construction project of a wind farm in the west of Borova district of Kharkiv region. An analysis of the wind energy potential for the territory of research has been carried out previously, and the sites of optimal placement of wind turbines were determined [3, 10]. Within the scope of the study, inter alia, the level of a potential acoustic load from the operating wind turbine on the population of closest settlements to the proposed wind farm was analyzed. For populated areas, the sound level scale is generally accepted and should not exceed 45-50 dB.

Noise is any unwanted sound, exceeding the background sound level. Wind turbines generate noise of about 100 dB, depending on the model [9]. Noise pollution is a very effective environmental risk factor, for instance, the noise of anthropogenic origin violates the vital

functions of living organisms and humans. Thus, modeling of noise effects should take into account the proximity of settlements (noise from wind turbines can propagate from a distance of 300 m to several kilometers), the level of background noise (if it is low, an acoustic effect of wind turbines is more considerable), microclimatic features of the territory (especially wind regime) [2]. Wind farms are most often located in rural areas, where the background noise level is negligible. But most of the noise from the wind turbine can be masked by background sounds such as wind noise.

Modelling the background noise of the territory. To further assess the potential acoustic effects of the wind turbines, it was decided to measure and simulate the background noise of the terrain. The state standards [5, 6, 8], which relate both to acoustic measurements in general, and noise levels studies for the needs of various industries, including the needs of wind power, were taken as the basis for measurements.

The subjects to evaluation were background noise level L_a (dBA) and the acoustic situation in the whole study area. Iso-Tech SLM-1352A sound meter, provided by Nerzh

an Avel company, was used for the measurements. Measurements of constant noise only were carried out. The magnitude of the noise level L_a (dBA) was read directly from the indicators of the sound meter. To increase the accuracy of measurements, reading was carried out three times at each point, the average value $L_{a,ave}$ (dBA) at the point of measurement was taken as a final. The study of the site was carried out in the afternoon in the open air according to weather conditions, which allowed to measure noise; namely: the absence of precipitation, thunder and lightning, sources of sound that are temporary in the area (tractors, motor vehicles, flying planes, etc.), wind speeds were not exceeding 10 m/s. At a wind speed of more than 1 m/s, it is necessary to apply a screen to protect the microphone from the wind. The measurement points were located along the route, with a total length of 60 km. The duration of the measurements was 6 hours, including movement between the points).

Based on the data obtained after measuring sound levels and calculations, a noise distribution surface for the research area was constructed. This stage was performed in the MapInfo and Golden Software Surfer software. The obtained surface can be analyzed on the expediency of installing wind turbines in one site or another, based on the acoustic impact on the surrounding buildings (residential, recreational, etc.). Initial data were measured at 12 points, which corresponded to the most significant, in terms of research objectives, physical and geographical characteristics of the area. Based on these measurements, sites with similar characteristics were assigned with appropriate sound level values in the MapInfo software environment. Thus, the distribution of point values was obtained, which made it possible to construct a map. At this stage, the specificity of the propagation of sound was taken into account; the sound waves in the air propagate uniformly in all directions, and their amplitude decreases with increasing distance from the source. The increase in the distance in the air twice corresponds to a decrease of the amplitude of the sound wave by half, that is, reducing the sound level by 6dB. An increase in the distance of 4 and 8 times causes a decrease of 12 dB and 18 dB respectively [1]. However, this dependence is valid only in the absence of objects that reflect or absorb sound (conditions of free sound field). To construct a surface of the background noise level, consideration of these patterns is impossible due to the lack of a clear-

ly distinguished source of the noise. The background noise level of a territory was represented in the form of a field, which in turn could be interpreted in the form of the statistical surface. Nevertheless, to calculate the noise level from the wind turbine, this specificity has been taken into account.

For further steps, Golden Software Surfer software was used. In order to construct a background noise surface, a method of kriging was used which allows creating exact digital surfaces for irregularly distributed spatial data. The kriging method is well suited for representing data in the Earth sciences. This method is aimed to catch the trends that are foreseen in the data. For instance, high-value points are better to join along the peak, rather than isolate them using closed «bull-eye» lines. On the basis of the obtained surface, a layer of the spatial distribution of the background noise values for the investigated area was constructed.

Wind energy development strategies.

The choice of a specific wind energy development model in the region is a rather scrupulous process and requires a detailed analysis of available resources and conditions. In order to carry out an environmental assessment of the project, it was necessary to rely on the specific sites of the wind turbines. Within the research, we've concentrated on two variants of the wind farm project.

Variant 1. Development of wind energy without modernization of power grids (Fig. 1). Following this strategy, financing at the stage of wind farm design and installation is minimal. Thus, when choosing the location of wind turbines, it is necessary to take into account the need to minimize the costs for land use, transport networks, and connection to the local power grid, but at the same time optimally combine it with the necessity of obtaining the highest values of production. Wind turbines should be installed in a 200 meters zone from existing power lines, taking into account the limited connection due to the possibility of overloading the networks. The strategy envisages a small number of wind turbines and the purchase of wind turbines, which were previously in use.

Within the framework of this strategy, calculations were made for the Enercon E-40, which is widely used in rural large open areas. The height of the tower is 44 m, the diameter of the wind-wheel is 40 m. This installation allows the use of wind speeds in the values from the starting 2.5 m/s to the critical 33 m/s. The esti-

mated wind speed for the installation is 13 m/s, at such values and above the rated power of the installation amounts 500 kW. Approximate price of used equipment: 100-130 thousand euros. According to the data provided by JSK «Kharkivoblenergo», local power grids could additionally accept a maximum power load of 2 MW or 10 MW, depending on the type of connection. Thus, at the research site, 20 units of the Enercon E-40 with the capacity of 500 kW per unit or 4 units in the case of connecting with a 10 kV line can be installed. The given wind farm can be connected to a 35 kV network to an open switchgear of 35 kV of the Komarivka substation or with input lines to the overhead power lines of the 35 kV overhead line Komarivka-Izyum. Thus, the wind farm should be

located in the 200 m zone from the SS Komarivka or the corresponding transmission line.

The distance between the wind turbines in order to avoid the impact of the turbulent track from neighbouring units should be from a minimum of 200 meters to a maximum of 400 meters.

The Komarivka substation is located not far from the reservoir located in the hollow (around 800 meters), forested hollows are also located north and south from the substation. Because of this, the wind speed at the substation area is slightly lower (4.5-5 m/s). With the approach to the watershed, the average annual wind speed increase, reaching its maximum value of 5.4 m/s (for a 200-meter zone near the 35 kV overhead line) near the T2109 highway.

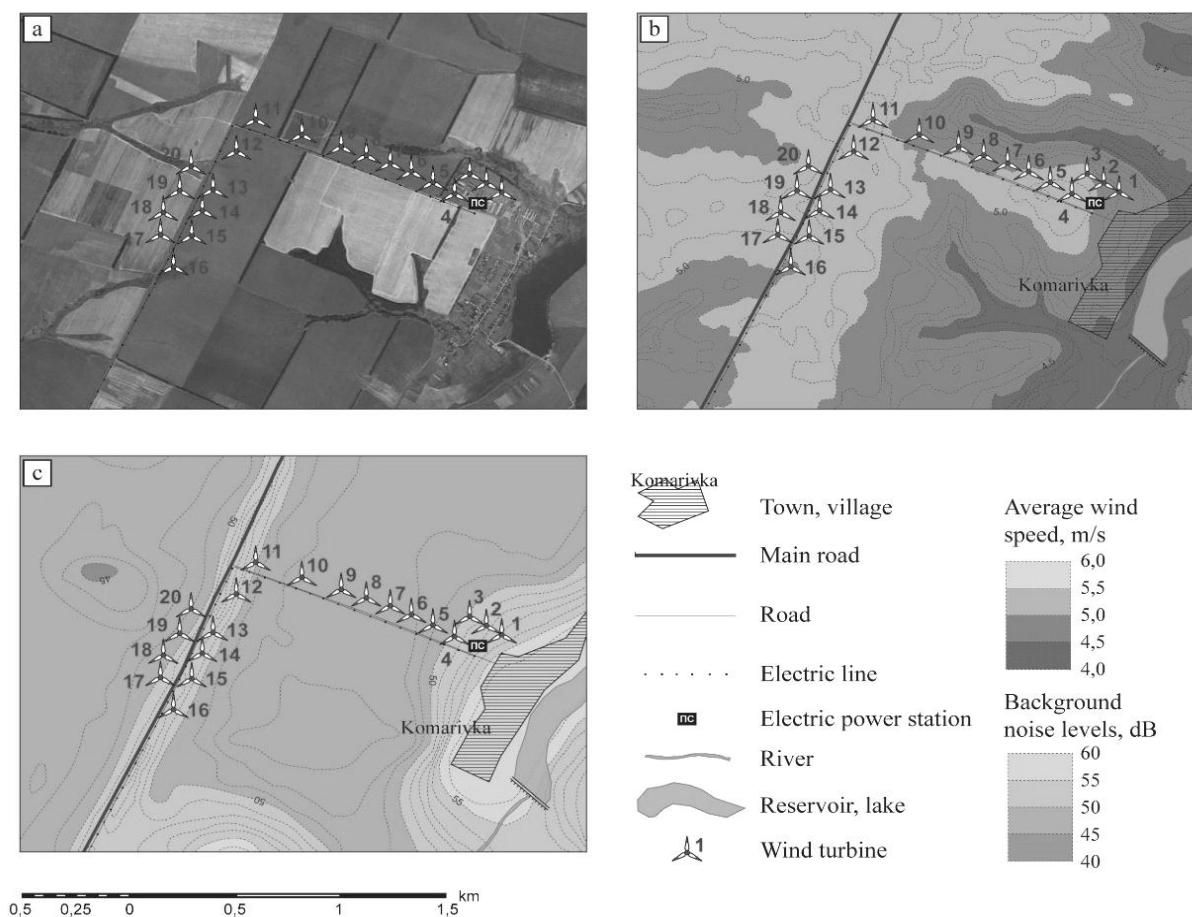


Fig. 1 – Sattelite image (a), average wind speed (b) and background noise level (c) for the site of the Enercon E-40 wind turbine according to strategy 1 (magistral principle)

Regarding the limiting parameters, the main constraint that arises in the development of this strategy is the presence of a forested hollow south of the Komarivka substation and Komarivka settlement, south-east the zone of possible installation of wind turbines. In addition,

the 35 kV overhead line is located directly along the highway, and the distance of the wind turbines from the highways must be not less than 110 m. Thus, the possibility of connection to the Komarivka substation within this strategy disappears due to a combination of limiting paramete-

ters. The most favorable area is near the 35 kV overhead line in the watershed. In this case, one should choose a plot as far north as possible (wind speeds increase in this direction).

In order to reduce the cost of land withdrawal from use, this strategy focuses on wind turbines siting within the area removed from crop rotation, rocky places, pastures and slopes.

To ensure the least possible impact on the ornitho-fauna, the wind turbines should be removed from forest plantations, water bodies. Within the bounds of the limiting parameters, such a distance has already been taken into account. Since the position of the wind farm does not affect the main path of the migration of birds in the area of research, the need for the replacement of wind turbines does not occur. However, in order to reduce the probability of collisions with birds, the wind turbines should be placed at a considerable distance from each other (in this case, 400 meters is fully in line with the requirements) and topologically perpendicular to the direction of the main migration path (i.e., in a line from west to east).

It remains necessary to choose a method of grid connection. It is necessary that the trans-

former substation of a wind farm in accordance with the conditions of the strategy was at a distance of not more than 200 meters from the 35 kV overhead line. The method of connection (magistral or radial) depends on the total length of the cable line between the wind turbines.

Variant 2. Sufficient funding for the design of a complete wind farm, possibility to select sites with the highest potential output (Fig. 2).

For this strategy, it is necessary to use an optimal modern wind turbine. In the process of choosing a wind power unit, a wide range of models of the most well-known manufacturers was considered. Output parameters for the selection were low values of the initial wind speed (since the average wind speeds within our site belong to the lowest in accordance with European standards), the low values of the nominal wind speed (the estimated nominal wind speeds amount 10-12 m/s within the study area). Based on these parameters, the Enercon E-115 wind turbine was selected. The height of the tower is 92.5 m, the diameter of the wind-wheel is 115 m. This unit allows utilizing the wind speed in the range from the starting 2 m/s

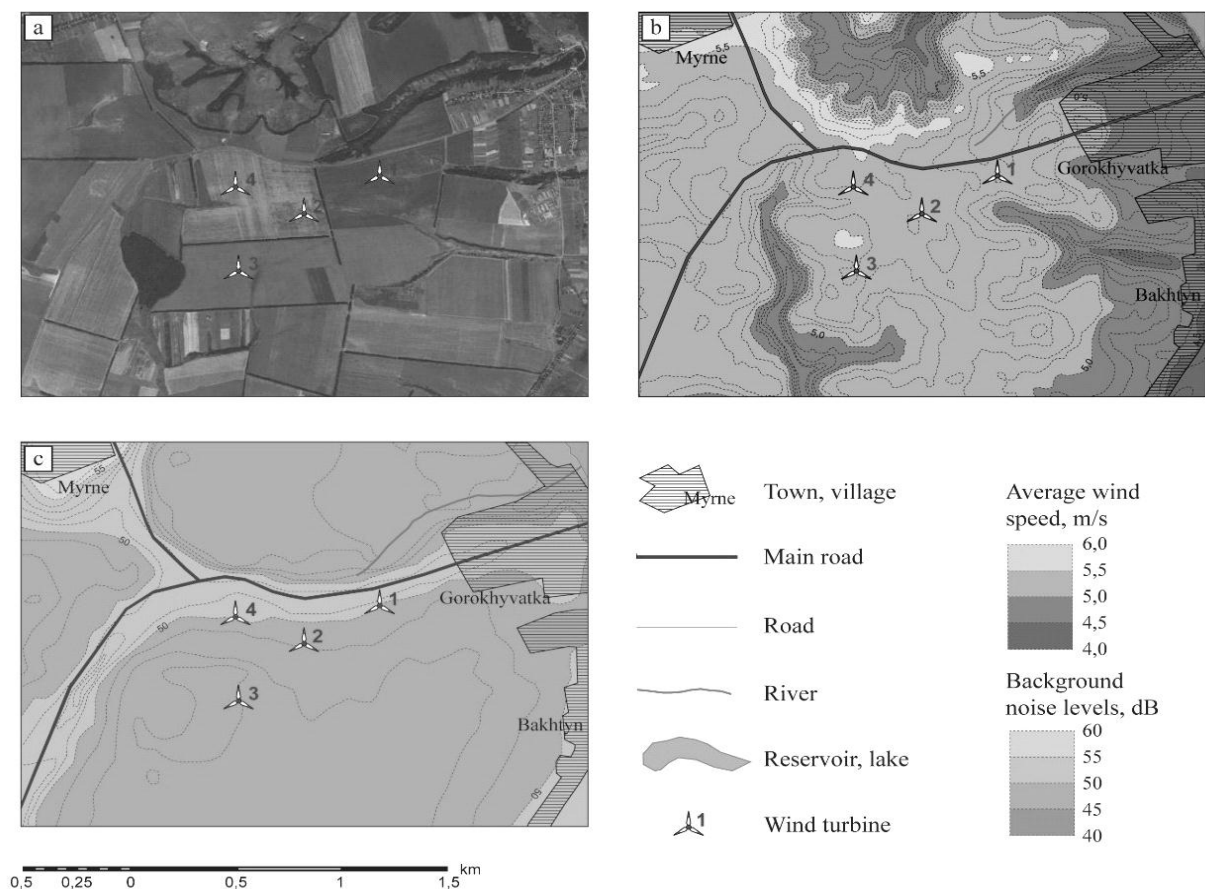


Fig. 2 – Satellite image (a), average wind speed (b) and background noise level (c) for the site of the Enercon E-115 wind turbine according to strategy 2

to the critical 28-34 m/s. The estimated wind speed for the installation is 12 m/s, at such values of wind speed and above the rated power of the installation is 2500 kW. Estimated price of the new installation: 2.5 million euros.

An important parameter that should also be considered when designing a wind power plant is to obtain a land plot for the construction of a wind turbine. As a matter of fact, wind turbine requires an area of 200-400 square meters. The road construction must also be taken into account, the length of it depends on the general scheme of roads.

If the wind farm is located in fertile lands, then the intervals between the wind turbines are used for their direct agricultural purpose. But most of them are located on lands unfit for agriculture. Within the research area, the problem of land utilization is essential for the first strategy of wind energy development. Within the framework of the second strategy, the placement of the wind turbine is planned in any location (regardless of the actual type of land use). For the first strategy, the location of the wind turbines should be selected also based on the minimum land removal (i.e., in the areas of pastures, slopes, not suitable for use). The type of use was determined using satellite imagery and elevations surface.

The basic task is the choice of the optimal number of wind turbines. It is usually more advantageous to choose one powerful wind turbine instead of a few small ones, but nonetheless, there are reasons to install several wind turbines. Small wind turbines tend to be better adapted to low average wind speeds that predominate over time. There is a limitation of the load on the local power grid; in the case of breakage of one of the wind turbines, the voltage drop is smaller if the unit has a relatively small power share in the total output and can be compensated by other wind turbines of the farm. There is a need to maintain an interval between the wind turbines. For a horizontal wind turbine, an interval of 10 times the diameter of the rotor is an acceptable distance. Industrial wind farms follow a distance of 7 to 10 rotor diameters if the installation is from the leeward side to the dominant wind direction, or from 3 to 5 diameters perpendicular to the dominant direction. These are the minimum recommended distances. But even at such a distance there can still be a significant wind disruption. Another important point is that megawatt-class power plants are usually installed on the top of

the hills or in open areas with a distinct dominant wind direction. A small wind turbine can be located in an area where the wind blows from all sides throughout the year, even with the prevailing wind direction. Because of this, the minimum distance of 10 times the diameter of the rotor is the optimal option for several separate small units.

In order to get better production of wind turbines, especially of a higher capacity class, they need to be oriented topologically so that the wind turbine will not overlap and cut the winds for each other. Therefore, it is best to orient the wind turbines perpendicular to the principal wind direction in the research area. From the wind rose, one can determine that the greatest repetition belongs to several directions. However, in the case of the arrangement of units in one line, the wind turbines will be located perpendicular to two opposite directions. Therefore, it is necessary to double the direction, that is, adding repetitions of opposite directions. Thus, as a result of the summation, we obtain: $(N + S) = 2896$; $(NE + SW) = 2344$; $(E + W) = 3732$; $(NW + SE) = 2985$. Therefore, in order to obtain the highest output, the wind turbines must be located in a row from north to south.

When connecting to a maximum power capacity of 10 MW, one can install as many as 4 Enercon E-115 units with a capacity of 800 kW. The distance between the units should be from a minimum of 575 meters to a maximum of 1 150 meters.

Under this development option, it is planned to upgrade local networks. Thus, it is possible to connect to a local substation, but with an increase in its voltage level by installing more transformers and replacing the transmission lines subsequently. Limitations are related to financing.

The main factor in choosing the location of wind turbines for this strategy is the highest wind speeds observed in the northwestern part of the study area not far from Myrne village and the T2109 and T2105 roads junction, where the average annual wind speeds reach values greater than 5.5 m/s.

Obstacle parameter is the availability of planted areas and settlements (Myrne and Gorokhuvatka). The impact on the ornithofauna is insignificant in the case of a sufficient distance from the forests and installation of units as far west as possible. According to this strategy, it is possible to consider several sites

near the junction of highways T2109 and T2105.

Simulation of noise levels. Sound effects from wind turbines are of a different nature and are divided into mechanical (noise from gears, bearings, generators) and aerodynamic effects. The latter can vary from low-frequency (less than 16-20 Hz) to high-frequency (from 20 Hz to several kHz). They are caused by the rotation of the impeller and are determined by the following phenomena: the dilution of the rotor or wind chute with the direction of air flow to some point of the advent of turbulent flows; pulsations of the lift on the profile of the blade; the interaction of the turbulent boundary layer with the rear edge of the blade. As a rule, aerodynamic noise increases when passing the blade past the wind turret tower.

Currently, only the calculation methods are used to determine the level of noise from wind turbines. The method of direct measure-

ments of the noise level does not provide information on the volume of the wind turbine since the effective method of separating the wind noise from wind noise at the moment is not found.

When analyzing an acoustic situation, it is important to consider the following factors: intensity level, frequency, frequency distribution and noise source forms; the nature of the area between the source and the receiver (roughness, relief, the presence of barriers); type of receiver (residential building, territory of the Nature Preserve Fund, industrial buildings, etc.). In addition, the technical characteristics of the wind turbine are important (such data are provided by the developers) [9].

The acoustic impact of wind turbines was analyzed in several directions. Firstly, a spatial distribution of noise from wind turbines was simulated. To do this, based on the technical characteristics of the respective wind turbines,

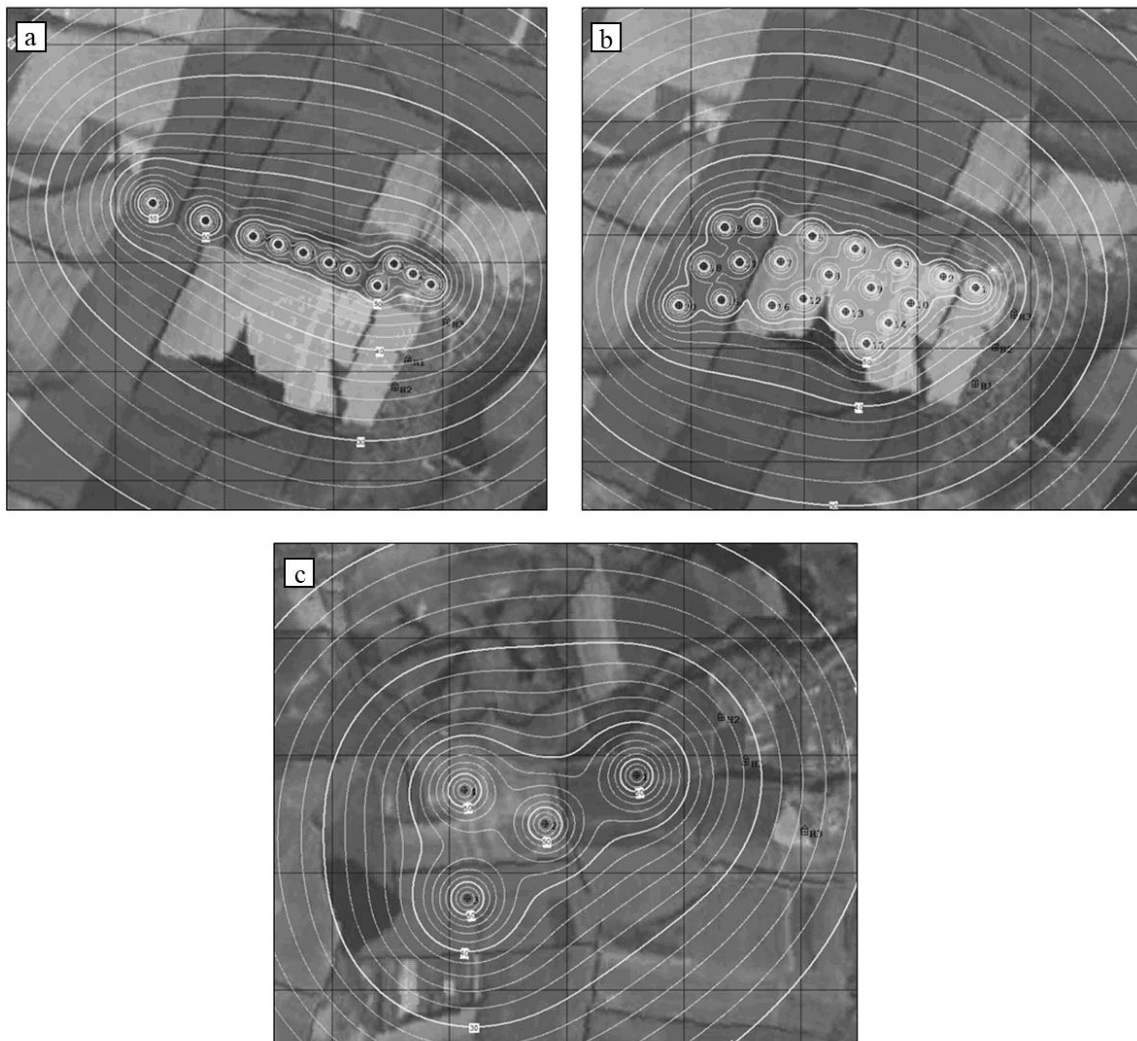


Fig. 3 – Acoustic load of the wind turbine by strategy 1, magistral (a) and radial (b) connection type; and by strategy 2 (c)

relief data, surface roughness, within the Wind-Farm software environment, the surface of the noise level distribution from the wind turbine was calculated for a wind speed of 8 m/s at an altitude of 10 meters above the earth's surface. For this average speed, measurements of the background noise of the study area were performed beforehand. The basis for calculating the surface was the fact, that sound has spherical propagation nature. Interference has been taken into account (effect of reflection).

For the first strategy (Fig. 3, a, b), the calculation was made for the Enercon E-40 unit, with a noise value of 101 dB at an altitude of 10 meters at the point of installation of the wind turbine. The calculation was made for both the radial and magistral type of wind farm installation.

For the second strategy (Fig. 3, c), the source data was Enercon E-115 with the output noise of 107.5 dB at an altitude of 10 cm above the earth's surface. According to the simulation results, it can be concluded that the sound from the wind turbines in the study area is insignificant (less than 20 dB) at a distance of 2 kilometers from the wind turbine. But the number of wind turbines should also be taken into account

The results of the background noise study allowed to come up with a few conclusions. Firstly, the acoustic situation in the territory as a whole is quite favorable for the development of wind energy. At working wind speeds (notably for noise level measurements) in most parts of the territory, background noise reached higher values than the comfort level of 45 dB. On some sites near settlements, some increase in background noise level was noted. Thus, according to the type of wind turbine, the noise level may overlap with the background level and the location of the wind turbine will not have a significant acoustic impact on the population. The lowest level of background noise belongs to the zones of forest plantations, where vegetation acts as a natural barrier. If there is a barrier between the wind turbine and the receiver, this will significantly reduce the noise level. The only requirement is to remove the possibility of «shadowing» the wind by such a barrier (in this case, the level of wind turbine output will decrease), which can be achieved by placing the wind turbines at a sufficient distance from the barrier and in ap-

– the closer to each other they will be located, the greater will be the total acoustic impact.

This statement has the opposite sense too. This way the units will occupy a smaller territory and may be more distant from the settlements. Thus, it can be seen that although more powerful installations (strategy 2) generate higher levels of sound, however, due to their considerable dispersion and smaller number, at the distance of 1 kilometer the influence of wind farm of the second strategy equals the acoustic load of the station within the framework of the first strategy.

At last, we had to conduct the calculation of noise levels, which might be generated by the wind turbine, for specific points of location of residential buildings. For this purpose, the noise level from the unit was initially calculated. Next, this value was superimposed on the level of background noise at the point. Due to the specific nature of the sound, such summing should be made according to the formula:

$$L_{p_{res}} = 10 \cdot \log(10^{\frac{L_{p_1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p_2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{p_n}}{10}}),$$

where
 $L_{p_{res}}$ – total sound level;
 L_p – measured sound level.

Results

appropriate orientation according to the wind rose.

With the data on the distribution of wind speeds, one can construct the resulting surface of the background noise, which is already based on the data of the dependence of the measured background levels of sound on the wind speed (the higher the wind speed, the greater the value of the background noise). Such a resulting map may be useful for refining and for a greater approximation of values to the actual ones. There is also the possibility of creating a map by adding potential energy generation and exceed of the background noise level, which can give a more comprehensive assessment of the potential location of the wind turbines.

For the purposes of noise simulation, the points of measurement of sound levels in the residential area were chosen from the border points of the nearest settlements. For the first strategy, the value of noise for Komarivka village was calculated, for the second – Gorohuvatka village. The background noise on the territory of Komarivka was higher by 4 dB on average. The results of calculations (Table 1)

make it possible to assert that the acoustic effect of wind turbines in both placement strategies is insignificant compared to the background noise levels, the main component of which is wind noise. Excessive noise levels when using Enercon E-115 were 5 dB, for Enercon E-40 – 8-9 dB.

It should be noted separately that, in

some cases, the acoustic influence of wind farm positioned by the magistral principle was higher than in the case of radial positioning. This was caused by a greater distance from settlements. The fact that a significant concentration of wind turbines can lead to an increase in the overall noise level is also needed to be considered.

Table 1

Noise levels for the specific points of residential areas

Point #	Noise of the wind turbine, dB	Background noise, dB	Resulting noise levels, dB
<i>Strategy 1 (Komarivka village)</i>			
<i>For magistral principle</i>			
1	38,31	53,9	54,018
2	35,22	53,8	53,860
3	42,38	54,1	54,383
<i>For radial principle</i>			
1	37,30	53,9	53,994
2	39,34	53,8	53,953
3	40,77	54,1	54,297
<i>Strategy 2 (Gorohuvatka village)</i>			
4	31,65	50,0	50,063
5	32,48	50,1	50,174
6	25,22	50,0	50,014

Conclusions

A comparative environmental assessment of wind energy projects from the perspective of the potential acoustic load on the environment revealed the following:

1. Measurements of background noise on the study area indicated an exceeding of the level of «comfort» for a housing estate in the whole area by 7 dB on average. This situation requires additional monitoring of the background levels but provides sufficient grounds for comparative evaluation in order to detect excessive sound levels.

2. The simulation of the propagation of noise from wind turbines considering the terrain and roughness of the territory (barriers) allowed to assess the specifics of distribution

and optimize the location of wind turbines in such a way that natural barriers protect the potentially vulnerable residential areas.

3. Calculation of the acoustic load on specific points within the settlements has shown that the acoustic load of twenty less powerful wind turbines is higher by 9 dB compared to the value of four more powerful wind turbines. At the same time, the resulting excess of background noise was less significant and amounted to 0.15 dB and 0.05 dB respectively.

4. The research phasing may be a methodological guide to performing similar studies for the local areas with complex orography and various landscapes.

References

1. Beranek, L. L. (1988) Acoustical Measurements. New York: Acoustical Society of America, 841 [in English]
2. Vasilyev, Yu. S., Khrisanov, N. I. (1991) Ekologiya ispolzovaniya vozobnovlyayushchikhsya energoistochikov [Ecology of using renewable energy sources]. Leningrad: Publishing House of the Leningrad University, 343 [in Russian]
3. Tretyakov, O. S., Volkovaia, O. O. (2013) Zastosuvannia HIS pry rozrobtsi stratehii rozvytku vitroenerhetyky na rivni administratyvnoho raionu [Application of GIS in designing wind energy development strategy at administrative district level]. *Problems of Continuous Geographical Education and Cartography*. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University 17, 9–12. [in Ukrainian]

4. Ryzhenkov, M. A., Ermolenko, B. V., Ermolenko, G. V. (2011) *Ekologicheskiye aspekty vetroenergetiki* [Environmental aspects of wind energy]. *Teploenergetika*, (1), 72–79 [in Russian]
5. DSTU 31296.1:2007 «Shum. Opys, vymiriuvannia i otsinka shumu na mistsevosti» [Noise. Description, measurement and assessment of noise in the area] [in Ukrainian]
6. GOST 23337-78 «Shum. Metody izmereniya shuma na selitebnoy territorii i v pomeshcheniyakh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy» [Noise. Methods for measuring noise in residential areas and in residential and public buildings] [in Russian]
7. Clausen, N-E. (2013). *Planning and development of wind farms: Environmental impact and grid connection*. DTU Wind Energy. DTU Wind Energy I, (46) [in English]
8. IEC 61400-11 2002-12 «Wind Turbine Generator Systems — Part 11: Acoustic Noise Measurement Techniques». [in English]
9. Rogers, A. L., Maxwell, J. F., Wright, S. (2006) *Wind Turbine Acoustic Noise*. Amherst: Renewable Energy Research Laboratory, 26 [in English]
10. Tretyakov, O. S., Volkovaia, O. O. (2014) *Geoinformational support of wind power development at the local level. Problems of Continuous Geographical Education and Cartography*. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University, 19, 117–120 [in English].

Надійшла до редколегії 14.10.2018

ІНСТРУМЕНТИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

УДК 355:614

Є. Д. СЛЕПУЖНИКОВ¹, канд. тех. наук, О. В. ТАРАХНО¹, канд. тех. наук, доц.,
Р. В. ПОНОМАРЕНКО¹, канд. тех. наук, с.н.с., Ю. В. БУЦ², канд. геогр. наук, доц.,

¹Національний університет цивільного захисту України,
вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, Україна,

e-mail: scct@nuczu.edu.ua

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи 4, 61022, Харків

e-mail: butsyura@ukr.net <https://orcid.org/0000-0003-0450-2617>

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ВІДБОРУ ПРОБ РІДКИХ, ГАЗОПОДІБНИХ ТА СИПУЧИХ РЕЧОВИН ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Робота передбачає надання рекомендацій щодо процедури відбору проб по виявленню небезпечних речовин для підрозділів ДСНС України та вдосконалення ділянки первинної спеціальної обробки. Важливою операцією при проведенні як якісного, так і кількісного аналізу є відбір проби речовини для аналізу. Метою операції є отримання додаткової інформації про надзвичайну ситуацію. Відбір проб здійснюється для отримання інформації про безпеку речовини, передусім це вивчення зразків у лабораторії. Крім того, кожен зразок відображає реальну оперативну обстановку, так як він дає уяву щодо забруднення та кількості небезпечних речовин. Питання відбору проб під час надзвичайної ситуації для виявлення небезпечних речовин розглянуто не досить ретельно. Тому нами запропоновано удосконалену процедуру з відбору проб та схему первинної деконтамінації. Аварія на хімічно небезпечному об'єкті створює значну небезпеку як для виробничого персоналу, так і для населення. Величина цієї небезпеки тим більша, чим вище ступінь токсичності сильно діючих отруйних речовин. Під час надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному об'єкті виконують оцінку хімічної обстановки. На даний час існує схема організації проведення повної спеціальної обробки. Але, дана схема містить недоліки, що впливають на ліквідацію наслідків надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному об'єкті. Одним з таких недоліків є тривалий час розгортання району повної спеціальної обробки, що не забезпечує своєчасного зменшення та усунення рівня забруднення і його впливу на потерпілих та мінімізацію наслідків події радіаційного, хімічного та біологічного характеру. Нами була запропонована удосконалена схема організації ділянки первинної деконтамінації, яка дозволяє максимально зменшити рівень забруднення потерпілих. Надані рекомендації та удосконалено схему та процес спеціальної обробки, що дозволяє максимально швидко зменшити рівень забруднення потерпілих, а також зменшити рівень забруднення на межі «теплої» та «холодної» зони та запобігти розповсюдженню забруднення за межі небезпечної зони. Запропонована процедура відбору проб дає можливість провести якісний відбір проб в стислі строки, що дозволяє виявити наявність небезпечної речовини під час виникнення надзвичайної ситуації. Удосконалення схеми первинної спеціальної обробки дозволяє зменшити ризики надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Ключові слова: відбір проб, надзвичайна ситуація, деконтамінація, речовина, обладнання.

¹Slepuzhnikov E. D., ¹Tarakhno E. V., ¹Ponomarenko R.V., ²Buts Y.V.

¹National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkov, Ukraine

²V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkov, Ukraine

IMPROVEMENT OF THE SELECTION CONTROL OF LIQUID, GASEOUS, AND CUTTING SUBSTANCES IN THE INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL INFLUENCE ON ENVIRONMENT

The work involves providing recommendations on the procedure for the selection of hazardous substances for the SNSS units of Ukraine and improvement of the area of primary special treatment. An important operation in conducting both qualitative and quantitative analysis is the sampling of the substance for analysis. The purpose of the operation is to obtain additional information on the emergency situation. Sampling is performed to obtain information on the dangers of the substance, first of all, the study of samples in the laboratory. In addition, each sample reflects the real operational environment, since it gives an idea of the contamination and the amount of hazardous substances. The issue of sampling during an emergency for the detection of hazardous substances is not considered

sufficiently carefully. Therefore, we proposed an improved procedure for sampling and an improved scheme of primary decontamination. An accident at a chemically hazardous facility poses a significant danger to both the production personnel and the public. The magnitude of this danger is higher, the higher the degree of toxicity of highly active poisonous substances. During an emergency, a chemical situation is performed on a chemically hazardous facility. Currently, there is a scheme for organizing a complete special processing. However, this scheme contains disadvantages affecting the elimination of the consequences of an emergency on a chemically hazardous facility. One of these shortcomings is the long time of deployment of a full special treatment area, which does not ensure the timely reduction and elimination of the level of pollution and its impact on the victims and minimize the effects of radiation, chemical and biological events. We have offered an improved scheme of organizing the area of primary decontamination, which allows to reduce the level of pollution of the victims. The recommendations are given and the scheme and the special processing process are improved, which allows to reduce as much as possible the level of pollution of the victims, and also to reduce the level of pollution on the border of the «warm» and «cold» zone and to prevent the spread of pollution beyond the danger zone. The proposed sampling procedure provides an opportunity to conduct qualitative sampling in a short time, allowing detecting the presence of dangerous substances during an emergency. Improvement of the scheme of primary special treatment can reduce the risks of emergencies of anthropogenic nature.

Keywords: sampling, emergency, decontamination, substance, equipment

¹Слепужников Е.Д., ¹Тарахно Е.В., ¹Пономаренко Р.В., ²Буц Ю.В.

¹Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков, Украина

²Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, Украина

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ ОТБОРА ПРОБ ЖИДКИХ, ГАЗООБРАЗНЫХ И СЫПУЧИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Работа предусматривает предоставление рекомендаций относительно процедуры отбора проб по выявлению опасных веществ, для подразделений ГСЧС Украины и совершенствования участка первичной специальной обработки. Важной операцией при проведении как качественного, так и количественного анализа является отбор пробы вещества для анализа. Целью операции является получение дополнительной информации о чрезвычайной ситуации. Отбор проб осуществляется для получения информации об опасности вещества, прежде всего это изучение образцов в лаборатории. Кроме того, каждый образец отражает реальную оперативную обстановку, так как он дает представление о загрязнении и количестве опасных веществ. Вопрос отбора проб во время чрезвычайной ситуации для выявления опасных веществ рассмотрен недостаточно тщательно. Поэтому нами предложено усовершенствованную процедуру по отбору проб, а также схему первичной деконтаминации. Авария на химически опасном объекте создает значительную опасность, как для производственного персонала, так и для населения. Размер этой опасности тем больше, чем выше степень токсичности сильно действующих ядовитых веществ. Во время чрезвычайной ситуации на химически опасном объекте выполняют оценку химической обстановки. В настоящее время существует схема организации проведения полной специальной обработки. Но, данная схема содержит недостатки, влияющие на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации на химически опасном объекте. Одним из таких недостатков является длительное время развертывания района полной специальной обработки, что не обеспечивает своевременного уменьшения и устранения уровня загрязнения и его воздействия на потерпевших и минимизацию последствий происшествия радиационного, химического и биологического характера. Нами была предложена усовершенствованная схема организации участка первичной деконтаминации, которая позволяет минимизировать уровень загрязнения пострадавших. Даны рекомендации и усовершенствована схема и процесс специальной обработки, что позволяет максимально быстро уменьшить уровень загрязнения пострадавших, а также уменьшить уровень загрязнения на границе «теплой» и «холодной» зоны, а также предотвратить распространение загрязнения за пределы опасной зоны. Предложенная процедура отбора проб дает возможность провести качественный отбор проб в сжатые сроки и позволяет выявить наличие опасного вещества при возникновении чрезвычайной ситуации. Усовершенствование схемы первичной специальной обработки позволяет уменьшить риски чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Ключевые слова: отбор проб, чрезвычайная ситуация, деконтаминация, вещество, оборудование

Вступ

На території України розміщено 716 одиниць хімічно небезпечних об'єктів, діяльність яких пов'язана з виробництвом, використанням, зберіганням і транспортуванням хімічно небезпечних речовин [1]. Об'єктів першого ступеню небезпеки – 45 одиниць, об'єктів другого ступеню

небезпеки – 103 одиниці, об'єктів третього ступеню небезпеки – 116 одиниць, об'єктів четвертого ступеню небезпеки – 452 одиниці. У зонах можливого хімічного забруднення мешкає 7,5 млн. осіб.

Небезпека функціонування цих об'єктів господарської діяльності (хімічно небезпечних об'єктів) пов'язана з ймовірністю аварійних викидів (виливів) великої кількості аварійно хімічно небезпечних речовин за межі об'єктів, оскільки на багатьох із них зберігається багато добовий запас хімічних речовин [2]. Тому можливі важкі наслідки обумовлюють актуальність захисту населення і ліквідації наслідків хіміч-

них небезпечних ситуацій на території України, регіоні, містах та інших населених пунктах.

Важливою операцією при проведенні як якісного, так і кількісного аналізу є відбір проби речовини для аналізу [3]. Багато уваги приділяється відбору проб харчових продуктів [4, 5], природних вод [6], газів [7]. Питання відбору проб під час надзвичайної ситуації для виявлення небезпечних речовин розглянуто не досить ретельно [8].

Методика

Перед проведенням відбору проб, необхідно проаналізувати надзвичайну ситуацію [9, 10, 11]. За результатом аналізу, необхідно визначити план роботи. Метою операції є отримання додаткової інформації про надзвичайну ситуацію. Відбір проб, рис. 1, здійснюється для отримання інформації про безпеку речовини, передусім це вивчення зразків у лабораторії.



Рис. 1 – Відбір проб речовини для аналізу

Крім того, кожен зразок відображає реальну оперативну обстановку, так як він дає уяву щодо забруднення та кількості небезпечних речовин. При даних обставинах, має сенс під час процесу відбору проб взяти більше ніж один зразок. Це особливо актуально для відбору проб по виявленню небезпечних речовин у повітрі.

На основі наявної інформації, географічних умов і погодних даних, групою по відбору проб визначаються план дій та розташування ділянки деконтамінації.

Також необхідно забезпечити надійне та безпечне транспортування зразків до лабораторії. У разі виявлення небезпечних речовин зразки повинні бути збережені, тому що можуть бути використані як речові докази під час розслідування.

Команда по відбору проб повинна складатися мінімум з двох осіб, з особи яка приймає зразки та помічника. Крім того третя особа координує зв'язок з резервним сектором та веде документацію процесу відбору проб (відео, фото та письмову). Обов'язки, які виконуються членами команди по відбору проб, не повинні змінюватися. Команда відбору проб розпочинає роботу тільки в тому випадку, якщо готова спеціальна група для проведення деконтамінації рис. 2.

Розподіл завдань серед членів команди має відбуватися таким чином, щоб завжди був один «чистий» член команди (помічник). Член команди який збирає зразки (брудний) несе відповідальність за визначення пріоритетів місць (точок) відбору проб та швидке виконання цих робіт.



Рис. 2 – Група проведення деконтамінації

Завдання «чистого» члена команди – підготовка і передача матеріалів (зразків) та забезпечення безперебійного процесу відбору проб. Якщо команда складається лише з двох осіб, «чистий» член команди відповідає за ведення документації відбору проб (маркування контейнерів, письмова документація і зв'язок). Щоб звести до мінімуму поширення забруднення,

«чистому» помічникові не слід входити в прямий контакт з речовинами, які обстежуються. За необхідністю, склад команди повинен бути збільшений, в залежності від ситуації.

В цілому для процедури відбору проб вірно наступне [12, 13, 14]:

- зразок повинен бути репрезентативним для відібраної речовини та району. В крайньому разі, не завжди можливо виконати цю вимогу. Зразки можуть бути твердими, рідкими, газоподібними або пароподібними. Тому важко визначити репрезентативну частину зразка;

- пробірки і обладнання для відбору проб повинні бути чистими і міцними. Виходячи з умов надзвичайної ситуації повинно бути прийнято рішення скільки зразків проб необхідно, один чи кілька. При витoku невідомих небезпечних речовин завжди повинен проводитися відбір проб.

Під час надзвичайної ситуації відбір проб повинен бути проведений максимально швидко [15] для того, щоб підтвердити інформацію про наявність або відсутність небезпечної речовини і сприяти її ідентифікації.

Далі в процесі відбору проб, слід приділити увагу на такі питання:

- два зразка (основної і резервної проби), взяті в певному місці, зберігаються в різних ємностях (контейнерах) і чітко позначені відповідним чином, наприклад, номер зразка, з відповідними доповненнями (основний зразок) або R (резервний зразок);

- по можливості контрольні проби відбираються за межами забрудненої зони для виявлення хибно позитивних проб (оцінка основного забруднення);

- зразки повинні дати репрезентативний огляд розсіювання реагенту (виходячи з часу робіт повинна бути визначена, пріоритетність вибірки);

- відбір проб по можливій дисперсії в залежності від плану робіт, необхідний для визначення зони поширення забруднення і можливості оцінки кількості які зазнали впливу осіб. Коли за дисперсійними моделями визначається зона відбору проб, також приймаються до уваги і використовуються дані про погодні умови;

- якщо джерело викиду виявлено, зразки повинні бути взяті звідти для ідентифікації речовини (біологічного реагенту), (тільки біологічні та хімічні).

Зрозуміла і ясна документація є основою для оцінки зразків і тому є важливим компонентом процесу відбору проб. Необхідна докуме-

нтація та порядок її оформлення повинен бути визначений заздалегідь.

Для ідентифікації зразків маркуються окремі пробірки (нумеруються) або розміщуються відповідні ярлики (пропозиція для нумерації: ліцензійний номер плюс серійний номер).

Більш детальна документація повинна бути заповнена в процесі відбору проб [16]: місце, дата, час взяття зразка, найменування / команда відбору, блок, погода і температура вносяться в цю документацію. Додаткова інформація для подальшого аналізу зразка - це, наприклад, сукупний сток вибірки, спостереження, що стосуються навколишнього середовища місця відбору проб (загиблі тварини, плями, дим і т.і.). Разом із зразком, документація відповідно надсилається в лабораторію. Процес відбору проб повинен бути належним чином задокументовано в звіті про роботи. Також має сенс створення пункту збору зразків.

Як правило, на робочому місці повинен бути підготовлений повний звіт про погодні умови.

Крім письмової документації, має сенс вести відео або фото фіксацію.

Заздалегідь слід розробити дії щодо вивезення та деконтамінації обладнання і вилучення отриманої інформації для подальшого аналізу.

Звіт по відбору проб (форма відбору проб) повинен містити наступну інформацію:

- дату (число, місяць та рік);
- інформацію про особу яка відібрала пробу (прізвище, ім'я та по батькові) - відповідальна особа пожежної команди / контактна інформація підрозділу пожежної команди;
- обсяг відібраної проби;
- місце відбору проби;
- час відбору проби;
- інформація про погодні умови під час відбору проби;
- вид проби;
- інформація про події в місці відбору проби (загибель тварин, зміна кольору рослинності і т. ін.);
- креслення місця відбору проби.

Зразки відібраних проб розташовуються в первинну та вторинну упаковку.

Первинна упаковка складається з поліетиленового контейнера (віали) – водонепроникного.

Вторинна (зовнішня) упаковка повинна бути досить твердою, наприклад контейнер, картонна або поліетиленова упаковка з маркуванням.

Між цими двома частинами упаковки необхідно розмістити абсорбуючий матеріал,

який здатний повністю поглинати прослизуючу рідину.

Первинна (внутрішня) ємність (упаковка) може бути пляшкою (зі скла або пластику), поліетиленовим пакетом або спеціальною упаковкою рис. 3.

Оскільки заповнення зразка в первинну ємність проходить в забрудненій зоні, зовнішня поверхня ємності повинна пройти процес деконтамінації. На ділянці відбору проб первинна ємність завжди запаковується



1, 2 – первинна (внутрішня) упаковка (водонепроникна), яка може герметично закриватися і розміщатися в ванні в пункті деконтамінації; 3 – вторинна упаковка залишається в зеленій зоні і служить безпечною транспортною упаковкою; 4 – зовнішня (картонна) упаковка.

Рис. 3 – Зразок упаковки для проб

разом із формою (звітом) відбору проб в герметичний поліетиленовий пакет, який опечатується. Коли пакет з пробою вилучили з гарячої зони він розміщується в дезінфікуючі засоби в пункті знезараження. Самі зразки проб не повинні вступати в контакт з дезінфікуючими засобами.

Після закінчення необхідного часу деконтамінації контейнер зі зразком проби виймають з ванни, поверхню сушать і в пункті збору проб зразки поміщаються у вторинну (зовнішню) упаковку. Особа, відповідальна за цю задачу, знаходиться в незараженій зоні пункту деконтамінації.

Запакований зразок проби зберігається окремо від іншого обладнання для відбору проб. Він не повинен потрапити в гарячу зону, а залишається в холодній зоні. Таким чином, виключається перехресне забруднення.

Рекомендується збирати знезаражені пробірки для проб в одному місці. Після завершення дезактивації пробірок з пробами, ін-

формацію про речовину яка використовувалась необхідно вказати у формі відбору проб.

Якщо можливо, вибірка підозрілих (небезпечних) речовин при відборі проб повинна проводитися без змішування матеріалів, які є частиною природного середовища в місці відбору проб.

Якщо кількість підозрілої (небезпечної) речовини невелика, то цей матеріал проби повинен бути зібраний в скляну пляшку в повному обсязі. Якщо є достатня кількість матеріалу для зразка проби, необхідно помістити не менше 100 мл в скляну пляшку. Великі зразки проб повинні бути упаковані в контейнер (наприклад, пляшка об'ємом 500 мл). Лопаткою, ложкою або шпателем, можуть бути взяті порошкоподібні і пухкі зразки проб. Кліщі тигельні допомагають підібрати маленькі камені і предмети, пінцет використовується для ще більш дрібних предметів рис. 4. Якщо можливо, температуру всіх матеріалів слід перевіряти і записувати ці дані.



Рис. 4 – Інструменти для відбору проб (зліва направо): щипці великі, лопатка, кліщі тигельні, ложка-шпатель маленька, ложка-шпатель велика, пінцет

Для відбору проб газів або парів використовуються ручна помпа (насос) та індикаторні трубки рис. 5.

Ручна помпа – це сифонний насос, в якому зразок повітря прокачується через газвимірвальну трубку при стисненні/відпусканні сифона. Корпус насоса складається з сифонів, які повністю притискаються один до одного для вимірювання. Коли

сильфони відпускаються, повітря автоматично прокачується, і зразок вимірюваного газу втягується через використовувану трубку.



Рис. 5 – Ручний насос та індикаторні трубки

Існують декілька поширених типів трубок.

Пробірки з силікагелем, типу G. Пробірки з силікагелем можна використовувати для відбору проб метанолу, фенолів, мурашиної і оцтової кислот, 2-бутанону, нітробензолу, нітротолуолів і фталатів.

Трубки містять полімер з високо специфічною поверхнею і широкою смугою адсорбційних здібностей, перш за все для нітрогліцерину, полівалентного спирту і пестицидів. Вплив вологості повітря на труби дуже низька. Адсорбована кількість речовини сильно залежить від субстанції. У порівнянні з важкими і нелетучими речовинами, легкі і сильно леткі речовини можуть адсорбуватися тільки в невеликих кількостях.

Для подачі певної кількості повітря через трубки необхідний насос. Коли використовують ручний насос, слід звернути увагу на його герметичність. Тому в насос вставляється невідкрита трубка, насос стискається (наскільки це можливо) в такому положенні сильфони повинні залишатися до трьох хвилин. Якщо насос несправний, сильфони повернуться в початкове положення раніше цього часу, в цьому випадку насос використовувати для відбору проб не можна (необхідно прове-

сти технічне обслуговування відповідно до інструкції).

У кожній точці відбору проб завжди повинні бути взяті два зразки, один зразок з одним стисканням насоса, а потім один зразок з десятьма стисканнями при тих же умовах.

Залежно від умов відбору проб процедура повинна бути узгоджена з експертом.

До початку відбору проб, після консультації з експертом, необхідно визначитися які трубки необхідно використовувати при відборі проб і до якої лабораторії (установи) їх здавати на аналіз.

У пункті збору проб повинна знаходитися плануюча документація щодо робіт по відбору проб, а також заповнені форми проб. Крім перевірки плануючої документації, заповнених форм проб і звірки цих даних, пункт збору проб забезпечує правильний розподіл зразків проб між спеціалізованими лабораторіями. Всі ці процедури повинні бути чіткими і зрозумілими. Разом з персоналом, який може бути забруднений, зразки проб повинні пройти деконтамінацію. Сам матеріал зразка не повинен контактувати з речовинами, які використовувалися при проведенні деконтамінації.

Проби на наявність біологічних речовин беруться під час випадкового або навмисного вивільнення таких речовин, при виникненні епідемії чи незвичайного спалаху якогось захворювання.

Ситуації з біологічної загрози вкрай небезпечні для оперативного персоналу, оскільки, на відміну від хімічних або радіоактивних / ядерних загроз, виявлення на місці ймовірної біологічної речовини в режимі реального часу до сих пір не вдавалося. Щоб отримати більш повне уявлення про наявність або відсутність передбачуваної речовини, необхідні конкретні процедури відбору проб.

Найбільший ризик зараження біологічними речовинами – через дихальні шляхи і слизову оболонку, при прийомі їжі, а також через пошкоджену шкіру. Тому захист дихальних шляхів і очей повинен мати пріоритет. Також необхідно захистити тіло відповідним одягом. На етапі планування операції повинно передбачити відповідний захисний одяг і його регулярне використання. Після завершення операції увагу слід приділяти прави-

льній дезактивації і зняттю захисного одягу для мінімізації поширення забруднення.

Під час роботи з невідомими речовинами, необхідно використовувати автономні дихальні апарати (рис. 6) з газонепроникними захисними костюмами. Якщо небезпечна речовина і її характеристики відомі, рівень захисту може бути адаптований відповідно до вимог, що полегшить роботу персоналу.



Рис. 6 – Робота групи відбору проб в засобах індивідуального захисту

Різні якості безлічі хімічних речовин виключають застосування універсального способу деконтамінації.

Результати та обговорення

Аварія на хімічно небезпечному об'єкті створює значну небезпеку як для виробничого персоналу, так і для населення. Величина цієї небезпеки тим більша, чим вище ступінь токсичності небезпечних хімічних речовин.

Під час надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному об'єкті виконують оцінку хімічної обстановки та за необхідністю проводять спеціальну обробку не тільки робочого персоналу, а також і постраждалого населення.

Спеціальна обробка це складова частина ліквідації наслідків радіаційного, хімічного, бактеріологічного забруднення і проводиться з метою відновлення готовності техніки, транспорту і особового складу формувань до виконання своїх завдань з проведення рятувальних робіт та виконання дій за призначенням.

На даний час існує схема організації проведення повної спеціальної обробки [17]. Детальна схема приведена на рис. 8.

Щоб з'ясувати, чи можливо в разі певних забруднень провести успішну дезактивацію хімічного захисного костюма, слід проконсультуватися з експертом. Щоб уникнути зовнішнє забруднення об'єктів, включаючи

матеріали для відбору проб, ретельна промивка теплою водою з дезінфікуючими засобами (поверхнево-активними речовинами) у багатьох випадках є найкращою рекомендацією рис. 7. Те ж саме відноситься до деконтамінації захисного одягу персоналу.



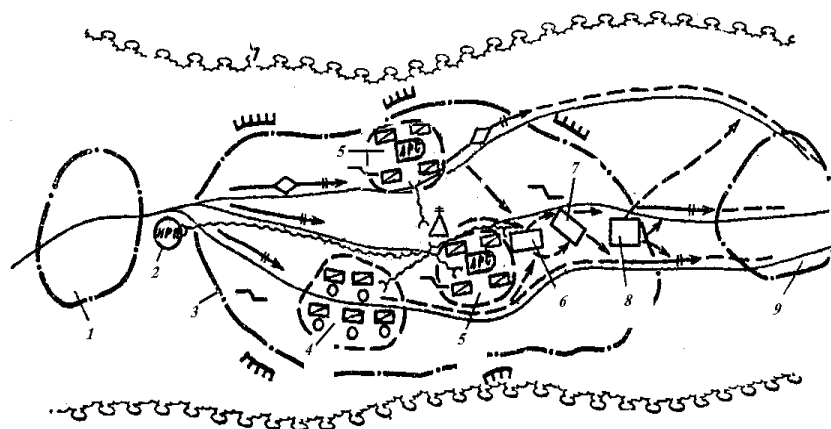
Рис. 7 – Проведення деконтамінаційної обробки захисного одягу групи відбору проб

Але, дана схема містить недоліки, що впливають на ліквідацію наслідків надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному об'єкті. Одним з таких недоліків є тривалий час розгортання району повної спеціальної обробки, що не забезпечує своєчасного зменшення та усунення рівня забруднення і його впливу на потерпілих та мінімізацію наслідків події радіаційного, хімічного та біологічного характеру.

Тому, нами запропонована удосконалена схема організації ділянки первинної деконтамінації, що приведена на рис. 9.

Зона обмежень (забруднена зона-червона), в цій зоні здійснюється:

- розвідка;
- гасіння пожежі (у випадку виникнення пожежі);
- рятування людей;
- надання першої допомоги;
- евакуація людей з місця інциденту та передача їх працівникам швидкої медичної допомоги;
- локалізація розповсюдження забруднення;
- збір даних про інцидент.



1 – район очікування; 2 – контрольно-розподільний пост; 3 – межа розгортання майданчиків спеціальної обробки; 4 – майданчик обробки за допомогою дегазційних комплектів; 5 – майданчик обробки АРС; 6 – майданчик обробки обладнання; 7 – майданчик обробки засобів індивідуального захисту; 8 – майданчик заміни забрудненого обмундирування; 9 – район збору.

Рис. 8 – Схема району спеціальної обробки

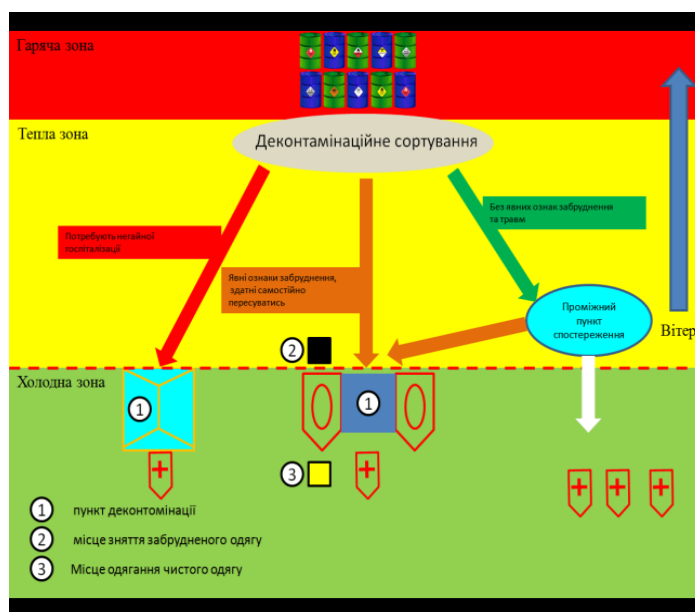


Рис. 9 – Схема організації ділянки деконтамінації

Зона обмеженого перебування (жовта). Становить не менше 50 м від меж зони обмежень (червоної). Проводяться наступні заходи:

- безпосереднє керівництво роботами з ліквідації;
- влаштування пункту первинної деконтамінації;
- медичне сортування та маркування знезаражених постраждалих,
- захист матеріальних цінностей (сортування, пакування, маркування і зберігання);
- проведення інших допоміжних заходів.

Допоміжна зона (зелена). Становить не менше від 50 до 500 м від меж зони обмеженого перебування (жовтої). Проводяться наступні заходи:

- більш детальне медичне обстеження та сортування травмованих;
- невідкладна медична допомога та при необхідності госпіталізація;
- влаштування пункту збору евакуйованих;
- влаштування пункту відпочинку та надання психологічної допомоги;
- вивчення/аналіз зібраних даних про інцидент;

- спеціальна обробка аварійно-рятувальної техніки (на межі);
- організація оперативного штабу з ліквідації інциденту та поста спостереження;
- розміщення резервних сил та засобів.

Дана схема дозволяє своєчасно та максимально зменшити рівень забруднення потерпілих. Забезпечує: своєчасний облік, маркування забрудненого одягу; облік потерпілих; безперебійну подачу миючих засобів; використання миючих засобів; медичне сортування; евакуацію потерпілих у медичні заклади.

Також схема організації ділянки деконтамінації дозволяє проводити деконтамінаційне

сортування. А саме розподілити потерпілих на тих, у яких наявні ознаки впливу небезпечних чинників забруднення, та тих, у яких вони відсутні. Забруднені потерпілі терміново розподіляються та направляються для проходження первинної деконтамінації. Потерпілі, в яких відсутні явні ознаки забруднення або його впливу, направляються до майданчика спостереження або лікувального закладу. Оперативне визначення потерпілих з наявністю симптомів та ознак дії небезпечних речовин є надзвичайно важливим у випадку виникнення подій із наявністю великої кількості потерпілих.

Висновки

Надані рекомендації та удосконалена схема процесу спеціальної обробки дозволяють максимально швидко зменшити рівень забруднення потерпілих, а також зменшити рівень забруднення на межі «теплої» та «холодної» зони та запобігти розповсюдженню забруднення за межі небезпечної зони. Запропонована процедура відбору проб дає можливість провести якісний відбір проб в стислі строки, що дозволяє

виявити наявність небезпечної речовини під час виникнення надзвичайної ситуації.

В роботі надані рекомендації щодо проведення процедури відбору проб, що дозволять своєчасно провести ліквідацію надзвичайної ситуації, пов'язаної з викидом хімічно-небезпечних речовин. Проведено удосконалення схеми первинної спеціальної обробки, що дозволить зменшити ризики надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Література

1. Шоботов В.М. Цивільна оборона: навчальний посібник. Київ, 2006. 51 с.
2. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Підручник/ За ред. полковника В.С. Франчука. – 2-ге вид., доп. Львів, Афіша, 2001. 182 с.
3. Bachmann U., Biederbick W., Derakshani N., Drobig M., Eishah Jens-Tarek, Koenig M., Maier R., Mentfewitz J., Niederwöhrmeier B., Prast H., Sebastian D., Uelpenich G., Vidmayer M., Wilbert S., Wolf M. Recommendationson Samplingfor Hazard Controlin Civil Protection; Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance– Germany, 2010. P. 11-19.
4. International Organization for Standardization, 2009. International Standard ISO 950: Cereals – Sampling (as grain).
5. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Guidelines on portion of commodities to which Codex maximum residue limits apply and which is analyzed (CAC/GL 41-2011).
6. Мазуркин П.М. Способ отбора проб воды с прибрежного водотока крупной реки. *Современные наукоемкие технологии*. 2013. № 8-1. С. 149-153.
7. Дорогова В.Б. Об отборе проб воздуха для анализа загрязняющих веществ. *Экология человека*. Вып. №3. 2010. С. 16-18.
8. Малинівська Л.І. Рекомендації щодо захисту людей в умовах техногенних та екологічних аварій. *Наукові праці. Серія: Техногенна безпека*. 2013. Т. 210. Вип. 198. С. 88-91
9. Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection, Safety Guide No. RS-G-1.8, IAEA – Vienna, 2005. P. 47-49.
10. Proposal for a Council Directive Laying Down Basic Safety Standards for Protection Against the Dangers Arising From Exposure to Ionizing Radiation (It was presented by the Commission (EC) under Article 31 EURATOM Treaty and adopted by the European Economic and Social Committee, Brussels, 29.9.2011)-COM(2012)242final (2012).
11. Biro L.L., Grama E.V. Combating and preventing illicit trafficking in Romania // Advances in destructive and non-destructive analyses for environmental monitoring and nuclear forensics. Proceedings of an International Conference Karlsruhe. 2002. P. 93-103.
12. Кіреєв О.О., Жернокльов К.В., Калугін В.Д., Тарасова Г.В., Сидоренко О.В. Небезпеки радіаційного, хімічного та біологічного походження: методичні вказівки. Х.: Нац. Ун-т цивільного захисту України. 2014. С. 81-85.
13. Про затвердження «Методики прогнозування наслідків впливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті» Наказ №73/82/64/122 від 27.03.2001 (зарєєстровано в Міністерстві юстиції України 10 квітня 2001 р. за №326/5517).
14. Грек А.М., Сакун О.В., Григор'єв О.М., Марушенко В.В., Іксарпиця В.В. Аварії на радіаційно, хімічно та біологічно небезпечних об'єктах : довідник. Х. : ФВП НТУ «ХПІ», 2012. 114 с.

15. Дядченко В.В., Галак О.В., Марущенко В.В. Посібник офіцера запасу військ радіаційного, хімічного, біологічного захисту Збройних Сил України. Кн. IV: Військово-технічна підготовка: навчальний посібник. Х. : ФВП НТУ «ХПІ», 2014. 17 с.
16. Чмут О.О., Баталов А.І., Мартинюк І.М. Засоби індивідуального та колективного захисту: методичний посібник. Х. : інститут танкових військ НТУ «ХПІ», 2005. 116 с.
17. Кушнеревич М.П., Марущенко В.В., Меньшов С.М. Теорія і техніка спеціальної обробки: навчальний посібник. Х. : ФВП НТУ «ХПІ», 2011. 278 с.
18. Артем'єв С.Р. Основи екологічного забезпечення військ: навчальний посібник. Х. : ФВП НТУ «ХПІ», 2004. 61 с.

References

1. Shobotov, V.M. (2006). *Sy`vil`na oborona [Civil Defense]*. Ky`yiv, 51 [in Ukraine].
2. Deputat, O.P., Kovalenko, I.V., Muzhyk, I.S. (2001). *Sy`vil`na oborona [Civil defense]*. Lviv, Poster, 182 [in Ukraine].
3. Bachmann, U., Biederbick, W., Derakshani, N., Drobig, M., Eisheh, Jens-Tarek, Koenig, M., Maier, R., Mentfewitz, J., Niederwöhrmeier, B., Prast, H., Sebastian, D., Uelpenich, G., Vidmayer, M., Wilbert, S., Wolf, M. (2010). *Recommendation on Sampling for Hazard Control in Civil Protection*. Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance – Germany, 11-19.
4. International Organization for Standardization. (2009). *International Standard ISO 950: Cereals – Sampling (as grain)*.
5. Joint FAO/WHO Food Standards Programme (2011). *Guidelines on portion of commodities to which Codex maximum residue limits apply and which is analyzed (CAC/GL 41-2011)*.
6. Mazurkin, P.M. (2013). *Sposob otbora prob vody s pribrezhnogo vodotoka krupnoj reki [Method of sampling water from the coastal watercourse of a large river]*. *Modern science-intensive technologies*, (8-1), 149-153 [in Russian].
7. Dorogova, V.B. (2010). *Ob otbore prob vozduha dlya analiza zagryaznyayushchih veshchestv. [On the sampling of air for the analysis of pollutants]*. *EHkologiya cheloveka – Ecology of a person*, (3), 16-18 [in Russian].
8. Maly`nivs`ka, L.I. (2013). *Rekomendaciyi shhodo zaxy`stu lyudej v umovax tehnogenny`x ta ekologichny`x avarij [Recommendations on protection of people in the conditions of technogenic and environmental accidents]*. *Scientific papers. Series: Technological safety*, 210(198), 88-91 [in Ukraine].
9. *Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection (2005)*. Safety Guide No. RS-G-1.8, IAEA – Vienna, 47-49.
10. *Proposal for a Council Directive Laying Down Basic Safety Standards for Protection Against the Dangers Arising From Exposure to Ionizing Radiation (It was presented by the Commission (EC) under Article 31 EURATOM Treaty and adopted by the European Economic and Social Committee, Brussels, 29.9.2011)-COM(2012)242final (2012)*.
11. Biro, L.L., Grama, E.V. (2002). *Combating and preventing illicit trafficking in Romania. Proceedings of an International Conference Karlsruhe. Advances in destructive and non-destructive analyses for environmental monitoring and nuclear forensics*, 93-103.
12. Kiryeyev, O.O., Zhernokl`ov, K.V., Kalugin, V.D., Tarasova, G.V., Sy`dorenko, O.V. (2014). *Nebezpeky` radiacijnogo, ximichnogo ta biologichnogo poxodzhennya [Dangers of radiation, chemical and biological origin]*. Kharkiv, 81-85 [in Ukraine].
13. *Pro zatverdzhennya «Metody`ky` prognozuvannya naslidkiv vply`vu (vy`ky`du) nebezpechny`x ximichny`x rechovy`n pry` avariyaх na promy`slovy`x ob'yektax i transporti» (2001). [On Approval of «Methodology of Forecasting the Consequences of the Impact (Emission) of Hazardous Chemicals in Accidents on Industrial Facilities and Transport»] (2001). Order # 73/82/64/122 of 27.03.2001 (registered with the Ministry of Justice of Ukraine on April 10, 2001, No. 326 / 5517) [in Ukraine].*
14. Grek, A.M., Sakun, O.V., Gry`gor'yev, O.M., Marushhenko, V.V., Iksarpy`cya, V.V. (2012). *Avariya na radiacijno, ximichno ta biologichno nebezpechny`x ob'yektax [Accidents on radiation, chemically and biologically dangerous objects]*. Kharkiv : FVP NTU «KhPI», 114 [in Ukraine].
15. Dyadchenko, V.V., Galak, O.V., Marushhenko, V.V. (2014). *Posibny`k oficera zapasu vijs`k radiacijnogo, ximichnogo, biologichnogo zaxy`stu Zbrojny`x Sy`l Ukrayiny`. Kn. IV: Vijs`kovo-texnichna pidgotovka [The manual of the reserve officer for radiation, chemical and biological protection of the Armed Forces of Ukraine. Kn. IV: Military-technical training]*. Kharkiv: FVP NTU «KhPI», 17 [in Ukraine].
16. Chmut, O.O., Batalov, A.I., Marty`nyuk, I.M. (2005). *Zasoby` indy`vidual`nogo ta kolekty`vnogo zaxy`stu [Means of individual and collective defense]*. Kharkiv : Institute of tank armies of NTU «KhPI», 116 [in Ukraine].
17. Kushnerovy`ch, M.P., Marushhenko, V.V., Men`shov, S.M. (2011). *Teoriya i tehnika special`noyi obrobky [Theory and technique of special treatment]*. Kharkiv: FVP NTU «KhPI», 278 [in Ukraine].
18. Artem'yev, S.R. (2004). *Osnovy` ekologichnogo zabezpechennya vijs`k [Fundamentals of environmental support troops]*. Kharkiv: FVP NTU «KhPI», 61 [in Ukraine].

Надійшла до редколегії 12.10.2018

МЕДИКО-ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 316.728.1

О. І. ЦИГАНЕНКО¹, д-р мед. наук, проф., **І. М. ХОМЕНКО²**, д-р мед. наук, доц.,
Я. В. ПЕРШЕГУБА², канд. мед. наук, **Н. А. СКЛЯРОВА¹**,
Л. М. АВРАМЕНКО², канд. мед. наук, доц.

¹ *Національний університет фізичного виховання і спорту України,*
вул. Фізкультури, 1, 03150, м. Київ, Україна
e-mail: Sportmedkafedra@gmail.com

² *Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупіка,*
вул. Дорогожицька, 9, 04112, м. Київ, Україна
e-mail: k_ph@nmapo.edu.ua

ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЧНЕ ЗДОРОВ'Я СПОРТСМЕНІВ ХОЛОДНОГО АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

За результатами досліджень визначені основні шляхи вирішення проблеми негативного впливу холодного атмосферного повітря на екологічне здоров'я спортсменів: нормування порядку проведення спортивної діяльності спортсменів в залежності від ступеню низької температури, проведення діагностики наявності у спортсменів гіперчутливості дихальних шляхів до холодного атмосферного повітря, визначення ступеню напруженості процесів терморегуляції організму. Зроблені висновки згідно з якими профілактика негативного впливу екстремальних умов холодного атмосферного повітря на екологічне здоров'я спортсменів повинна носити системний, комплексний характер. Система профілактичних заходів повинна включати проведення ранньої діагностики розвитку гіперчутливості дихальних шляхів спортсменів до впливу холодного повітря, а також оцінку ступеня напруги системи терморегуляції організму до дії холоду. До системи профілактики негативної дії холодного довкілля на організм спортсменів, які займаються зимовими видами спорту на відкритому просторі необхідно включати регламентацію (нормування) температурного режиму холодного атмосферного повітря при визначенні можливості проведення спортивних заходів. У разі необхідності (наявність гіперчутливості дихальних шляхів до дії холодного атмосферного повітря) доцільно використання спеціальних засобів захисту дихальних шляхів спортсменів від негативного впливу холодного атмосферного повітря.

Ключові слова: екологічне здоров'я, холодне атмосферне повітря, спортсмени

Tsyganenko¹ O. I., Khomenko² I. M., Pershehuba² Ya. V., Sklyarova¹ N. A., Avramenko² L. M.

¹ *National University of Physical Education and Sports of Ukraine*

² *Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education*

THE INFLUENCE OF COLD ATMOSPHERIC AIR ON THE ENVIRONMENTAL HEALTH OF SPORTSMAN

On the basis of a systematic analysis of the scientific literature, it was found that the increased sensitivity of a modern human being to the negative effects of the cold natural environment is due to its passage from the shrouds of East Africa with characteristic high ambient temperatures, primarily atmospheric air. At the same time, in comparative terms, the extinct Neanderthal, with his Eurasian apprehension in the conditions of glacial periods, was on the contrary sufficiently well adapted to the cold environment. The subsequent adaptation of a modern human type at the genetic level with the formation of the main races (Caucasoid, Negroid, Mongoloid) could not sufficiently compensate for its insufficient resistance to the cold environment. According to the results of the research, the main ways of solving the problem of the negative influence of the cold natural environment on the ecological health of athletes were determined: the rationing of the order of sporting activities of athletes depending on the degree of low-temperature environment, diagnosing the athletes' hypersensitivity of the respiratory tract to cold atmospheric air, degree of tension of the processes of thermoregulation of the body. The conclusions are drawn according to which the prevention of the negative impact of extreme conditions of the cold environment (primarily cold atmospheric air) on the ecological health of athletes should be systemic, integrated. The system of preventive measures should include an early diagnosis of the development of airway hyperresponsiveness of athletes to the effects of cold atmospheric air, as well as an assessment of the degree of tension of the body's thermoregulatory system to the effect of cold. In the system of preventing the negative impact of the cold environment on the body of athletes engaged in winter sports in the open space, it is necessary to include regulation (normalization) of the temperature regime of

cold atmospheric air when determining the possibility of holding sporting events. If necessary (the presence of hypersensitivity of the airways to the action of cold atmospheric air), it is advisable to use special means of protecting the respiratory tract of athletes from the negative influence of cold atmospheric air.

Keywords: ecological health, cold atmospheric air, sportsmen

Цыганенко¹ О. И., Хоменко² И. М., Першегуба² Я. В., Склярова¹ Н. А., Авраменко² Л. Н.

¹Национальный университет физического воспитания и спорта Украины

²Национальная медицинская академия последипломного образования им. П. Л. Шупика

ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ СПОРТСМЕНОВ ХОЛОДНОГО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

По результатам исследований определены основные пути решения проблемы негативного влияния холодной природной окружающей среды на экологическое здоровье спортсменов: проведение нормирования порядка проведения спортивной деятельности спортсменов в зависимости от степени низкотемпературного состояния окружающей среды, проведение диагностики наличия у спортсменов гиперчувствительности дыхательных путей к холодному атмосферному воздуху, определение степени напряженности процессов терморегуляции организма. Сделаны выводы согласно которым профилактика негативного воздействия экстремальных условий холодной окружающей среды (прежде всего холодного атмосферного воздуха) на экологическое здоровье спортсменов должна носить системный, комплексный характер. Система профилактических мер должна включать проведение ранней диагностики развития гиперчувствительности дыхательных путей спортсменов к воздействию холодного атмосферного воздуха, а также оценку степени напряженности системы терморегуляции организма к действию холода. В систему профилактики негативного воздействия холодной окружающей среды на организм спортсменов, занимающихся зимними видами спорта на открытом пространстве необходимо включать регламентацию (нормирование) температурного режима холодного атмосферного воздуха при определении возможности проведения спортивных мероприятий. В случае необходимости (наличие гиперчувствительности дыхательных путей к действию холодного атмосферного воздуха) целесообразно использование специальных средств защиты дыхательных путей спортсменов от негативного влияния холодного атмосферного воздуха.

Ключевые слова: экологическое здоровье, холодный атмосферный воздух, спортсмены

Вступ

Під терміном (поняттям) «екологічне здоров'я» розуміють стан організму людини без наявності екологічно обумовлених небезпечною дією екологічних, в тому числі і природних чинників довкілля, патологічних станів та захворювань (загальне переохолодження організму, гірська та кесонна хвороба тощо). Екологічне здоров'я та його стан розглядають за результатами оцінки ступеня небезпечності дії екологічних чинників довкілля на стан здоров'я людини, в тому числі і спортсменів як на груповому, популяційному, громадському (рівень суспільства – громадське екологічне здоров'я) так і на індивідуальному рівнях [1, 2, 6, 7, 11, 12].

Оцінка проводиться з використанням різних методів дослідження та обстеження, в тому числі і з проведенням діагностики стану здоров'я згідно положень екологічної медицини [3, 5, 13].

При такій оцінці значну увагу приділяють екстремальним екологічним умовам довкілля: холодному атмосферному повітрю, низькому парціальному тиску кисню (умови високогір'я) тощо, як можливих причин погіршення стану екологічного здоров'я людини, в тому числі і спортсменів [1, 5, 13, 14].

При цьому з метою аналізу рівня небезпечності стану довкілля значна увага приділяється оцінці стану екологічного здоров'я на популяційному (груповому) та громадському рівнях і у першу чергу стосовно критичних до негативної дії екологічних чинників оточуючого середовища груп населення (діти, особи похилого віку тощо), до яких можна віднести і спортсменів, які систематично займаються спортивною діяльністю зі значними фізичними навантаженнями на відкритому просторі за екстремальних екологічних умов холодного довкілля (зимові види спорту) [1, 2, 6, 7, 13-15].

Згідно сучасної світової практики громадське екологічне здоров'я входить як складова до системи громадського здоров'я. В цьому плані в Україні з 2017 року проводяться заходи з формування системи громадського здоров'я. Створена та вже працює громадська організація ГО «Екологічне здоров'я людини» (м. Одеса), проводяться наукові дослідження в цьому напрямку [2, 11, 14].

Для практичного втілення положень системи громадського здоров'я в Україні було видано Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку системи

громадського здоров'я». До положень цієї системи входять і питання громадського екологічного здоров'я (а також і індивідуального та групового екологічного здоров'я) та впливу на нього екологічних чинників довкілля, як природних так і антропогенних [2, 11].

Актуальність проблеми. Згідно проведеного аналізу наукової, науково-методичної літератури та інших джерел інформації було з'ясовано, що суттєвим екологічним чинником довкілля який може суттєво впливати на стан екологічного здоров'я людини, насамперед критичних до його негативної дії груп населення до яких можна віднести і спортсменів, є холодне атмосферне повітря, яке може призвести до виникнення екологічно обумовлених патологічних станів так і захворювань (загальне переохолодження

організму, бронхіти, риніти, гіперчутливість дихальних шляхів до дії холодного атмосферного повітря тощо) [9, 14, 15].

Все це робить актуальним розробку системи профілактики негативної дії холодного довкілля (насамперед холодного атмосферного повітря) на стан екологічного здоров'я людини, в тому числі і спортсменів, які систематично займаються спортивною діяльністю за умов відкритого холодного довкілля.

Мета дослідження – на основі теоретичного аналізу літератури та інших джерел інформації визначити шляхи вирішення проблеми профілактики негативного впливу холодного повітря на екологічне здоров'я спортсменів.

Результати досліджень та їх обговорення

Використовувалися методи теоретичного аналізу наукової літератури: узагальнення, синтез, формалізація, абстрагування [4]. Тест-анкетний метод та метод холодової проби [3].

Проведений аналіз наукової, науково-методичної літератури та інших джерел інформації показав, що достатньо висока чутливість людини сучасного типу до негативної дії низьких температур довкілля може бути обумовлена її еволюційним походженням. Було встановлено, що людина сучасного типу як соціально-біологічний вид, на відміну від вимерлого неандертальця з його північним, Євразійським походженням (за умов холодного температурного режиму довкілля – три останні льодовикові періоди у Євразії), була з самого початку екологічно пристосована до проживання за умов жаркого сухого клімату довкілля саван Східної Африки [8, 10, 14].

Це знайшло своє відображення і в адаптаційних можливостях загальної терморегуляції організму людини сучасного типу. Так, якщо антропометричні параметри людини сучасного типу (що істотно впливає на терморегуляцію організму) за масо – ростовим індексом Тура складають від 400 до 500 г / см, то у неандертальця цей показник за деякими розрахунками досягав 700 г / см. При цьому, за даними наукових досліджень середній зріст неандертальця чоловічої статі становив 165 см, а людини (кроманьйонця – прямого прашура людини сучасного типу) – 185 см при приблизно

однаковій (згідно деяких теоретичних досліджень) середній масі тіла [8, 10, 14].

Вказане додатково поєднувалося у неандертальця з подібною до дїжки формою грудної клітини (для зменшення тепловіддачі довкіллю) і значними за шириною та площею носовими ходами (це теоретично надавало можливість до значного посилення можливостей носового (назального) дихання) і гайморовими пазухами (останнє як «системи нагрівання» холодного атмосферного повітря). Крім того все це підсилювало можливості носового дихання майже до рівня ротового за показником кількості атмосферного повітря яке вдихається за одиницю часу. Все це в сумі теоретично повинно було істотно підвищувати стійкість організму неандертальця (в тому числі і в порівнянні з організмом людини сучасного типу), до умов низьких температур атмосферного повітря Євразії епохи льодовикового періоду, знижувати ризик розвитку загального переохолодження його організму і пошкодження слизових дихальних шляхів [8, 10, 14].

Таким чином, реальні можливості адаптації людини сучасного типу до вдихання холодного атмосферного повітря та стійкості до негативної дії холодного довкілля стали його своєрідною «ахіллесовою п'ятою».

Хоча при цьому необхідно відмітити, що в плані генетичної адаптації стосовно процесів терморегуляції організму на рівні рас, що у представників європеїдної раси (формувався в основному за достатньо про-

холодних у порівнянні з Африкою кліматичних умов Європи) у порівнянні з представниками негроїдної раси у півтора рази зменшилася спроможність до потовиділення, зменшилися площа слизових ротової порожнини та товщина губ, але дещо збільшився масо – ростовий індекс Тура (тобто зміна індексу Тура йшла в тому ж напрямку як це відбувалося у свій час в неандертальця). Все це дещо зменшує тепловіддачу організму у представників європеїдної раси до холодного оточуючого середовища у порівнянні з представниками негроїдної раси і як наслідок зменшує ризик загального переохолодження організму. Крім того, за деякими даними у європейців, які проживають у помірному кліматі дещо більший (на 5 - 10%) основний обмін у порівнянні з корінними жителями тропічних широт, що сприяє і дещо більшому виробітку теплової енергії для забезпечення необхідного теплового балансу організму за умов холодного атмосферного повітря. У європеїдної раси збільшилася дещо і довжина носу у порівнянні з негроїдною расою, що дозволяє дещо краще обігрівати холодне атмосферне повітря при диханні [8, 10, 14].

Що ж стосується монголоїдної раси, то вона формувалася зовсім за інших умов у порівнянні з європеїдною. Монголоїдна раса формувалася насамперед за умов суворого клімату степів та пустель Центральної Азії зі значними перепадами температур, пиловими бурями, високими рівнями інсоляції тощо. Саме тому для захисту від пилу та дії інсоляції, значного перепаду температур (в тому числі і мінусових) представники монголоїдної раси мають вузьку очну щілину, достатньо високий масо - ростовий індекс Тура тощо [10].

Але формування основних рас не вирішує в достатній мірі стійкість організму людини сучасного типу до дії холоду (навіть з урахуванням генетичної адаптації на популяційному рівні) як стосовно вдихання холодного атмосферного повітря так і загальної терморегуляції за умов холодного довкілля.

Що стосується таких критичних груп населення до дії низьких температур як спортсмени, які систематично займаються спортивною діяльністю на відкритому просторі за умов низьких температур (це насамперед стосується зимових видів спорту), то необхідно відмітити, що як показує практика достатньо ефективним підходом є

екологічне нормування (регламентація) спортивними федераціями порогових величин температурного режиму атмосферного повітря, при яких дозволяється на рекомендаційному рівні проведення відповідних спортивних змагань. При такому підході до нормування, безпосередньо регламентується не сама величина екологічного чинника (і відповідно ступень його дії на організм спортсмена), а порядок проведення тренувально-змагального процесу у відповідності з температурним станом довкілля [14].

Так, Міжнародною федерацією лижного спорту (FIS) для збереження екологічного здоров'я спортсменів запропоновані правила рекомендаційного характеру до визначення меж мінусових температур атмосферного повітря, при яких рекомендується проведення спортивних змагань. Прогноз температурного режиму атмосферного повітря нижче мінус 20 °C може бути підставою до переносу на інший термін або взагалі відміни лижних гонок. Подібне обмеження стосовно мінусового режиму температур діє і в біатлоні. При температурі повітря нижче мінус 15 °C необхідно враховувати і охолоджуючий ефект вітру (швидкість руху атмосферного повітря). При цьому медичними консультантами FIS додатково було рекомендовано встановити регламент (правило) рекомендаційного характеру з нижньою межею температурного режиму у мінус 16 °C при проведенні лижних гонок на 30 км і більше, мінус 18 °C – для більш коротких дистанцій і мінус 20 °C – для проведення змагань у лижному спринті. При цьому рекомендується, що потрібно враховувати і також охолоджуючий ефект руху атмосферного повітря особливо при його швидкості більше ніж 5 м / с [14].

Однак такий підхід не дає можливості визначити індивідуальні особливості реакції організму людини на холодний чинник і насамперед ступінь напруженості процесів терморегуляції організму, що необхідно для визначення рівня індивідуального екологічного здоров'я, в тому числі і спортсменів. Для вирішення цього питання пропонується використати для експрес аналізу холодову пробу.

У плані термінології холодова проба це загальна назва методів досліджень, заснованих на швидкому значному охолодженні будь-якої частини тіла або ділянки його поверхні. Методи холодової проби досить широко використовуються в медич-

ній практиці для діагностики стенокардії, в неврології тощо. Вони використовуються і при вирішенні показань або протипоказань до проведення процедур загартовування організму людини, в тому числі і спортсменів шляхом впливу низьких температур навколишнього середовища. Проба дозволяє безпосередньо оцінити такий важливий механізм терморегуляції як мікроциркуляція крові в шкірних покривах людини [3].

Холодова проба в експрес варіанті її проведення, призначеному для швидкої (експресної) оцінки напруженості процесів терморегуляції організму людини до впливу холоду, проводиться шляхом занурення верхньої кінцівки обстежуваного на 1 хвилину в холодну воду [3].

В цей час на іншій кінцівці вимірюють систолічний артеріальний тиск. Перший вимір проводять відразу після занурення кінцівки в воду і повторно через 30 с, 1, 2, 3 хвилини до повернення до вихідної величини. У нормі систолічний тиск швидко підвищується в межах 10 - 20 мм. рт. ст.

При відсутності нормального, адекватного навантаження холодом організм реагує на холодний фактор через систолічний артеріальний тиск який взагалі не підвищується, або підвищується більш ніж на 25 мм. рт. ст.

Визначальним фактором врахування ступеня реактивності організму на холод в цій пробі (тест) є оцінка достатності функціонування симпатичної іннервації шкірних покривів від чого в першу чергу і залежить процес мікро циркуляції крові в них, в тому числі і при впливі низьких температур навколишнього середовища. Важливим моментом є та обставина, що холодова проба має досить чіткі межі для визначення норми. Саме з цього приводу холодову пробу є сенс пропонувати для еколого - гігієнічної експрес оцінки напруженості процесів терморегуляції організму людини, в тому числі і спортсменів.

Проведене нами дослідження у зимовий період у 50 спортсменів вікової групи 18 – 25 років чоловічої та жіночої статі, які займаються лижним спортом з використанням холодової проби показало наявність у двох спортсменів (один спортсмен чоловічої статі, один спортсмен жіночої статі) напруженості механізмів терморегуляції до дії холоду.

Прийнято вважати, що несприятливий вплив холодного атмосферного повітря

може призводити до розвитку запального процесу в органах дихальної системи людини, в тому числі і спортсменів з подальшим формуванням гіперчутливості дихальних шляхів [9, 14].

При розвитку гіперчутливості дихальних шляхів може спостерігатися дисфункція нижніх дихальних шляхів: бронхіальна астма фізичної напруги (exerciseinduced asthma), бронхоспазм, який викликаний фізичним навантаженням (exerciseinduced bronchoconstriction), набряк легенів, а також і дисфункція верхніх дихальних шляхів: риніт, гайморит, фронтит, набряк гортані тощо. Все це вимагає застосування спеціальних профілактичних заходів для попередження розвитку зазначених захворювань, які виникають як наслідок порушення стану екологічного здоров'я людини, в тому числі і спортсменів [9, 14].

Важливою складовою системи попередження (профілактики) негативної дії холодного атмосферного повітря на дихальні шляхи людини сучасного типу, в тому числі і спортсменів повинна стати діагностика розвитку їх гіперчутливості. Для цього методологічно пропонується використовувати як спеціальні тести (методики) так і спеціальні, з урахуванням контингенту обстежуваних осіб, скринінг - анкети.

В цьому плані нами запропонована для застосування на практиці скринінг-анкета виявлення можливого розвитку у спортсменів гіперчутливості дихальних шляхів. Отримані анкетні дані можуть бути уточнені з використанням методу ізокапнічної проби холодним повітрям (ІПХП) та інших методів (у разі необхідності) [9,14].

Скринінг – анкета містить такі питання (при наявності підкреслити) [14]:

1. Відмічаєте Ви в зимовий час при виході з теплого приміщення на вулицю або навпаки: а) напад задухи; б) утруднення дихання; в) задишку; г) кашель; біль в області грудної клітини; д) головний біль; ж) сльозотечу.

2. При якій температурі атмосферного повітря за Цельсієм найчастіше з'являються зазначені симптоми (____)?

3. На холоді Вам легше дихати носом або ротом? Якщо легше дихати на холоді ротом, то вказати протягом скількох років це спостерігається (____).

4. При диханні носом на холоді з'являються: а) закладення носа; б) слизові виділення; в) чхання.

5. Поява реакції з боку дихальних шляхів при зміні погоди: а) при посиленні вітру; б) при збільшенні вологості атмосферного повітря (дощ, сніг, туман, паморозь).

6. Виникнення реакції з боку дихальних шляхів при контакті: а) купання в холодній воді; б) вмивання холодною водою; в) при роботі поруч з кондиціонером.

7. Реакція відкритих ділянок тіла після занять зимовими видами спорту на холодному повітрі: а) різке почервоніння; б) набряк, відчуття розпирання; в) свербіж, печіння шкірних покривів; г) шкірні висипання; д) поколювання, біль, оніміння дистальних відділ пальців (верхніх, нижніх кінцівок).

8. Наявність хронічних захворювань верхніх дихальних шляхів: бронхіт, бронхіальна астма, інших;

9. Наявність хронічних захворювань нижніх дихальних шляхів: риніт, гайморит, фронтит, інших.

При наявності позитивних відповідей на три основні питання першого пункту анкети (а, б, г) вже можна припускати наявність гіперчутливості дихальних шляхів.

Нами було проведено дослідження стосовно доцільності використання на практиці тест – анкети для виявлення можливої наявності гіперчутливості дихальних шляхів до дії холодного атмосферного повітря у спортсменів. Дослідження виконувалось у зимовий період року у 50 спортсменів вікової групи 18 – 25 років чоловічої та жіночої статі, які займаються лижним спортом. За результатами досліджень у двох спортсменів (один спортсмен чоловічої статі і один спортсмен жіночої статі) були виявлені прояви можливої наявності гіперчутливості дихальних шляхів, які проявлялися у виникненні утруднення дихання та задухи при виході з теплого приміщення на вулицю. Цим спортсменам було рекомендовано пройти спеціальне поглиблене обстеження в спортивному диспансері в тому числі і з використанням методики виявлення гіперчутливості дихальних шляхів на основі виявлення їх реакції на гіпервентиляцію холодним повітрям.

Методика виявлення гіперчутливості дихальних шляхів побудована на основі виявлення їх реакції на гіпервентиляцію холодним повітрям. В основі методу лежить рефлекторне скорочення гладкої мускулатури дихальних шляхів під впливом роздратування холодом рецепторів гортані.

При цьому для посилення охолоджуючого ефекту холодного повітря дихання під час проведення проби здійснюється у форсованому режимі [9].

Гіпервентиляція проводиться протягом 3 хвилин охолодженої до мінус 20 градусів Цельсія повітряною сумішшю, що містить 5 % вуглекислого газу. Ця проба особливо ефективна для раннього, до клінічного виявлення гіперчутливості дихальних шляхів до холоду, що особливо важливо в практиці спорту, збереження здоров'я, в тому числі і спортсменів [9].

У природному навколишньому середовищі (відкритий повітряний простір) підвищення вологості вдихуваного повітря можна досягти двома основними шляхами: перше - природним шляхом при підвищенні вологості атмосферного повітря, друге - застосуванням спеціальних тепло-вологообмінних пристроїв (спеціальні маски і мундштуки).

Навіть невелике підвищення вологості атмосферного повітря вже здатне знизити ступінь пошкодження слизових дихальних шляхів. Однак при цьому необхідно враховувати, що внесок назального (носового) дихання, підвищує вологість вдихуваного повітря, але при значних фізичних навантаженнях він є невеликий. Це пояснюється тією обставиною, що перехід з назального (носового) дихання на орально - назальний відбувається вже при рівні вентиляції, що перевищує 35 л / хв Тому вважається, що єдино ефективним засобом є застосування засобів захисту дихальних шляхів, в тому числі і з використання спеціальних пристроїв для підігріву атмосферного повітря.

Необхідно враховувати, що ефект пошкодження на організм людини, в тому числі патогенний ефект холодного повітря на слизові дихальних шляхів людини і відповідно спортсменів може посилюватися за рахунок забруднення атмосферного повітря токсичними речовинами і пилом, алергенами (перш за все пилку рослин), приєднанням до процесу пошкодження слизових респіраторних інфекцій (вірусних і бактеріальних) [9, 14].

Алергенний ефект атмосферного повітря особливо небезпечний щодо збільшення ризику розвитку бронхіальної астми, алергічних бронхітів. У цьому плані рекомендується використання спеціальних назальних фільтрів. В цілому ж рекомендується проводити спортивні змагання на екологіч-

но безпечних за показниками забрудненості атмосферного повітря територіях [9, 14].

Таким чином, на практиці повинна використовуватися комплексна система заходів для профілактики розвитку гіперчутливості дихальних шляхів у спортсменів, що виникає внаслідок негативного впливу холодного атмосферного повітря. Система профілактики повинна включати такі основні складові:

- проведення ранньої діагностики розвитку гіперчутливості дихальної системи у спортсменів до впливу холодного повітря з використанням як анкетно - опитувального

методу так і в разі потреби методу ізокапнічної гіпервентиляції холодним повітрям;

- регламентація (нормування) температурного режиму холодного атмосферного повітря при визначенні можливості проведення спортивних заходів на відкритому просторі;

- перед початком змагально-тренувального процесу застосовувати спеціальні розігрівуючі вправи;

- використання спеціальних засобів захисту дихальних шляхів спортсменів від негативної дії холодного атмосферного повітря.

Висновки

Профілактика негативного впливу екстремальних умов холодного атмосферного повітря на екологічне здоров'я спортсменів повинна носити системний, комплексний характер.

Система профілактичних заходів повинна включати проведення ранньої діагностики розвитку гіперчутливості дихальних шляхів спортсменів до впливу холодного повітря, а також оцінку ступеня напруги системи терморегуляції організму до дії холоду.

До системи профілактики негативної дії холодного довкілля на організм спорт-

сменів, які займаються зимовими видами спорту на відкритому просторі необхідно включати регламентацію (нормування) температурного режиму холодного атмосферного повітря при визначенні можливості проведення спортивних заходів.

У разі необхідності (наявність гіперчутливості дихальних шляхів до дії холодного атмосферного повітря) доцільне використання спеціальних засобів захисту дихальних шляхів спортсменів від негативного впливу холодного атмосферного повітря.

Література

1. Чу К., Сімпсон Р. Екологічне громадське здоров'я: від теорії до практики. За ред. К. Чу. - Кам'янець – Подільський: Абетка, 2002. 290 с.
2. Інструмент самооцінки виконання основних оперативних функцій охорони громадського здоров'я в Європейському регіоні ВООЗ. Європейське регіональне бюро ВООЗ. Київ: Бланк-Прес, 2014. 120 с.
3. Камышников В.С. Методы клинических лабораторных исследований. М.: МедПрессИнформ, 2015. 736 с.
4. Кліменко М.О., Петрук В.Г., Мокін М.Б., Вознюк Н.М. Методологія та організація наукових досліджень (екологія): підручн. Херсон: Олді плюс, 2012. 474 с.
5. Котко Д.М., Шматова О.О., Циганенко О.І., Гончарук Н.Л. Екологічна медицина як перспективний напрямок розвитку сучасної спортивної медицини. *Науковий часопис Нац. пед. ун-ту ім. М.П. Драгоманова (серія «Фізична культура і спорт»)*. 2016. Вип. 6(76)16. С.68 – 72.
6. Кучірко О.Я. Екологічне громадське здоров'я. (Національна академія державного управління при Президентові України) URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/12217/1/Kuchirko.pdf>
7. Безпалько О.В. Основи громадського здоров'я: теорія і практика: навч.- метод. посібник. За заг. ред. О.В. Безпалько. Ужгород: ВАТ Патент, 2008. 322 с.
8. Пэабо С. Неандерталец. В поисках исчезнувших геномов; пер. з англ. М.: АСТ, Corpus, 2016. 416 с.
9. Приходько А.Г., Перельман Ю.М., Колосов В.Н. Гиперреактивность дыхательных путей: монографія/ Владивосток: Дальнаука, 2011. 204 с.
10. Робертс Э. Происхождение человека. Эволюция. пер. з англ. М.: Изд. группа «АСТ», 2014. 256 с.
11. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. №560-р. «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку системи громадського здоров'я» URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/560-2017-p>
12. Слабкий Г.О., Миронюк В.І., Качала Л.О., Ратаніна О.М. Основні терміни, які вживаються у сфері громадського здоров'я. *Україна. Здоров'я нації*. 2017. №3(44). С.235 - 244.
13. Толстая Е.В. Экологически обусловленная патология: метод. пособ. по экологической медицине Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2005. 368 с.

14. Цыганенко О.И., Першегуба Я.В., Склярва Н.А., Оксамытная Л.Ф. Эколого - гигиеническая проблема развития гиперчувствительности дыхательных путей спортсменов к воздействию холодного атмосферного воздуха. *Спортивна медицина і фізична реабілітація*. 2017. №2. С.21 - 26.
15. Kippelen P., Fitch K.D., Anderson S.D., Bogault V. et al. Respiratory Health of Elite Athletes Preventing Airway Injury: a Critical Review. *Br. J. Sports Med.* 2012. V.46 P.471 - 476.

References

1. Chu, K., Simpson, R. (2002). Ekolohichne hromadske zdorovia: vid teoryi do praktyky [Ecological public health: from theory to practice]. Kamianets – Podilskyy: Abetka, 290 [In Ukrainian].
2. Instrument samootsinky vykonannya osnovnykh operatyvnykh funktsii okhorony hromadskoho zdorovia v Yevropeiskomu rehioni VOOZ. Yevropeiske rehionalne biuro VOOZ. (2014). [Self-assessment tool for performing the main operational functions of public health in the WHO European Region. WHO Regional Office for Europe]. Kyiv: Blank-Pres, 120 [In Ukrainian].
3. Kamyishnikov, V.S. (2015). Metodyi klinicheskikh laboratornykh issledovaniy. Moskow: MedPressInform, 736 [In Russian].
4. Klimentenko, M.O., Petruk, V.H., Mokin, M.B., Vozniuk, N.M. (2012). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen (ekolohiia) [Methodology and organization of scientific research (ecology)]. Kherson: Oldi plus, 474 [In Ukrainian].
5. Kotko, D.M., Shmatova, O.O., Tsyhanenko, O.I., Honcharuk, N.L. (2016). Ekolohichna medytsyna yak perspektyvnyi napriamok rozvytku suchasnoi sportyvnoi [Ecological medicine as a promising direction for the development of modern sports medicine]. *Naukovyi chasopys Nats. ped. un-tu im. M.P. Drahomanova seriia «Fizychna kultura i sport»*. 6(76)16, 68 – 72 [In Ukrainian].
6. Kuchirko, O.Ia. Ekolohichne hromadske zdorovia [Environmental Public Health]. Natsionalna akademiia derzhavnoho upravlinnia pry Prezydentovi Ukrainy. Available at: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/12217/1/Kuchirko.pdf> [In Ukrainian].
7. Bezpalko, O.V. (2008). Osnovy hromadskoho zdorovia: teoriia i praktyka [Fundamentals of Public Health: Theory and Practice]. Uzhhorod: VAT Patent, 322 [In Ukrainian].
8. Peabo, S. (2016). Neandertalets. V poiskah ischeznuvshih genomov [Neanderthal. In search of missing genomes]. M.: AST, Corpus, 416. [In Russian].
9. Prihodko, A.G., Perelman, Yu.M., Kolosov, V.N. (2011). Giperreaktivnost dyihatelnykh putey [Respiratory hyperreactivity]. Vladivostok: Dalnauka, 204 [In Russian].
10. Roberts, E. (2014). Proishozhdenie cheloveka. Evolyutsiya [The Origin of Man. Evolution.]. per. z angl. – M.: Izd. gruppy «AST», 256 [In Russian].
11. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18 serpnia 2017 r. №560-r. «Pro zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo realizatsii Kontseptsii rozvytku systemy hromadskoho zdorovia» (2017). [Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 18, 2017 No. 560-p. «On Approval of the Plan of Measures to Implement the Concept of Development of the Public Health System»]. Available at: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/560-2017-r> [In Ukrainian].
12. Slabkyi, H.O., Myroniuk, V.I., Kachala, L.O., Ratanina, O.M. (2017). Osnovni termyny, yaki vzhyvaiutsia u sferi hromadskoho zdorovia [Basic terms used in public health]. *Ukraina. Zdorovia natsii*. (3(44)), 235 – 244 [In Ukrainian].
13. Tolstaya, E.V. (2005). Ekologicheskii obuslovlennaya patologiya [Ecologically conditioned pathology]. Minsk: MGEU im. A.D. Saharova, 368 [In Russian].
14. Tsyiganenko, O.I., Persheguba, Ya.V., Sklyarova, N.A., Oksamyitnaya, L.F. (2017). Ekologo - higienicheskaya problema razvitiya giperchuvstvitelnosti dyihatelnykh putey sportsmenov k vozdeystviyu holodnogo atmosferного vozduha [Ecological - hygienic problem of the development of hypersensitivity of the respiratory tract of athletes to the effects of cold atmospheric air]. *Sportivna meditsina i flzichna reabilltatsiia*. (2), 21 - 26 [In Russian].
15. Kippelen, P., Fitch, K.D., Anderson, S.D., Bogault, V. et al. (2012). Respiratory Health of Elite Athletes Preventing Airway Injury: a Critical Review. *Br. J. Sports Med.*, 46, 471 – 476 [In English].

Надійшла до редколегії 22.06.2018

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. Усі рисунки підписувати як **Рис. 1** – Назва рисунку (розмір 10). Таблиці також оформляти 10 розміром. Слово **Таблиця 1** (жирним, праворуч), на наступному рядку назва таблиці – жирним, по центру, розмір 10.

Орієнтація сторінок – книжкова. Вирівнювання – по ширині. Абзац – 1,0 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 (розмір 10, курсив) та її адреса, e-mail та ORCID (розмір 9, по центру). **Назва статті** (жирними прописними, по центру, 11 розмір)

Далі подати анотацію (не менше 1800 знаків) та ключові слова (5-8) мовою статті: розмір 10, інтервал 1,0. Для експериментальних статей подати структуроване резюме, де має бути вказані слова: **Мета. Методи. Результати. Висновки.**

Через інтервал також подати прізвище, організацію, назву статті, розширену анотацію та ключові слова англійською й російською (кожна не менше 1800 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, переклад назви англійською у прямокутних дужках). Посилання на літературу у тексті подаються у прямокутних дужках з вказуванням номера за порядком посилання.

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://ludovk.univer.kharkov.ua/> <http://periodicals.karazin.ua/humanenviron/about>

Наукове видання

ЛЮДИНА ТА ДОВКІЛЛЯ. ПРОБЛЕМИ НЕОЕКОЛОГІЇ

Випуск 30

Українською, російською та англійською мовами

Макетування та комп'ютерне верстання
Баскакова Л. В.

Макет обкладинки
Дончик І. М.

Підписано до друку 28.11.18
Формат 60x84/8
Ум. друк. арк. 18,2. Обл.-вид. арк. 21,1.
Наклад 50 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