

ISSN: 2306-9716 (Print)
ISSN: 2664-6110 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

4(31)



Видавничий дім
«Гельветика»
2020

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. : ДЕА, 2020. – № 4(31). – 244 с.

Головний редактор: Бондар О.І., доктор біологічних наук

Заступник головного редактора: Нагорнева Н. А.

Науковий редактор: Машков О.А., доктор технічних наук

Відповідальний редактор: Сікачина В. Г.

Редакційна колегія:

Азаров С.І., доктор технічних наук
Гандзюра В.П., доктор біологічних наук
Єрмаков В.М., доктор технічних наук
Захматов В.Д., доктор технічних наук
Івашенко Т.Г., кандидат технічних наук
Коніщук В.В., доктор біологічних наук
Лукаш О.В., доктор біологічних наук,
Машков В.А., доктор технічних наук
Михайленко Л.Є., доктор біологічних наук
Нецветов М.В., доктор біологічних наук
Ольшевський С.В., доктор технічних наук
Риженко Н.О., доктор біологічних наук
Рудько Г.І., доктор геолого-мінералогічних наук,
доктор географічних наук, доктор технічних наук
Улицький О.А., доктор геологічних наук,
Фінін Г.С., доктор фізико-математичних наук
Шматков Г.Г., доктор біологічних наук

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. (додаток 1) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі біологічних наук (091 – Біологія), природничих наук (101 – Екологія, 103 – Науки про Землю) та технічних наук (183 – Технології захисту навколишнього середовища).

Журнал публікує (після рецензування та редагування) статті, які містять нові теоретичні та практичні здобутки в галузі екологічних наук.

*Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)*

ЗМІСТ

БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	7
Салій І.В., Павленко О.І., Орехова О.В. Захворюваність органів дихання населення в екологічно небезпечному регіоні.....	7
ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ	11
Бондар О.І., Машков О.А., Міхеев В.С., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія побудови автоматизованої системи екологічного моніторингу з використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів.....	11
Салій І.В., Засельський В.Й., Криворучкіна О.В., Пополов Д.В., Сусло Н.В., Сагалай Д.В., Фортуна В.О. Аналіз і дослідження стану ґрунтів і гідросфери Кривбасу.....	20
Суша Н.О., Григор'єва Л.І. Місце індикативних вимірювань у системі моніторингу якості атмосферного повітря.....	27
Шевченко Р.Ю. Аннали картографування стану національної екологічної безпеки України.....	31
ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ	42
Васютинська К.А., Барбашев С.В., Кімінчиджи М.І. Небезпека створення дефіциту водних ресурсів у регіонах України в умовах урбанізації.....	42
Верголяс М.Р., Вихляева М.В., Шеремета А.И., Шамкина К.К. Экотоксикологическая оценка антропогенного загрязнения поверхностных вод.....	49
Езловецкая И.С. Анализ состояния природно-техногенной безопасности источников питьевого водоснабжения (на примере бассейна Днестра).....	54
Пожарська А.-О.Ю. Річкові острови у географічних дослідженнях.....	61
Скок С.В. Екологічна оцінка впливу урбосистем на якість водних ресурсів.....	66
ЕКОЛОГІЯ І БУДІВНИЦТВО	76
Кияшко В.Т., Косарчук В.В., Агарков О.В., Ковальчук В.В., Чаусов М. Г. До аналізу напружено-деформованого стану дорожнього одягу жорсткого типу.....	76
ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО	82
Бондар О.І., Риженко Н.О., Салій І.В. Оцінка ймовірних впливів на довкілля за здійснення плану дій з реалізації використання промислових відходів у Криворізькому промисловому регіоні.....	82
Бордюг Н.С., Рашенко А.В., Марченко С.А., Козоріз Д.А. Управлінські аспекти запровадження екологічних ініціатив на гірничодобувних підприємствах Житомирської області.....	92
Босак П.В., Попович В.В. Еко-геоінформаційна технологія захисту довкілля від підтерикових вод Нововолинського гірничопромислового району.....	96
Кияшко В.Т., Салій І.В., Яковенко Л.О., Малиновський Ю.О. Перспективні напрями утилізації відходів гірничо-збагачувального виробництва.....	103
Kulikova D.V., Kovrov O.S. Improvement of mine water treatment technological scheme by implementing rapid sand filters.....	107
Сараненко І.І. Кластерний аналіз яружно-балкових систем районів родовищ залізних і марганцевих руд.....	112
Серета Т.М., Громова Ю.Ф. Апробація методичних підходів до вивчення планктосток у гирловій ділянці річки Десни в системі рипаль – медіаль.....	116
Чернова О.Т., Кривенко Г.М. Аналіз небезпек на газонаповнювальних пунктах.....	120
ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ	125
Валерко Р.А., Герасимчук Л.О. Екологічний розвиток сільських населених пунктів радіоактивно забрудненої території на основі показників якості питної води.....	125

Войціцький В.М., Хижняк С.В., Данчук В.В., Мідик С.В., Гришук І.А., Ушкалов В.О. Екологічні ризики: природа і критерії.....	131
Yermishev O.V., Mudrak O.V. Functional and ecological expertise in Nemyriv district in Vinnytsia region.....	136
Кратюк О.Л., Кравчук М.М., Довбиш Л.Л. Біоценологічний вплив вольєрного утримання ратичних <i>Artiodactyla</i> на хімічні властивості ґрунтів у борах і суборах в умовах Західного і Центрального Полісся.....	143
Люльчик В.О., Русіна Н.Г., Кийко Н.М., Кушнірук О.М., Рудько О.М. Науково-методичні підходи до розроблення робочих проєктів землеустрою щодо створення полезахисних лісових смуг.....	150
ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ.....	156
Борисов В.В., Кошелєв В.О., Кошелєв О.І. Сезонна динаміка консортивних зв'язків птахів у приватних садах міста Вільнянська (Запорізька область).....	156
Губарь Л.М., Конякін С.М. Інвазійні чужорідні види рослин урочища «Феофанія».....	167
Павліченко В.І. Еколого-морфологічні дослідження мошок (<i>Diptera, Simuliidae</i>) степового Придніпров'я.....	174
Риженко Н.О., Риженко Д.І., Ястребцова Н.І. Екологічна оцінка вмісту Hg у системі «ґрунт-рослина» екосистем Національного природного парку «Голосіївський».....	179
Саварин А.А., Китель Д.А. Новая регистрация сипухи (<i>Tyto alba</i>) и мелкие млекопитающие в ее питании на юго-западе Беларуси.....	184
Чипиляк Т.Ф., Коршиков І.І., Лінкевич О.О. Декоративність хризантеми гібридної (<i>Chrysanthemum × hortorum</i> Bailey) в умовах степового Придніпров'я.....	188
ЗМІНА КЛІМАТУ.....	193
Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Хоменко С.О., Гуменюк О.В., Харченко М.В. Молекулярні маркери для ідентифікації посухостійких генотипів пшениці в умовах змін клімату.....	193
ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	203
Веренікін О.М., Слива Ю.В. Організація енергоефективного та екологічно чистого виробництва мийних засобів.....	203
Яремчук О.М., Жук І.Ю., Сарафанюк Н.Л. Аналіз впливу шумового забруднення на людину шляхом картографування шумового забруднення автомагістралей м. Миколаєва засобами ГІС-технологій (із використанням програмного пакету ARCGIS).....	212
ПРОБЛЕМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	218
Давидова І.В., Корбут М.Б., Бондарчук В.М. Оцінка дієвості засобів пропаганди екологічних знань.....	218
УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ.....	225
Горобець О.В. Класифікація сільськогосподарських відходів і вибір технології їх утилізації.....	225
Маркіна Л.М., Ушкац С.Ю., Жолобенко Н.Ю., Іванчатенко А. Анкетування як метод виявлення проблем у поводженні з відходами в місті Миколаєві.....	230
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....	239

CONTENTS

BIOLOGICAL SAFETY	7
Salii I., Pavlenko O., Oriekhova O. Disease of the respiratory organs of the population of the ecological find dangerous region	7
ENVIRONMENTAL MONITORING	11
Bondar O., Mashkov O., Mikheev V., Zhukauskas S., Nigorodova S. Technology of construction of automated ecological monitoring system using remotely piloted aircraft.....	11
Salii I., Zaselskyi V., Kryvoruchkina O., Popolov D., Suslo N., Sahalai D., Fortuna V. Analysis and research of the state of soils and hydrosphere of Kryvbas	20
Sukha N., Grygorieva L. Place of indicative measurements in the atmospheric air quality monitoring system.....	27
Shevchenko R. Annals of mapping the state of National Ecological Safety of Ukraine.....	31
ECOLOGY OF WATER RESOURCES	42
Vasiutynska K., Barbashev S., Kiminchydzhy M. The risk of a water scarcity in the Ukraine regions in urbanization terms	42
Vergolyas M., Vikhlyaeva M., Sheremeta A., Shamkina K. Ecotoxicological assessment of anthropogenic pollution of surface water.....	49
Yezlovetska I. Analysis of the state natural-technogenic safety of drinking water sources (on the example of the Dniester basin)	54
Pozharska A.-O.Yu. River islands in the geographic research.....	61
Skok S. Ecological evaluation of the impact of urban systems on the quality of water resources.....	66
ECOLOGY AND CONSTRUCTION	76
Kiyashko V., Kosarchuk V., Agarcov O., Kovalchuk V., Chausov M. To the stress-strain state of road pavement of hard type	76
ECOLOGY AND PRODUCTION	82
Bondar O., Ryzhenko N., Saliy I. Assessment of environmental impacts of the action plan implementation of the industrial waste using in Kryvyi Rih region	82
Bordiug N., Rashchenko A., Marchenko S., Kozoriz D. Administrative aspects of implementation of environmental initiatives at mining enterprises of Zhytomyr region.....	92
Bosak P., Popovych V. Eco-geoinformation technology of environmental protection from subtricon waters of Novovolynsk mining industry.....	96
Kyiashko V., Salii I., Yakovenko L., Malynovskyi Yu. Perspective directions of utilization of wastes of mining and processing production.....	103
Kulikova D.V., Kovrov O.S. Improvement of mine water treatment technological scheme by implementing rapid sand filters.....	107
Saranenko I. Cluster analysis of gully systems of iron and manganese ore deposits	112
Sereda T., Gromova Yu. Approbation of methodical approaches to the study of plankton run-off in the mouth part of the Desna river in the ripal – medial system.....	116
Chernova O., Kryvenko G. Danger analysis at gas filling stations.....	120
GENERAL ENVIRONMENTAL SAFETY ISSUES	125
Valerko R., Herasymchuk L. Ecological development of rural settlements of radioactively contaminated territory on the basis of drinking water quality indicators.....	125
Voitsitskiy V., Khyzhyak S., Danchuk V., Midyk S., Hryshchuk I., Ushkalov V. Ecological risks: nature and criteria.....	131

Yermishev O.V., Mudrak O.V. Functional and ecological expertise in Nemyriv district in Vinnytsia region.....	136
Kratiuk O., Kravchuk M., Dovbysh L. Biotenotic influence of ungulates <i>Artiodactyla</i> captive maintenance on chemical soil properties in pine-forests and subors in the conditions of the Western and Central Polissya.....	143
Liulchik V., Rusina N., Kyiko N., Kushniruk O., Rudko O. Scientific and methodological approaches to the development of land management working projects connected with the creation field protective forest strips	150
PRESERVATION OF BIOLOGICAL AND LANDSCAPE DIVERSITY.....	156
Borisov V., Koshelev V., Koshelev A. Seasonal dynamics of consorative relations of birds and private gardens in the Volnyansk city (Zaporozhye region).....	156
Gubar L.M., Koniakin S.N. Invasive alien species of plants of the local landscape Feofania.....	167
Pavlichenko V. Ecological and morphological research of blackflies (<i>Diptera, Simuliidae</i>) of the Dnieper river steppe region.....	174
Ryzhenko N., Ryzhenko D., Yastrebtsova N. Environmental assessment of Hg in the “soil-plant” system of recreational landscape ecosystems in the “Golosiivsky National Nature Park”.....	179
Savarin A., Kitel D. New registration of the barn owl (<i>Tyto alba</i>) and small mammals in its diet in south-west Belarus.....	184
Chypylyak T., Korshikov I., Linkevych O. Decorativeness of the hybrid chrysanthemum (<i>Chrysanthemum</i> × <i>hortorum</i> Bailey) in the conditions of steppe Dnieper.....	188
CLIMATE CHANGE.....	193
Pykalo S., Demydov O., Yurchenko T., Khomenko S., Humeniuk O., Kharchenko M. Molecular markers for identification of drought tolerant wheat genotypes under climate change conditions.....	193
INNOVATIVE ASPECTS OF THE LEVEL INCREASE OF ENVIRONMENTAL SAFETY.....	203
Verenikin O., Slyva Yu. The organization of energy-efficient and clean production of washing means.....	203
Yaremchuk O., Zhuk I., Sarafaniuk N. Analysis of noise pollution impact on humans by mapping of highways noise pollution in Nikolaev by GIS technologies.....	212
SUSTAINABLE DEVELOPMENT ISSUES.....	218
Davydova I.V., Korbut M.B., Bondarchuk V.M Evaluation of the means effectiveness of the ecological knowledge promotion.....	218
WASTE MANAGEMENT.....	225
Horobets O. Classification of agricultural waste and the choice of the technology for their recycling.....	225
Markina L., Ushkats S., Zholobenko N., Ivanchatenko A. Survey as a method of identifying problems in waste management in the city of Mykolaiv.....	230
AUTHORS’ CREDENTIALS.....	239

ЗАХВОРЮВАНІСТЬ ОРГАНІВ ДИХАННЯ НАСЕЛЕННЯ В ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОМУ РЕГІОНІ

Салій І.В.¹, Павленко О.І.², Орехова О.В.²

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ

²Український науково-дослідний інститут промислової медицини
вул. Виноградова, 40, 50096, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.
deaohoronapraci@gmail.com, ndiprommed@gmail.com

Результатами поглибленого аналізу захворюваності органів дихання в різних вікових групах мешканців екологічно небезпечного регіону з подвійним навантаженням на стан здоров'я несприятливих екологічних чинників та шкідливих умов праці та встановлено, що найвищий рівень поширення захворювань органів дихання зареєстровано серед дітей віком до 14 років, що становить 13089,69 випадків на 10 тис. населення з мінімальним рівнем 12058,22 випадків і максимальним 13751,16. Дослідження первинної захворюваності в різних вікових групах засвідчили, що найвищий рівень захворюваності реєструється серед дітей до 14 років і становить у середньому 15110 випадків на рік з мінімальним рівнем 13775,00 і максимальним 15377. Серед працюючого населення вперше виявлена патологія органів дихання, що найвища серед працівників, які зайняті відкритим видобуванням залізної руди, і становить 3223,4±350,4 на 10 тис. працюючих, що в 2,9 раза вище, ніж у населення міста. Доведено, що збільшення захворюваності органів дихання призводить до тимчасової або стійкої втрати працездатності, скорочення тривалості життя в середньому на 8 років, додаткових випадків безповоротних втрат внаслідок смертності населення і, відповідно, економічних збитків держави. Причина збільшення рівня захворюваності органів дихання пов'язана з відсутністю належної уваги до забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до якості атмосферного повітря та умов праці і, як наслідок, збільшення ролі пилу, в тому числі часток з аеродинамічним діаметром менше 1,0 мкм (PM₁). Це призводить до проникнення та затримки забрудненого повітря у більш глибоких відділах легеневої системи. Проведені дослідження дають підстави для визначення причинно-наслідкового зв'язку між зростанням рівнів захворюваності та станом атмосферного повітря і умовами праці для подальшої розробки дієвих механізмів керування ризиком, що спрямовані на покращення якості атмосферного повітря та умов праці, збереження здоров'я населення та трудового потенціалу в державі. *Ключові слова:* захворюваність органів дихання, екологічно небезпечний регіон, промислові викиди, трудовий потенціал, екологічні ризики, професійні ризики.

Disease of the respiratory organs of the population of the ecological and dangerous region. Saliy I., Pavlenko O., Oriekhova O.

The results of an in-depth analysis of respiratory morbidity in different age groups of residents of the ecologically dangerous region with a double burden on health by adverse ecological factors and harmful working conditions and was found that the highest level of prevalence of respiratory diseases was registered among children under 14 years old, which is 13089.69 cases per 10 thousand population with a minimum level of 12058.22 cases and a maximum level of 13751.16. Research of primary morbidity in different age groups, showed that the highest level of incidence is registered among children under 14 years and is on averages 15,110 cases per year, with a minimum level of 13,775,00 cases and a maximum level of 15,377 cases. Respiratory pathology was detected for the first time among the working population, which is the highest among workers who are engaged in open cast iron ore mining and is 3223.4±350.4 per 10 thousand workers, which is in 2.9 times higher than in the population of city. It is proved that the increase in respiratory morbidity leads to temporary or permanent disability, reduction in life expectancy by an average of 8 years, additional cases of irreversible losses due to mortality and, consequently, economic losses of the state. The reason for the increase of level of the incidence of respiratory diseases is associated with the lack of proper attention to ensuring sanitary and hygienic requirements of air quality and working conditions and, as a consequence, the increasing role of dust, including particles with aerodynamic diameter less than 1,0 mkm (PM₁). This leads to the penetration and retention of polluted air in the deeper parts of the pulmonary system. The conducted researches give grounds for determining the cause-and-effect relationship between rising morbidity levels and atmospheric air quality and working conditions for the purpose of further development effective mechanisms of risk management aimed at improving air quality and working conditions, preserve the health of the population and labor potential in the state. *Key words:* respiratory morbidity, ecologically dangerous region, industrial emissions, labor potential, ecological risks, occupational risks.

Постановка проблеми. Негативний вплив забрудненого атмосферного повітря на мешканців екологічно небезпечного регіону призводить до збільшення захворюваності органів дихання та додаткових випадків смертності населення при вдиханні респірабельних фракцій дрібнодисперсного пилу, що потребує створення сучасних дієвих алгоритмів керування ризиком.

Захворюваність органів дихання займає провідне місце у структурі загальносоматичної та професійної захворюваності і призводить до тимчасової або стійкої втрати працездатності населення, скорочення тривалості життя в середньому на 8 років і, відповідно, економічних збитків держави. Причина зростання рівня захворюваності органів дихання пов'язана з відсутністю належної уваги до

забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до якості атмосферного повітря та умов праці. Як наслідок, зростає роль пилу, в тому числі часток з аеродинамічним діаметром менше 1,0 мкм (PM_{10}) в її проникненні та затриманні в більш глибоких відділах легеневої системи.

Дослідження виконано в рамках НДР «Наукове обґрунтування та розробка системи заходів з оцінки ризиків здоров'ю і життю працюючого населення еколого-небезпечного регіону» за номером державної реєстрації 0120U100999 та НДР «Розроблення екологічно прийнятних технологій поводження з відходами гірничорудної та металургійної промисловості» за номером Державної реєстрації 0120U101148.

Виклад основного матеріалу. Стан здоров'я працездатного населення формується як за рахунок екологічних факторів, характеру та умов праці, так і за рахунок інших факторів: генетичні, спосіб життя, доступність медичної допомоги, статево-вікові характеристики населення, співробітництво працюючих, роботодавців, закладів охорони здоров'я тощо [1–3].

Демографічні показники відображують соціальний добробут людей, які здійснюють життєдіяльність у рамках певних соціальних обов'язків. У структурі захворюваності та інвалідності преvalюють мультифакторні захворювання – хвороби системи кровообігу, онкологічні, захворювання органів дихання, ендокринні, психічні тощо. Вони формуються в результаті взаємодії спадкових чинників та впливу факторів навколишнього середовища, що оточує людину, в тому числі виробничого [4–5].

Нині наявні заходи із запобігання захворюваності органів дихання в мешканців екологічно небезпечного регіону не є доволі ефективними, що потребує розробки дієвих заходів, спрямованих на збільшення працездатності, здорових років життя, зменшення економічних втрат через скорочення тривалості захворювання та кількості випадків протягом року та збереження дієздатного трудового потенціалу країни.

Проведено поглиблений аналіз захворюваності органів дихання в різних вікових групах мешканців екологічно небезпечного регіону з подвійним навантаженням на стан здоров'я шкідливими умовами праці та несприятливими екологічними чинниками.

Аналіз стану атмосферного повітря зроблено за інформацією Виконавчого комітету Криворізької міської ради (лист № 1/25/3968 від 15.06.2020), за даними державної та відомчої систем моніторингу якості атмосферного повітря м. Кривий Ріг.

Захворюваність органів дихання населення м. Кривий Ріг вивчалась шляхом ретроспективного епідеміологічного аналізу статистичних звітів лікувально-профілактичних закладів цього міста (Форма № 12, затверджена Наказом МОЗ України 10.07.2007 р. № 378 (із змінами і доповненнями, внесеними згідно з наказом МОЗ від 17.06.2013 р. № 511).

До основної групи зараховано населення м. Кривий Ріг Дніпропетровської області, а до контрольної – Чернівецької області.

Основними джерелами забруднення в Дніпропетровській області є викиди забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел, які, згідно з офіційними статистичними даними, сягають 17% від загального обсягу викидів у країні та становлять у розрахунку на одну особу 260,5 кг, а на 1 км² території – 26,8 т.

У Кривому Розі ці показники значно вищі. Так, викиди на одну особу по Кривому Рогу вищі в 13,6 раза за Дніпропетровську область, а з розрахунку на 1 км² території – в 1,9 раза. Порівняно з Чернівецькою областю ця різниця вражає – 1314,8 та 167,5 (таблиця 1).

Варто зазначити, що викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря в Чернівецькій області здійснюються переважно за рахунок пересувних джерел (у т.ч. автомобільного транспорту) та становлять 37,3±1,8 кг/особу, або 92,33% від загальних викидів забруднюючих речовин у контрольній групі (таблиця 2).

Згідно з інформацією на офіційному вебсайті виконавчого комітету Криворізької міської ради, у Кривому Розі високий рівень забруднення повітря зумовлений збільшенням обсягів викидів забруднюючих речовин у 2019 році на 15% порівняно з аналогічним періодом минулого року. Так, обсяги викидів забруднюючих речовин ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» на 27%, ПРАТ «ІНГЗК» збільшено на 15%, ТОВ «МЕТІНВЕСТ-КРМЗ» – на 13%, ПРАТ «СУХА БАЛКА» – на 3%, ПРАТ «ЦГЗК» – на 1,6%.

У Кривому Розі переважають стаціонарні джерела забруднення атмосферного повітря, основним з яких є ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» – до 70% викидів у навколишнє середовище міста.

Під час аналізу первинної захворюваності населення м. Кривий Ріг, що вперше реєструється протягом звітного року, встановлено, що середня кількість випадків захворювань органів дихання становить 27874,00 випадки з мінімальним значенням 27524,00 і максимальним 28474,00 (таблиця 3).

У процесі аналізу первинної захворюваності в різних вікових групах населення встановлено, що найвищий рівень реєструється серед дітей до 14 років і становить у середньому 15110 випадків на рік із мінімальним рівнем 13775,00 і максимальним 15377.

Серед підлітків 15–17 років зареєстровано найнижчий рівень первинної захворюваності органів дихання – 1557,00 випадків на рік із мінімальним значенням 1424,00 і максимальним 1637,00.

У дорослого населення старше 18 років кількість випадків уперше виявлених захворювань органів дихання становить 11207,00 з мінімальним значенням 10945,00 і максимальним 11853,00.

У процесі аналізу первинної захворюваності в розрахунку на 10 тис. населення встановлено, що

Таблиця 1

Рівень викидів забруднюючих речовин в умовно «чистому» та «забрудненому» регіонах України

Рівень викидів	Дніпропетровська область	Чернігівська область	Чернівецька область	м. Кривий ріг
Викиди, кг/особу	260,5±26,3	39,5±2,7	2,7±0,26	3550,9±150,5
Викиди, км ² /кг	26807,5±53,74	1312,4±90,5	306,9±25,8	51400,0±270,6

Таблиця 2

Рівень викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в Чернівецькій області, тис. тонн

Джерело забруднення	Median	Percentile 25%	Percentile 75%	Рівень викидів, кг/особу
Викиди забруднюючих речовин загалом, тис. тонн	37,0	34,1	39,1	40,4±2,6
у тому числі від: стаціонарних джерел	2,7	2,5	3,2	3,1±0,26
пересувних джерел (зокрема автомобільний транспорт)	34,5	30,9	36,4	37,3±1,8

Таблиця 3

Первинна захворюваність органів дихання населення м. Кривий Ріг, Ме (Q25-Q75)

Хвороби органів дихання, J00–J99	Вікова група, роки			Загалом
	діти 0–14 років	підлітки 15–17 років	дорослі 18 років і старші	
Випадки, кількість	15110,00 (13775,00–15377,00)	1557,00 (1424,00–1637,00)	11207,00 (10945,00–11853,00)	27874,00 (27524,00–28474,00)
На 10 тис. населення	12300,21 (10776,49–13364,33)	8384,49 (6911,69–9867,39)	1615,45 (1563,59–1724,73)	3373,64 (3331,27–3446,25)

Таблиця 4

Розповсюдженість захворювань органів дихання у населення м. Кривий Ріг, Ме (Q25-Q75)

Хвороби органів дихання, J00–J99	Вікова група, роки		
	діти 0–14 років	підлітки 15–17 років	дорослі 18 років і старші
На 10000 населення	13089,69 (12058,22–13751,16)	9246,10 (8580,91–9494,25)	2736,90 (2689,75–2755,89)

кількість первинних захворювань органів дихання на рік становить 3373,64 випадків. Під час аналізу вікового розподілу захворюваності спостерігалася аналогічна ситуація: найвищий рівень захворюваності органів дихання зареєстровано в дітей до 14 років – 12 300, найнижчий – 10 776,49 з найбільшим значенням 15 377,00 на 10 тис. населення.

Найменшу кількість захворювань органів дихання зафіксовано в підлітків 15–17 років – 8384,49 випадків на 10 тис. населення з мінімальним рівнем 6911,69 і максимальним 9867,39.

Серед дорослого населення рівень первинної захворюваності органів дихання становив 1615,45 випадків на 10 тис. населення з мінімальним значенням 1563,59 і максимальним 1724,73.

Науковий аналіз поширеності захворювань органів дихання серед населення м. Кривий Ріг показав, що найвищий рівень зареєстровано серед дітей віком до 14 років, що становить 13089,69 випадків на 10 тис. населення з мінімальним рівнем 12058,22 і максимальним 13751,16 (таблиця 4).

Найнижчий рівень розповсюдженості захворювань органів дихання має місце серед дорослого населення – 2736,90 випадків на 10 тис. населення з мінімальним рівнем 2689,75 і максимальним 2755,89.

Поширеність захворювань органів дихання серед підлітків 15–17 років становить 9246,10 випадків на 10 тис. населення з мінімальним рівнем 8580,91 і максимальним 9494,25.

Головні висновки. Найвищий рівень поширеності захворювань органів дихання зареєстровано серед дітей віком до 14 років, що становить 13089,69 випадків на 10 тис. населення з мінімальним рівнем 12058,22 і максимальним 13751,16.

У процесі аналізу первинної захворюваності в населення різних вікових груп встановлено, що найвищий рівень захворюваності зареєстровано серед дітей до 14 років і становить у середньому 15110 випадків на рік із мінімальним рівнем 13775,00 і максимальним 15377.

Серед працюючого населення вперше виявлена патологія органів дихання, що найвища серед пра-

цівників, які зайняті відкритим видобуванням залізної руди, і становить $3223,4 \pm 350,4$ на 10 тис. працюючих, що в 2,9 раза вище, ніж у населення міста.

Перспективи використання результатів дослідження. Проведені дослідження дають підстави для визначення причино-наслідкового зв'язку

між збільшенням рівнів захворюваності та станом атмосферного повітря і умовами праці для подальшої розробки дієвих механізмів керування ризиком, що спрямовані на покращення якості атмосферного повітря та умов праці для збереження здоров'я населення та трудового потенціалу населення держави.

Література

1. Сорокин Г.А. Возрастная и стажевая динамика показателей здоровья работающих как критерий для сравнения профессиональных и непрофессиональных рисков. *Гигиена и санитария*. 2016. № 95(4). С. 355–360.
2. Севальнев А.А., Волкова Ю.В. Цільове планування заходів щодо зниження ризиків для здоров'я від впливу зважених твердих часток. *Вісник проблем біології і медицини*. 2017. Вип. 4, том 3(141). С. 87–91.
3. Safety and health at the heart of the future of work. International Labour Organization. 2019. 75 p.
4. Сучасні проблеми професійної патології в Україні / Арустамян О.М. и др. *Довкілля та здоров'я*. 2017. № 4. С. 62–67.
5. Стан професійної захворюваності в період законодавчих змін в Україні / Нагорна А.М. та ін. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2016. № 1(46). С. 3–17.

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

УДК 574.08): 504

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.2>

ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДИСТАНЦІЙНО ПІЛОТОВАНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Бондар О.І.¹, Машков О.А.¹, Міхеєв В.С.², Жукаускас С.В.³, Нігородова С.А.⁴

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ

²Державне космічне агентство України
вул. Московська, 8, 01010, м. Київ

³Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ

⁴Координаційний центр програм малих грантів Глобального екологічного фонду
Кловський Узвіз, 1, 01021, м. Київ

mashkov_oleg_52@ukr.net, yd@nkau.gov.ua, S.Zhukauskas@gmail.com, SvitlanaN@unops.org

Наукові дослідження присвячені обґрунтуванню технології побудови автоматизованої системи екологічного моніторингу з використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів. Визначено, що синтез систем автоматизованого управління екологічним моніторингом неможливий при застосуванні наявних методів розподілу функцій управління між оператором та автоматичними пристроями, узгодження психофізіологічних характеристик оператора й автоматичних пристроїв, оцінювання психофізіологічної напруженості оператора. Запропоновано враховувати процеси взаємодії оператора й технічних засобів екологічного спостереження на більш високому рівні – інформаційному. При побудові системи автоматизованого управління екологічним моніторингом пропонується комплексний підхід, що передбачає оцінювання інформаційного навантаження на оператора дистанційно пілотованого літального апарата при формуванні управління. Для оцінювання інформаційної напруженості функціонування оператора при синергетичному синтезі автоматизованих систем управління екологічним моніторингом адекватним показником є навантаження системи масового обслуговування, що включає оператора й автоматичні пристрої елементів системою екологічного моніторингу. На інформаційному рівні взаємодії оператора й автоматичних систем екологічного моніторингу доцільно розглядати моделі у вигляді систем масового обслуговування. Застосування цього виду моделей дасть змогу виявити основні інформаційно-структурні закономірності взаємодії оператора й автоматичних систем при реалізації синергетичної схеми формування управління екологічним моніторингом із застосуванням дистанційно пілотованих літальних апаратів. При реалізації синергетичної схеми формування управління пропонується поділ функцій, за якого людина забезпечує рух літальних апаратів екологічного спостереження, а автоматика реалізує всі функції руху елементів комплексу всередині цього макрооб'єкта та управління роботою апаратури екологічного спостереження. Визначено, що перспективним напрямом використання результатів дослідження є включення оператора дистанційно пілотованого літального апарата екологічного спостереження в контур контролю за роботою апаратури спостереження з метою корекції управлінських рішень в умовах нештатних аварійних ситуацій. *Ключові слова:* автоматизована система, дистанційно пілотований літальний апарат, екологічне спостереження, екологічний моніторинг, екологічне спостереження, ергатичний процес, людина-оператор, психофізіологічна напруженість оператора, розподілу функцій управління, система масового обслуговування.

Technology of construction of automated ecological monitoring system using remotely piloted aircraft. Bondar O., Mashkov O., Mikheev V., Zhukauskas S., Nigrodova S.

Scientific researches are devoted to substantiation of technology of construction of the automated system of ecological monitoring with use of remotely piloted aircrafts. It is determined that the synthesis of automated control systems of environmental monitoring system is impossible with the application of existing methods of distribution of control functions between the operator and automatic devices, coordination of psychophysiological characteristics of the operator and automatic devices, assessment of psychophysiological stress of the operator. It is proposed to take into account the processes of interaction between the operator and technical means of environmental monitoring at a higher level – information. When building an automated control system for environmental monitoring, a comprehensive approach is proposed, which involves assessing the information load on the operator of a remotely piloted aircraft in the formation of management. To assess the information intensity of the operator in the synergistic synthesis of automated control systems for environmental monitoring, an adequate indicator is the load of the queuing system, which includes the operator and automatic devices of the elements of the environmental monitoring system. At the information level of interaction between the operator and automatic environmental monitoring systems, it is advisable to consider models in the form of queuing systems. The use of this type of models will reveal the basic information and structural patterns of interaction between the operator and automatic systems in the implementation of a synergetic scheme for the formation of environmental monitoring management using remotely piloted aircraft. When implementing a synergetic scheme of control formation, a division of functions is proposed, in which a person sets the motion of environmental observation aircraft, and automation implements all the functions of the complex elements

within a given macroobject and control the operation of environmental monitoring equipment. It is determined that a promising area of use of the research results is the inclusion of the operator of a remotely piloted environmental surveillance aircraft in the control circuit of the surveillance equipment in order to correct management decisions in emergency situations. *Key words*: automated system, remotely piloted aircraft, ecological observation, ecological monitoring, ecological observation, ergatic process, human operator, psychophysiological tension of the operator, distribution of control functions, queuing system.

Постановка проблеми. Процеси глобалізації та суспільних трансформацій підвищили пріоритетність проблем збереження довкілля, які потребують ужиття в Україні термінових заходів щодо їх розв'язання. Протягом тривалого часу економічний розвиток держави супроводжувався незбалансованою експлуатацією природних ресурсів, низьким рівнем захисту довкілля, що унеможливило досягнення збалансованого (сталого) розвитку [1].

Одним із механізмів оптимізації природо-сподарювання під час переходу до стійкого розвитку екосотехнополісної системи є створення єдиної загальнодержавної системи моніторингу навколишнього природного середовища як складника світової інформаційної екологічної системи. Загальнодержавна система моніторингу має будуватися з урахуванням особливостей регіональних екосистем, з опрацюванням підходів до створення регіональних систем моніторингу на територіях з надмірним техногенним навантаженням. Вирішення цього актуального науково-практичного завдання спрямоване на підвищення ефективності оцінювання екологічних загроз і ризиків у регіонах. Для цього пропонується комплексне застосування аерокосмічних технологій та експертних оцінок, а також використання дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного спостереження (ДПЛА) [2]. Їх застосування між людиною-оператором і дистанційно пілотованими літальними апаратами й визначення рівня «проникнення» автоматичних пристроїв або систем у процес управління об'єктом людиною. При цьому єдиного підходу до розгляду такого синтезу автоматизованих систем поки що не вироблено [3–5].

Актуальність дослідження. Включення автоматичних систем у контур ергатичного управління вимагає розмежування та узгодження функцій автоматичного й «людського» складників загальної системи управління. Від адекватності розподілу функцій управління між людиною й суміжними автоматичними пристроями істотно залежить ефективність загальної системи управління, її функціональні можливості, стійкість, точність реалізації управління й достовірність екологічної інформації. Цей важливий напрям побудови людино-машинних систем управління відзначався багатьма дослідниками [6; 7], які вивчали закономірності розподілу функцій управління між оператором та автоматичними пристроями в керуванні природними ресурсами. Аналіз результатів таких досліджень показав, що загальною особливістю розуміння методологічної сутності поділу функцій управління між людиною й техніч-

ними пристроями є варіант поділу функцій управління в процесі управління об'єктом людиною. Але єдиного підходу до розгляду такого синтезу автоматизованих систем поки що не вироблено [3; 5].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Наукові дослідження авторів спрямовані на розв'язання важливих наукових і практичних завдань відповідно до Основних засад (стратегії) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Одним із інструментів реалізації екологічної політики є моніторинг довкілля та природоохоронний контроль. Системне вирішення завдань щодо розподілу функцій управління між оператором (операторами) та автоматичними пристроями при реалізації синергетичної схеми управління екологічним моніторингом спрямоване на підвищення ефективності моніторингу стану довкілля, зменшення ризиків планової діяльності та сприятиме запобіганню негативного впливу на довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз публікацій засвідчує, що деякі автори під рівнем поділу функцій управління в людино-машинних системах розуміють кількісну міру як відношення кількості контурів управління, замкнених оператором (льотчиком, екіпажем) до загальної кількості контурів управління об'єктом [6; 7]. При цьому підходи до виділення контурів для отримання конкретних кількісних характеристик рівня поділу функцій управління можуть бути різними.

Наприклад, В.В. Козарук [6; 7] запропонував характеризувати поділ функцій управління числом в діапазоні $[0, \dots, 1]$:

$$y_a = 1 - \zeta(t), \quad (1)$$

де $\zeta(t)$ – завантаженість членів екіпажу (операторів), яка визначається відношенням часу, необхідного для формування управління, до загального часу руху керованого об'єкта.

В.Г. Денисов, А.А. Терешкин, В.І. Христюк [8; 9] використовували для кількісної характеристики ступеня автоматизації функціонування льотчиків методику, яка базується на розгляді відносин «заходи – труднощі в управлінні» контурами, у яких бере участь автоматика, до загальної «міри труднощів» усіх контурів досліджуваного літака.

Найбільш повно й глибоко психологічний аналіз особливостей операторської діяльності представлений у фундаментальних роботах Б.Ф. Ломова, В.Ф. Венді; Е.А. Мілеряна; В.П. Зінченко; В.А. Пономаренко й Н.Д. Завалова; Ю.Г. Фокіна; В.А. Таран та інших [6–8; 10].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Дослідники по-різному підходять до вирішення завдань синтезу людино-машинних систем. Існують варіанти вирішення їх за рахунок розробки адекватних моделей поведінки людини-оператора й використання їх замість людини для забезпечення необхідної якості управління (техноцентричний підхід). Інші вчені (антропоцентричний підхід) пропонують шукати рішення за рахунок розширення фізіологічних можливостей людини-оператора з управління в умовах невизначеності, протидії, неповної й суперечливої інформації від засобів автоматки. Ці підходи пояснюються різною точкою зору на ідеологію побудови та функціонування людино-машинних систем, мають право на існування. У статті розглядається антропоцентричний підхід до синтезу систем керування літальними апаратами екологічного моніторингу [6–8].

Результати проведених досліджень свідчать, що синтез систем автоматизованого управління системою екологічного моніторингу (у рамках синергетичної схеми формування управління) неможливий при застосуванні наявних методів розподілу функцій управління між оператором та автоматичними пристроями, узгодження психофізіологічних характеристик оператора й автоматичних пристроїв, оцінювання психофізіологічної напруженості оператора. Тому авторами запропоновано враховувати процеси взаємодії оператора й технічних засобів екологічного спостереження на більш високому рівні – інформаційному.

Новизна підходу полягає в тому, що запропонована технологія побудови автоматизованої системи синергетичного управління системою екологічного моніторингу автоматизованої системи екологічного моніторингу за гомеостазисним критерієм передбачає використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Оцінювання ефективності діяльності людини в конкретній системі є завершальною процедурою, за результатами якої вдосконалюються її експлуатаційні та інші характеристики, підвищується якість функціонування в різних умовах, що досягається за рахунок повного й своєчасного аналізу роботи людини в системі «людина-машина», виявлення тенденцій зміни якості функціонування системи в разі появи різного роду несприятливих умов і факторів зовнішнього середовища. Достовірність результатів такого аналізу істотно залежить від обґрунтованого вибору критеріїв оцінювання ефективності одиночної та групової діяльності людей, а також ефективності окремих видів діяльності людини при вирішенні комплексних завдань управління й контролю.

Виклад основного матеріалу. Постійне вдосконалення апаратури для виконання екологічного моніторингу та необхідність формування траекто-

рії просторового руху техніки в реальних умовах може призвести до збільшення кількості помилок, що допускаються льотчиком у процесі екологічного моніторингу [11–13]. Ці факти дають змогу зробити висновок, що методи, які традиційно використовувалися для оцінювання рівня навантаження на оператора, не є адекватними при розгляді процесів його функціонування на інформаційному рівні взаємодії оператора з технічними пристроями екологічного спостереження. Це зумовлює необхідність пошуку нових, адекватних методів оцінювання психофізіологічного навантаження на людину-оператора.

З позицій системного аналізу функцій людини й автоматки «розподіл функцій управління між людиною й технічними підсистемами» можна охарактеризувати етапом, де ще застосовується автоматка. Це означає, що система автоматизованого управління, у якій автоматичні підсистеми реалізують функції визначення об'єкта для досягнення поставленої оператором мети, є більш досконаліми, ніж система управління, де автоматка застосовується тільки для відпрацювання завдань стабілізації на заданій програмній траєкторії руху об'єкта.

Проведений аналіз показав, що найбільш поширеними методами математичної формалізації операторської діяльності є застосування теорії інформації; теорії алгоритмів; теорії графів і мереж; евристичного програмування та ситуаційного управління; теорії масового обслуговування; загальної теорії систем і нечітких множин [3; 5]. Кожен із таких методів має специфічні переваги й недоліки, а їх використання визначається колом завдань екологічного моніторингу, де необхідно формалізувати діяльність оператора, і рівнем вимог до вирішення завдань екологічного моніторингу.

Систему автоматизованого управління елементами системи екологічного моніторингу можна уявити як систему масового обслуговування, у якій обслуговуючим елементом є оператор, а потік заявок – це запити на зміну алгоритмів автономного управління кожного із сукупності елементів екологічного спостереження. На обробку кожного запиту на екологічний моніторинг потрібен певний час, що в загальному випадку може бути охарактеризоване деяким математичним очікуванням і дисперсією (перший і другий випадки). Крім часу обробки, потік заявок – запитів на зміну управління загалом є випадковими.

Необхідно відзначити, що застосування моделей у вигляді систем масового обслуговування для дослідження людино-машинних систем не є новим. Такий вид моделей багаторазово (і досить успішно) застосовувався дослідниками в галузі технічної кібернетики. Але використання можливостей цього математичного інструмента дослідження людино-машинних систем для обліку психофізіологічних факторів при реалізації нелінійних синергетичних закономірностей руху літальних апаратів екологіч-

ного спостереження в умовах екологічних загроз, ризиків, аварій, катастроф (на думку авторів) є елементом наукової новизни.

Розв'язання проблеми синтезу автоматизованих систем управління екологічним моніторингом можна розглядати як знаходження компромісу між особливостями кожного з джерел управління. Сутність вирішення проблеми полягає в пошуку компромісу між методами автоматичного управління й управління операторами, коли можна буде об'єднати можливості кожного з двох джерел управління, щоб зробити систему управління більш ефективною. Системи автоматичного управління реалізують жорстке програмне управління, дають широкі можливості управління динамікою об'єктів управління, а людина, навпаки, має можливість реалізовувати «гнучке» управління, але при цьому має обмежені динамічними можливостями реалізації управління. Принциповим допущенням, яке необхідно для проведення дослідження людино-машинної системи екологічного моніторингу методами масового обслуговування, є умова «марковості»: для будь-якого моменту часу ймовірнісні характеристики процесу в майбутньому повинні залежати тільки від його стану на цей момент і не залежати від того, коли і як система опинилася в цьому стані [3; 5].

У теорії ймовірностей визначається, що умова стаціонарного пуассонівського потоку подій еквівалентна виявленню в нього трьох властивостей: стаціонарності, ординарності й відсутності післядії [3; 5]. Порівняння обставин та умов роботи оператора системи екологічного моніторингу з обставинами та умовами роботи льотчиків розвідувальної авіації дає змогу зробити висновок, що потоки подій під час проведення екологічного моніторингу мають властивості ординарності, відсутності післядії і стаціонарності. Отже, доцільно прийняти допущення, що потоки запитів на зміну установок управління елементами системи екологічного моніторингу представляються у вигляді стаціонарного пуассонівського потоку подій з ймовірністю надходження k -запитів у проміжку часу T [3; 5]:

$$P(k, T) = \frac{(\lambda T)^k}{k!} e^{-\lambda T}, \quad (2)$$

де λ – інтенсивність потоку запитів на здійснення екологічного спостереження.

Отже, для умов функціонування оператора автоматизованої системи управління системою екологічного моніторингу можна коректно прийняти припущення щодо існування стаціонарного пуассонівського потоку подій та уявити функціонування оператора у вигляді системи масового обслуговування.

При надходженні заявок на зміну установок управління від елементів системи екологічного моніторингу оператор здійснює попередню обробку й відбір (сортування) інформації. Насамперед він реагує на запити, що надходять від найбільш кри-

тичних у поточний час обставин (екологічні загрози й ризики, можливість техногенних аварій), які обслуговуються терміново. Отже, в конкретних умовах може існувати черга заявок та існує певна система пріоритетів їх обслуговування. При цьому середній час перебування заявки в системі $W_{сис}$ дорівнює відношенню середнього числа заявок $L_{сис}$ до інтенсивності потоку заявок λ :

$$W_{сис} = \frac{1}{\lambda} \cdot L_{сис}. \quad (3)$$

Показник інформаційної завантаженості оператора може кількісно характеризувати ступінь напруженості функціонування оператора при реалізації управління елементами системи екологічного моніторингу. Фізичний стан цього показника полягає в тому, що він характеризує середню кількість заявок, що надходять за середній час обслуговування однієї заявки.

Застосування моделей у вигляді систем масового обслуговування залежить від умов отримання інформаційного узгодження апаратури екологічного спостереження й оператора (операторів) в автоматизованих системах управління системою екологічного моніторингу:

$$\rho(x, u, t) < 1. \quad (4)$$

Зміст цієї умови полягає в тому, що значення показника напруженості функціонування оператора, рівне нулю $\rho(x, u, t) = 0$, відповідатиме розізнаним щодо оператора контуру управління: він не бере ніякої участі у формуванні керування літальним апаратом екологічного спостереження (спостереження здійснюється автоматично за програмою) і тому немає навантаження. Значення показника більше одиниці $\rho(x, u, t) > 1$ відповідає умовам, коли середнє число заявок на здійснення екологічного моніторингу заданих об'єктів виявляється більшим, ніж кількість заявок, яке може обслужити оператор за цей час. У цьому разі оператор працює за межею своїх можливостей, тобто неефективно. Випадок $\rho(x, u, t) = 1$ є прикордонним: оператор працює на кордоні можливостей.

Проведений аналіз показав, що застосування логіко-математичного опису функціонування оператора систем автоматизованого управління елементами системи екологічного моніторингу у вигляді систем масового обслуговування дає змогу визначити можливі системотехнічні напрями зменшення психофізіологічної навантаження на оператора при реалізації синергетичної схеми формування управління системою екологічного моніторингу.

Практика показала, що вдосконалення технічних пристроїв екологічного спостереження, з якими взаємодіє оператор при здійсненні екологічного моніторингу, є несистемним підходом до вирішення виникаючих проблем формування управління системою екологічного моніторингу [10–12].

Поява багатофункціональних індикаторів (рис. 1) як нового технологічного засобу побудови систем відображення інформації приймалося багатьма дослідниками як революційний прорив у галузі побудови високоефективних автоматизованих систем управління складними динамічними об'єктами.

Незважаючи на отримані позитивні результати подібного підходу до вирішення проблеми синтезу адекватних систем автоматизованого управління (ергатичних систем управління) (рис. 2), проведені дослідження чітко показали характерні обмеження цього підходу [13; 14].

Традиційний показник операційної напруженості функціонування людини є невизначеним, так як кількість інформації, що «переробляє» оператор в оди-



Рис. 1. Формування інтерфейсу оператора із застосуванням багатофункціональних індикаторів

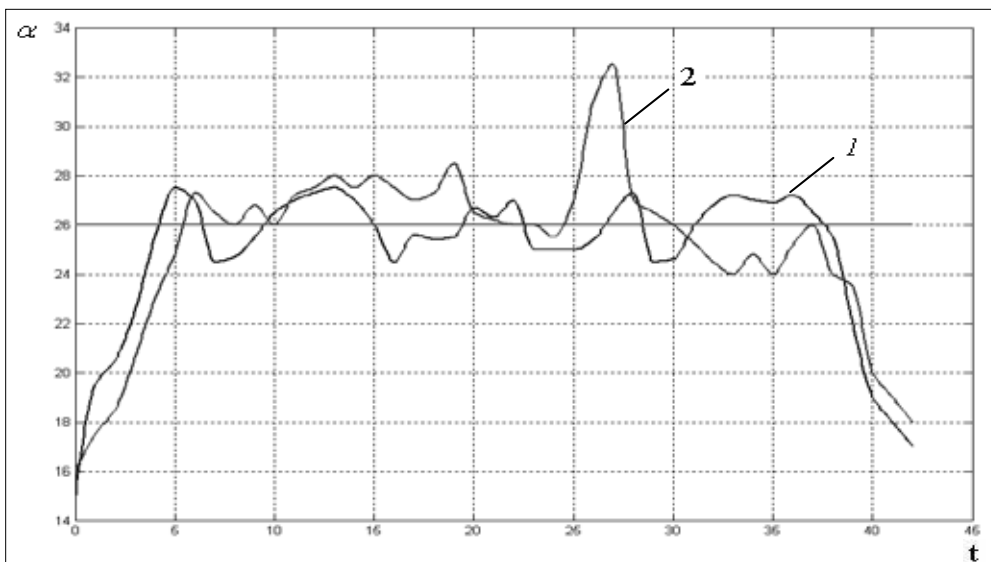


Рис. 2. Відхилення кута атаки від допустимого значення при використанні багатофункціональних індикаторів як засобів відображення інформації (1) і без їх використання (2)

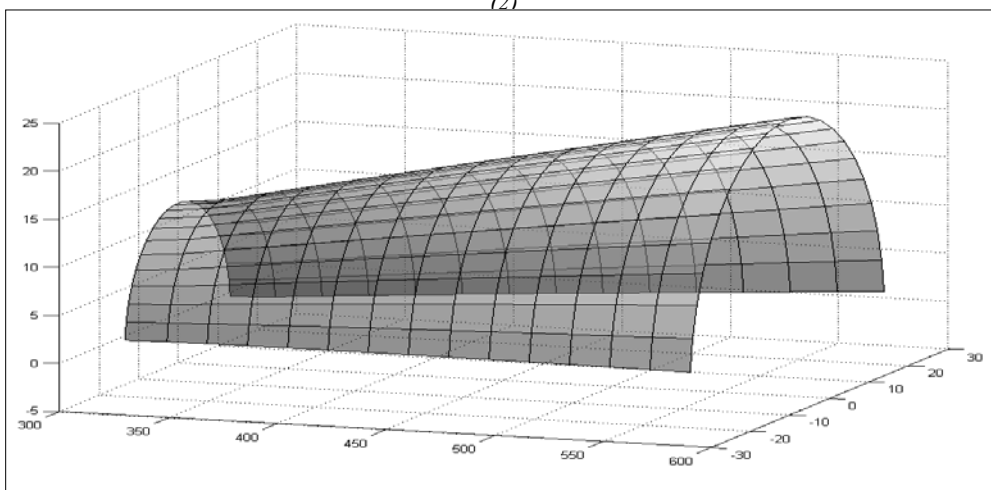


Рис. 3. Характеристична поверхня $(V, \theta, \psi) = f(\alpha, \gamma)$

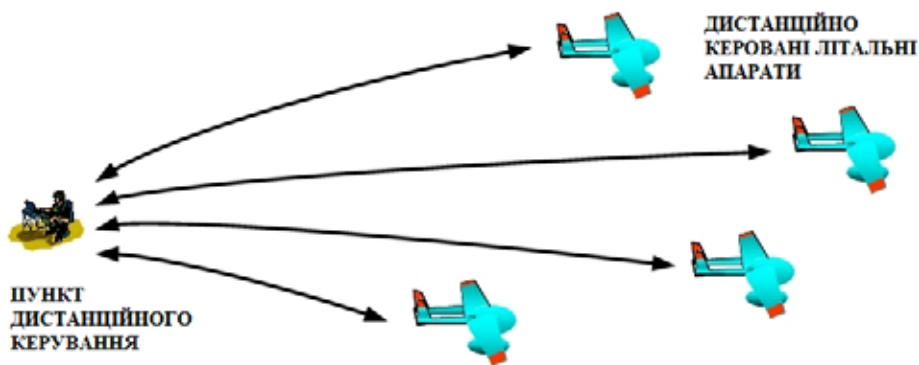


Рис. 4. Традиційна схема керування групою літальних апаратів

ницю часу, неможливо визначити, тому що оператор виключений із контуру управління об'єктом у силу своїх психофізіологічних обмежень.

Подолати цю невідповідність можна перекладом фазових координат об'єкта управління (систему екологічного моніторингу) у новий базис $\{X, Y, Z\}$ для забезпечення інформаційного узгодження оператора й об'єкта управління за допомогою перетворення:

$$X = X(u, \vartheta); \quad Y = Y(u, \vartheta); \quad Z = Z(u, \vartheta), \quad (5)$$

де X, Y, Z – значення відповідних осей координат, u, ϑ – криволінійні координати.

Уявлення точки руху об'єкта управління у фазовому просторі у вигляді зміни виду характеристичних поверхонь у просторі u, ϑ (рис. 3) дає змогу узгодити людину й технічні пристрої системи управління лише у відносно невеликому діапазоні умов, що явно недостатньо для реалізації управління системою екологічного моніторингу.

Отже, удосконалення технічної частини системи автоматизованого управління системою екологічного моніторингу без зміни самого принципу формування управління є несистемним шляхом вирішення проблематики побудови систем управління екологічним моніторингом.

Системне рішення полягатиме в реалізації нових підходів до формування управління об'єктом, щоб максимально узгодити потреби оператора з можливостями системи управління екологічним моніторингом. Для цього пропонується змінити системотехнічний принцип реалізації управління елементами системи екологічного моніторингу.

Традиційний підхід передбачає використання схеми управління, за якою кожним окремим об'єктом (елементом моніторингового комплексу) керує оператор у рамках окремого замкненого контуру управління (рис. 4).

Такий принцип реалізації управління здійснено в системі дистанційного керування наявних літальних апаратів. Аналогічні технічні рішення реалізовані в системі управління космічними кораблями й підводними човнами [15–17]. Однак якщо інформаційний потік від об'єктів управління (моніторинг у разі виникнення техногенних та екологічних аварій, катастроф) буде перевищувати фізіологічні можливості переробки його оператором ($\rho(x, u, t) > 1$), то це системотехнічне рішення буде неприйнятним.

Схемотехнічними рішеннями можна забезпечити зниження психофізіологічної напруженості функціонування оператора при управлінні системою еко-

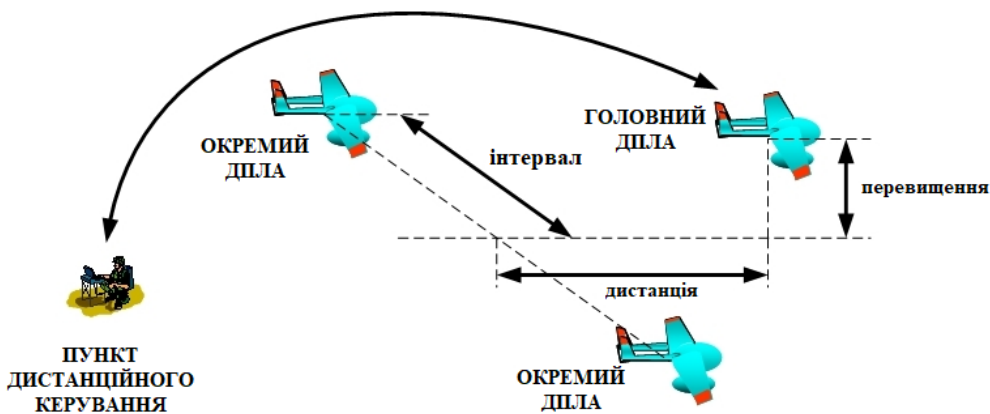


Рис. 5. Схема витримування групового режиму польоту літальних апаратів

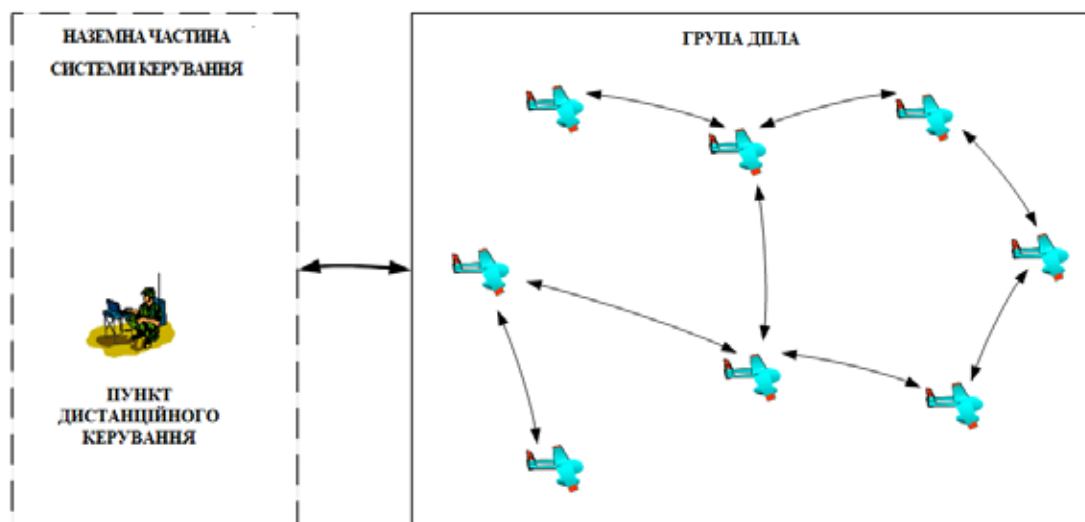


Рис. 6. Схема витримування групового режиму польоту ДПЛА екологічного моніторингу

логічного моніторингу в умовах екологічних загроз і ризиків у рамках двох напрямів.

Перший напрям полягає в реалізації схеми розподілу функцій управління між людиною й технічними пристроями, за якої оператор здійснює управління просторовими порядками елементів системи екологічного моніторингу, а автоматика реалізує всі функції для стабілізації становища елементів у заданому просторовому порядку (рис. 5).

Інформаційна напруженість функціонування оператора (операторів) у цьому випадку характеризується залежністю:

$$\rho^{\text{оп}}(x, u, t) = \sum_{j=1}^M \left(\frac{\tau_j(u, t)}{N_j} \cdot \sum_{i=1}^M \lambda_{ij}(x, t) \right), \quad (6)$$

де M – кількість груп елементів системи екологічного моніторингу з однаковими функціональними властивостями (наприклад, групи візуального, спектрального, теплового спостереження); N_j – кількість елементів у j -ої групі ($\sum_{j=1}^M N_j = N$); $\lambda_{ij}(x, t)$ – інтенсивності потоків запитів на заміну установок управління від кожного i -ого елемента системи екологічного моніторингу j -ої групи; $\tau_{ij}(u, t)$ – середній час обслуговування оператором запиту i -ого елемента системи екологічного моніторингу j -ої групи.

Другий напрям полягає в реалізації схеми розподілу функцій управління й узгодження характеристик людини й технічних пристроїв, за якої оператор здійснює управління макрооб'єктами, що включає елементи системи екологічного моніторингу, а автоматика реалізує всі функції управління елементами цього макрооб'єкта (у тому числі управління роботою апаратури екологічного спостереження (рис. 6)). Тому завдання автоматизації управління об'єктами виду «макросистема» можна формалізувати так. Припустимо, що замкнений контур управління описується системою рівнянь:

$$\begin{cases} \dot{X}(t) = F(X, U, a, \xi, t) \\ Y(t) = H(X, \eta, t) \\ U_o(t) = g_o(Y, t) \\ U(t) = f(X, Y, U_o, t) \end{cases}, \quad (7)$$

де $\tilde{O}(t)$ – n -мірний вектор стану системи; $U(t)$ – m -мірний вектор управління макросистемою; $Y(t)$ – l -мірний вектор вимірювань; $U_o(t)$ – m_o -мірний вектор управління оператора, $m > m_o$, $n > m_o$; $F(\dots)$ – багатовимірна нелінійна функція, що описує динамічні властивості макросистеми; $H(\dots)$ – нелінійна функція, що описує властивості інформаційно-вимірювальної підсистеми; $g_o(\dots)$ – нелінійна функція, що описує інформаційний інтерфейс оператора; $f(\dots)$ – власне алгоритм формування управління підсистемами, складовими макросистему; a – відомі параметри макросистеми.

Розглядаються умови конфлікту, де метою функціонування є досягнення максимального значення деякої функції виграшу (повнота й достовірність отриманої екологічної інформації):

$$U : \max C(X, U, t), \quad (8)$$

при виконанні обмежень $X \in \Omega_x$, $U \in \Omega_u$, $t \in [t_0, \dots, t_k]$.

Невизначеність полягає в тому, що апріорно невідома інформація про об'єкт спостереження (інформація про вектор стану об'єктів екологічного спостереження $X'(t)$), або функція зміни стану об'єктів екологічного спостереження $F'(X, U, a, \xi, t)$. Крім того, наявні обурення стану – $\zeta(t)$ – випадковий вектор гаусівських збурень стану системи з нульовим вектором середніх і кореляційною матрицею $Q(t)$:

$$\xi(t) \in \Omega_\xi : M[\xi(t)] = 0; M[\xi(t) \cdot \xi^T(t')] = Q(t)\delta(t - t')$$

і перешкоди вимірювання – $\eta(t)$ – випадковий l -мірний вектор гаусівських перешкод вимірів з нульовим вектором середніх і кореляційною матрицею $R(t)$:

$$\eta(t) \in \Omega_{\xi} : M[\eta(t)] = 0; M[\eta(t) \cdot \eta^T(t')] = R(t)\delta(t-t').$$

У цих умовах необхідно синтезувати систему управління екологічним моніторингом (визначити алгоритм функціонування інформаційного інтерфейсу оператора g_o та алгоритм управління підсистемами f):

$$g_o, f : \max C(X, U, t), \quad (9)$$

які б забезпечували значення функції виграшу не менше заданої $C(X, U, t) \geq C^*$ з урахуванням стохастичного обмеження:

$$P(C(X, U, t) \geq C^*) \geq P^*. \quad (10)$$

Це обмеження визначає якість синтезованого управління – забезпечення ймовірності одержання заданого виграшу не менше заданої (P^* і C^* є константами).

З погляду класичної теорії автоматичного управління це завдання має рішення тільки в тому випадку, коли виконуються умови повної керованості й спостережливості. Складність перевірки навіть достатніх умов керованості по відомих рангових критеріях [3; 5] вимагає розгляду інших умов. Однак наявність алгоритмів управління в кожній з підсистем, складників макросистеми гарантує повну спостережливість і керованість такого об'єкта управління, відповідно принципу можливість вирішення. Інформаційна напруженість функціонування оператора (операторів) у разі управління групою літальних апаратів екологічного спостереження представляється залежністю:

$$\rho^{mo}(x, u, t) = \tau^{mo}(u, t) \cdot \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_j} \lambda_{ij}(x, t)}{N}, \quad (11)$$

$$\text{де } \tau^{mo}(u, t) \in \left[\frac{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_j} \tau_{ij}}{N}, \max(\tau_{ij}) \right]$$

– середній час обслуговування оператором запитів на зміну завдань екологічного моніторингу (управління макрооб'єктами – системою екологічного моніторингу).

Реалізація управління макрооб'єктами потребує задання оператором двох параметрів: $x^*(t)$ – прогнозоване положення об'єктів дослідження та $\tilde{u}(t)$ – стратегії дій (включення апаратури спостереження), що враховує передбачувану стратегію розвитку екологічних аварій і катастроф $\hat{u}'(t)$.

Отже, розподіл функцій управління системою екологічного моніторингу, коли оператор управляє елементами комплексу як єдиним макрооб'єктом, а автоматичні системи здійснюють узгодження руху елементів комплексу (окремі літальні апарати й апаратура екологічного спостереження) у складі всієї системи (макрооб'єктами), відповідає вирішенню

завдання послідовної процедури оптимізації автоматизованої системи управління системою екологічного моніторингу із застосуванням ДПЛА.

Головні висновки. Синтез систем автоматизованого управління системою екологічного моніторингу (у рамках синергетичної схеми формування управління) неможливий при застосуванні наявних методів розподілу функцій управління між оператором та автоматичними пристроями, узгодження психофізіологічних характеристик оператора й автоматичних пристроїв, оцінювання психофізіологічної напруженості оператора. Запропоновано враховувати процеси взаємодії оператора й технічних засобів екологічного спостереження на більш високому рівні – інформаційному.

Для оцінювання напруженості функціонування оператора систем автоматизованого управління системою екологічного моніторингу, що реалізує синергетичну схему формування управління ДПЛА, адекватним є комплексний підхід до оцінювання, що передбачає розгляд показників з характеристикою інформаційного навантаження на оператора при формуванні управління.

Для оцінювання інформаційної напруженості функціонування оператора при синергетичному синтезі автоматизованих систем управління екологічним моніторингом адекватним показником є навантаження системи масового обслуговування, що включає оператора й автоматичні пристрої елементів у системі екологічного моніторингу.

На інформаційному рівні взаємодії оператора й автоматичних систем екологічного моніторингу адекватною математичною моделлю дослідження процесів управління є модель у вигляді систем масового обслуговування. Застосування цього виду моделі дасть змогу виявити основні інформаційно-структурні закономірності взаємодії оператора й автоматичних систем при реалізації синергетичної схеми формування управління екологічним моніторингом із застосуванням ДПЛА.

Мінімальне значення гомеостазисного критерію оптимізації систем автоматизованого управління системою екологічного моніторингу при реалізації синергетичної схеми формування управління відповідає поділу функцій між оператором (операторами), за якого людина визначає рух макрооб'єктів (група літальних апаратів екологічного спостереження), а автоматика реалізує всі функції руху елементів комплексу всередині цього макрооб'єкта й управління роботою апаратури екологічного спостереження.

Перспективи використання результатів дослідження. Перспективним напрямом використання результатів дослідження є включення оператора ДПЛА в контур контролю роботи апаратури спостереження з метою корекції управлінських рішень.

Література

1. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В. Загрози у сфері екологічної безпеки та їх вплив на стан національної безпеки. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2018. № 2 (18). С. 8–28.
2. Машков О.А., Кононов О.А., Самборський І.І. Проблематика совершенствования способов совместного применения беспилотных авиационных комплексов. *Арсенал*. Київ, 2007. С. 23–28.
3. Теорія автоматичного керування / Л.М. Артюшин, О.А. Машков, Б.В. Дурняк, М.С. Сівов. Львів : УАД, 2004. 272 с.
4. Машков О.А., Кононов О.А., Самборський І.І. Особливості організації синергетичного управління процесом застосування перспективних безпілотних авіаційних систем. *Труди академії*. Київ : НАОУ, 2008. № 2 (82). С. 65–74.
5. Теоретичні основи технічної кібернетики / Л.М. Артюшин, О.А. Машков, Б.В. Дурняк, О.А. Плащенко. Львів : Українська академія друкарства, 2004. 120 с.
6. Павлов В.В. Основы теории эргатических систем. Київ : Вища школа, 1979. 230 с.
7. Шеридан Т.Б., Феррелл У.Р. Системы человек-машина / пер. с англ. под ред. Н.В. Фролова. Москва : Машиностроение, 1981. 400 с.
8. Сложные технические и эргатические системы / А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.В. Харченко, В.В. Осташевский. Харьков : Факт, 1997. 240 с.
9. Машков О.А., Кононов О.А., Пастушенко В.П. Методи забезпечення функціональної стійкості авіаційних ергатичних систем. *Стан та шляхи вдосконалення технічної експлуатації, капітального ремонту, розробки та модернізації авіаційної техніки Збройних Сил України* : збірник тез доповідей та виступів науково-практичної конференції, 22–23 вересня 2005 р. Київ : ДНДІА, 2005. С. 45.
10. Korobchynskiy M., Mashkov O. Construction method of optimal control system of a group of unmanned aerial vehicles. *Informatyka, automatyka, pomiary w gospodarce i ochronie środowiska*. Lublin : Centrum Innowacji i Transferu Technologii Lubelskiego Parku Naukowo-Technologicznego, 2014. № 1. P. 41–43.
11. Korobchynskiy M., Mashkov O. Design of dynamic structural models of information management system of owing objects. *Informatyka Automatyka Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Środowiska / Informatics Control Measurement in Economy and Environment Protection*. 2013. № 4. P. 78–80.
12. Korobchynskiy M., Mashkov O. Design of dynamic structural models of information management system of moving objects. *Informatyka, automatyka, pomiary w gospodarce i ochronie środowiska*. Lublin : Centrum Innowacji i Transferu Technologii Lubelskiego Parku Naukowo-Technologicznego, 2013. № 4. P. 78–80.
13. Машков О.А., Мамчур Ю.В. Обоснование синергетической схемы управления группой дистанционно пилотируемыми летательными аппаратами. *Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту* : матеріали Міжнародної наукової конференції. Херсон : Вид. ХНТУ, 2018. С. 181–190.
14. Машков О.А., Мамчур Ю.В. Проблеми розвитку державної системи моніторингу навколишнього природного середовища з використанням аерокосмічних та геоінформаційних технологій. *Сучасні аерокосмічні технології в екологічному моніторингу* : матеріали доповідей науково-практичного семінару, м. Київ, 27 листопада 2017 р. Київ : ДЕА, 2017. С. 8–9.
15. Машков О.А., Кононов О.А. Применение теории функционально устойчивых систем для решения задач навигации и управления объектами вида «макросистема». *Системи управління, навігації та зв'язку*. Київ : ЦНДІ навігації та зв'язку, 2007. Вип. № 3. С. 15–19.
16. Машков О.А., Кононов О.А. Аналіз результатів досліджень функціонально-стійких технічних систем. *Вісник Житомирського державного технічного університету*. Житомир : ЖДТУ, 2006. № 3 (38). С. 93–103.
17. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій. *Екологічні науки* : науково-практичний журнал. Київ : ДЕА, 2019. № 4 (27). С. 201–206.

АНАЛІЗ І ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ І ГІДРОСФЕРИ КРИВБАСУ

Салій І.В.¹, Засельський В.Й.², Криворучкіна О.В.²,
Пополов Д.В.², Сусло Н.В.², Сагалай Д.В.², Фортуна В.О.³

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ

²Технологічний навчально-науковий інститут
Державного університету економіки і технологій
вул. Степана Тільги, 5, 50006, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.

³Казенне підприємство «Кривбасгеологія»
пр. Поштовий, 37, 50000, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.
igor.salii@gmail.com, kminmetau@gmail.com, fortuna 7432@gmail.com

Дослідження ґрунтів і гідросфери, що входять до Криворізького промислового регіону, є одним із найважливіших завдань в охороні навколишнього природного середовища. Сучасний стан довкілля в Кривому Розі має чітко виражений техногенний характер, який сформувався внаслідок впливу роботи металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» і великої кількості гірничо-збагачувальних і різноманітних промислових підприємств. Ступінь забруднення ґрунтів важкими металами значною мірою залежить від кількості надходження їх у навколишнє середовище, а також від природних кліматичних умов (температури повітря, кількості атмосферних опадів, рН ґрунту, механічного складу ґрунтів тощо) та фізико-хімічних особливостей цих сполук (їх розчинності у воді, леткості тощо). У ґрунтах визначався загальний валовий уміст кадмію, мангану, міді, нікелю, свинцю, цинку. Основними джерелами надходження забруднюючих сполук у річку Інгулець у районі м. Кривий Ріг є рудникові промислові стічні води Криворізького та Інгулецького гірничозбагачувальних комбінатів.

Скидання зворотних вод гірничорудними підприємствами Кривбасу в р. Інгулець створює потенційну загрозу для життя та здоров'я людей, котрі споживають питну воду, джерелом якої є ця річка. Води річки характеризуються значним забрудненням сполуками важких металів передусім сполуками мангану, міді, хрому шестивалентного, дещо менше сполуками цинку та заліза загального. Найбільш високий рівень забруднення води спостерігають за сполуками мангану. Середні концентрації цього показника перевищували ГДК у 2–8 разів, а максимальні разові – у 2–26 разів. Аналіз стану ґрунтів і гідросфери Криворізького регіону свідчить про незадовільний їх стан. Установлено, що діяльність промислового комплексу міста значно впливає на кількість і показники техногенних факторів, які, у свою чергу, негативно впливають на якість ґрунтів і гідросфери. Для уникнення техногенної катастрофи та покращення стану ґрунтів і гідросфери необхідно очищення шахтних вод включати до загального технологічного циклу підприємств, що дасть можливість раціонально використовувати природні ресурси.
Ключові слова: ґрунти, гідросфера, проби води, забруднення, зворотні води, важкі метали, моніторинг, концентрація забруднення, мінералізація, екосистема.

Analysis and research of the state of soils and hydrosphere of Kryvbas. Saliy I., Zaselskyi V., Kryvoruchkina O., Popolov D., Suslo N., Sahalai D., Fortuna V.

Research of soils and hydrosphere, which is part of the Kryvyi Rih industrial region, is one of the most important tasks in environmental protection. The current state of the environment in Kryvyi Rih has a clear technogenic character, which was formed as a result of the impact of the metallurgical plant "ArcelorMittal Kryvyi Rih" and a large number of mining and processing and various industrial enterprises. The degree of contamination of soils with heavy metals largely depends on the amount of their entry into the environment, as well as on natural climatic conditions (air temperature, precipitation, soil pH, mechanical composition of soils, etc.) and physicochemical properties of these compounds (their solubility in water, volatility, etc.). The total gross content of cadmium, manganese, copper, nickel, lead, and zinc was determined in the soils.

The main sources of pollutants in the Ingulets River near Kryvyi Rih are the industrial wastewater mines of the Kryvyi Rih and Ingulets Mining and Processing Plants. The discharge of return water by the mining enterprises of Kryvbas in the Ingulets River poses a potential threat to the life and health of people who consume drinking water, the source of which is this river. The river waters are characterized by significant pollution by heavy metal compounds, primarily manganese, copper, hexavalent chromium, and to a lesser extent by zinc and total iron.

The highest level of water pollution is observed for manganese compounds. The average concentrations of this indicator exceeded the MPC by 2–8 times, and the maximum single concentrations by 2–26 times. Analysis of the state of soils and hydrosphere of the Kryvyi Rih region indicates their unsatisfactory condition. It is established that technogenic factors from the activity of the industrial complex of the city significantly affect the environment, especially the quality of soils and the hydrosphere.

To avoid a man-made catastrophe and improve the condition of soils and hydrosphere, it is necessary to include mine water treatment in the general technological cycle of enterprises, which will allow the rational use of natural resources. *Key words:* soils, hydrosphere, water samples, pollution, return waters, heavy metals, monitoring, concentration, mineralization, ecosystem.

Постановка проблеми. За останні роки аналіз досліджень щодо ґрунтів і гідросфери [1; 2; 3; 4; 5] свідчить, що в зоні впливу гірничо-металургійних підприємств Кривбасу склалися загрозові обставини, які потребують вагомих сучасних науково-технічних рішень, спрямованих на суттєве покращення екологічного стану як у самому місті, так і на прилеглих до нього територіях.

Найбільш потужними користувачами води в Україні є промислові підприємства, які є основними лідерами щодо обсягів скидання зворотних вод у прилеглі водойми річок, де їх частка перевищує 60% [1].

Актуальність дослідження. Загрозовим є негативний вплив на стан річок зворотних неочищених і дуже мінералізованих шахтних і кар'єрних вод [5; 6]. Так, у циклах технологічних підприємств Кривбасу діють схеми використання шахтних вод з накопиченням їх надлишків і щорічним скиданням у річку Інгулець, що потребує обов'язкового подальшого промивання її русла водою, акумульованої у водосховищах. Щорічно в Кривбасі відкачується від 20 до 22 млн м³ високомінералізованих шахтних вод із середньою мінералізацією майже 30 г/л, де вміст хлоридів, сульфатів, магнію, калію перевищує гранично допустимі концентрації для поверхневих водневих об'єктів. Крім шахтних вод, відкачують щорічно від 18 до 20 млн м³ і кар'єрних, що в сукупності становить понад 40 млн м³ [6].

Окрім гідросфери, до основних елементів загальної екосистеми зараховують також ґрунти. Для великих міст характерне забруднення ґрунтів важкими металами, найнебезпечніші з яких – Сg, Сu, Mn, Ni, Pb, Zn. Потрапляючи до ґрунту з газопиловими викидами внаслідок діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу міста, впливу великої кількості різноманітного залізничного й автомобільного транспорту, вони акумулюються в значних кількостях, перевищуючи гранично допустимі концентрації [7]. Тому роботи, спрямовані на екомоніторинг стану ґрунтів і гідросфери, залежних від впливу на них гірничо-металургійних підприємств Кривбасу, а також аналіз можливого використання науково-технічних рішень, що сприяють покращенню екологічного стану в регіоні, є актуальним завданням.

Дослідження проведено в межах виконання етапу «Аналіз стану забруднення повітря, води та ґрунтів, сучасні методи дослідження, шляхи покращення екологічної ситуації» НДР «Розроблення екологічно прийнятних технологій поводження з відходами гірничорудної та металургійної промисловості», номер Державної реєстрації 0120U101148.

Мета роботи – аналіз стану забруднення ґрунтів важкими металами в зонах впливу гірничо-металургійних підприємств Кривого Рогу та забруднення річки Інгулець за течією вище й нижче розташування міста. За результатами проведеного аналізу зробити висновки щодо екологічного стану ґрунтів і річки Інгулець унаслідок діяльності промислових

підприємств міста й надати рекомендації для використання сучасних технічних рішень, які спрямовані на зменшення їх забруднення.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Методологія досліджень полягала у вивченні стану ґрунтів і гідросфери в зоні впливу промислових підприємств Кривбасу за останні 5 років потребує:

- виконати аналіз забруднення важкими металами і їх уміст у ґрунтах міста й річки Інгулець за останні 5 років;

- розробити рекомендації щодо шляхів зменшення забруднення й раціонального використання природних ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до спостережень за станом забруднення ґрунтів важкими металами отримана інформація щодо загального валового вмісту кадмію, мангану, міді, нікелю, цинку, свинцю поблизу джерел промислових викидів в атмосферу – підприємств гірничорудної, металургійної, машинобудівної, будівельної галузі, а також на територіях, призначених для визначення фонових природних рівнів. Відбір проб проводився фахівцями Криворізької ЛСЗА в 2014 та 2019 рр. відповідно до Програми спостереження за забрудненням навколишнього середовища гідрометеорологічних організацій Державної служби України з надзвичайних ситуацій (Наказ МВС України від 16.11.2018 № 931). Визначення складу токсикантів промислового походження в населених пунктах здійснюють один раз за 4–5 років залежно від одержаних результатів моніторингу. Отже, проведено аналіз 60 проб ґрунтів у різних точках міста у 2014 році та 65 проб у 2019 році.

На діаграмах рис. 1 наведено зведені показники забруднення ґрунтів важкими металами за 2014 та 2019 роки, які свідчать, що, окрім нікелю (максимальний уміст сягав у 2019 році 47 мг/кг, що нижче гранично допустимої концентрації (ГДК), усі інші забруднюючі речовини в цьому році були зменшені порівняно з 2014 роком. Але за деякими максимальний і середній уміст не відповідав установленим нормам ГДК. Так, загалом по місту середній уміст свинцю становив 18 мг/кг, мангану – 913 мг/кг, міді – 21 мг/кг, кадмію – 0,2 мг/кг, що є допустимими та помірними нормами для ґрунтів. Середній уміст цинку перевищував ГДК у 1,46 разів, максимальний уміст свинцю у 2,5 рази й сягав 74 мг/кг на схід від території Криворізького локомотивного депо, цинку – 2,2 ГДК біля управління Новокриворізького гірничозбагачувального комбінату ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», мангану – 1,66 ГДК на території Криворізького сурикового заводу. Уміст кадмію відповідав нормам ГДК. Отже, проведений аналіз даних спостережень за забрудненими ґрунтами свідчить, що його стан порівняно з 2014 роком покращився, але по цинку він незадовільний. Причому варто відзначити, що з проаналізованих 65 проб, відібраних у 2019 році на різноманітних ділянках і у райо-

нах міста, у 53 пробах концентрація забруднення по цинку перевищувала допустиму норму.

Крім дослідження забруднення ґрунтів міста, проведений аналіз стану гідросфери Кривбасу. Так, за останні п'ять років проаналізовано забруднення основної водної артерії Кривбасу – річки Інгулець за гідрохімічними показниками. Основними джерелами надходження забруднюючих сполук у річку в районі Кривого Рогу є скидання зворотних вод гірничорудними підприємствами Кривбасу, що створює потенційну загрозу для життя та здоров'я людей.

Моніторинг стану забруднення поверхневих вод Інгульця за гідрохімічними показниками на території Дніпропетровської області проводився гідрометеорологічними організаціями в пункті р. Інгулець м. Кривий Ріг у 2 створах: 1,0 км вище Кривого Рогу, 2,5 км вище впадіння р. Саксагань і 1,0 км нижче Кривого Рогу, 0,5 км нижче скидання стічних вод Південного гірничозбагачувального комбінату.

Відбір проб води в цих пунктах спостережень проводили щомісяця.

У пробах води за період спостереження з 2014 по 2019 роки визначався основний сольовий склад, забруднюючі мінеральні й органічні речовини та фізичні властивості води. Динаміка забруднень річки Інгулець біля Кривого Рогу за гідрохімічними показниками у період з 2014 по 2019 роки наведена на рис. 2.

За даними спостережень, кисневий режим річки упродовж 2014–2019 років характеризувався як задовільний. Середній уміст кисню перебував у межах 8,20–9,12 мгО₂/дм³. Дефіциту кисню у воді річки за роки спостережень не реєстрували. Водночас у річці спостерігається високий і природний уміст солей. На формування стоку розчинених солей у річці впливає антропогенний фактор, де істотну роль відіграє господарська діяльність гірничодобувного комплексу. Середня мінералізація річки в районі

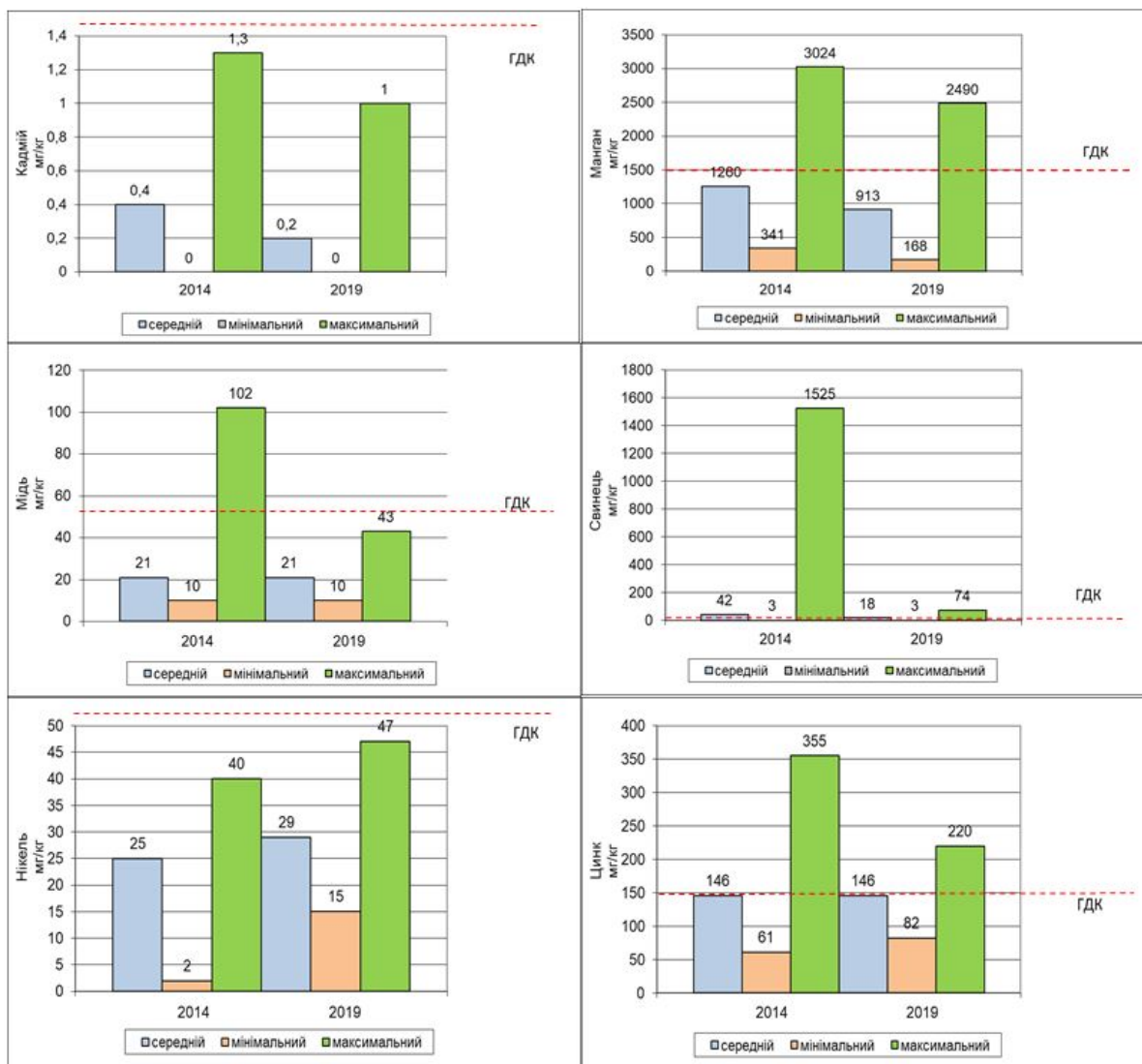
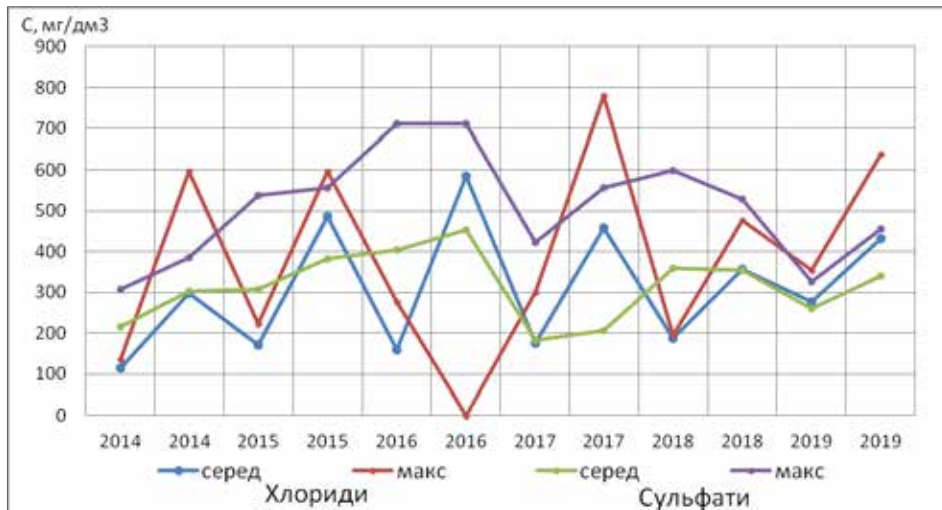
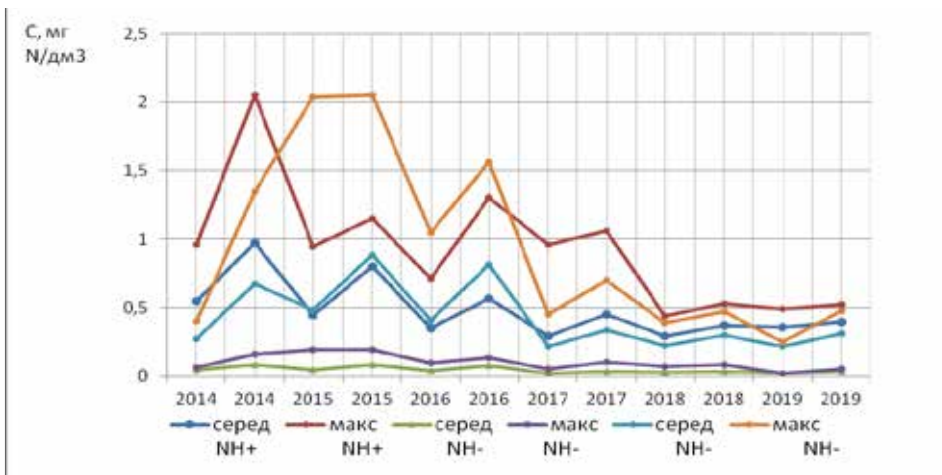


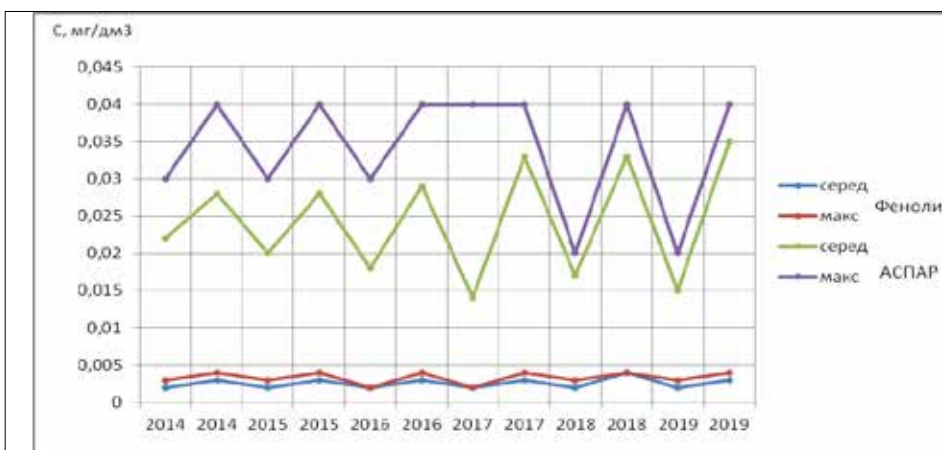
Рис. 1. Середні, мінімальні та максимальні рівні вмісту важких металів (мг/кг) у 2014 році та першому півріччі 2019 року



а)

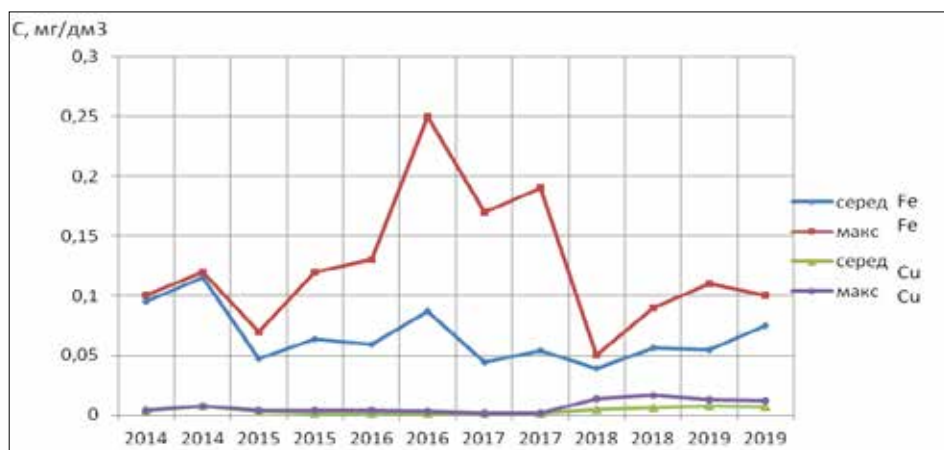


б)

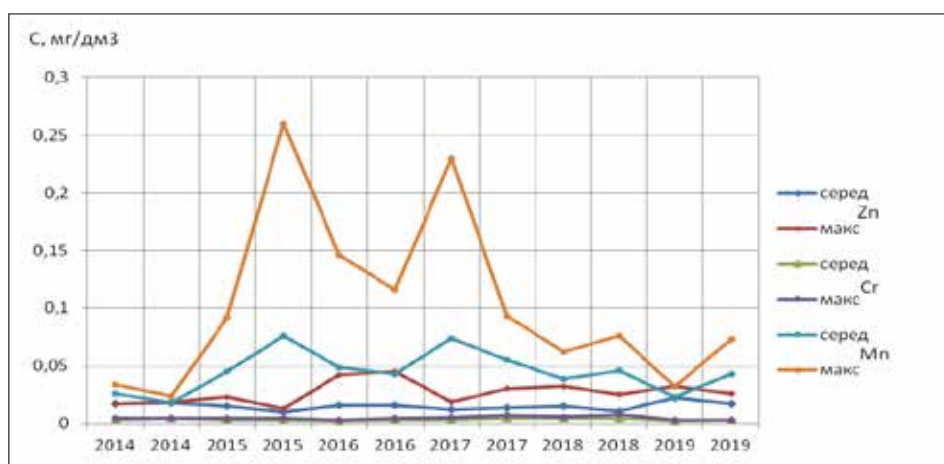


в)

Рис. 2. Забруднення р. Інгулець у районі м. Кривий Ріг за гідрохімічними показниками у 2014 році – I півріччя 2019 року: а) – концентрація хлоридів і сульфатів, мг/дм³; б) – концентрація азоту амонійного, нітритного та нітратного, мг N/дм³; в) – концентрація фенолів та АСПАР, мг/дм³; г) – концентрація Fe та Си, мг/дм³; д) – концентрація Zn, Cr, Mn, мг/дм³



з)



д)

Продовження рис. 2.

міста сягала 595–1761 mgO_2/dm^3 , що перевищує ГДК за рахунок підвищеного вмісту хлоридів і сульфатів, а максимальна – 3000 mgO_2/dm^3 .

Упродовж досліджуваного періоду на ділянці річки Інгулець у районі міста Кривий Ріг середні значення амонійної форми азоту змінювалися від 0,292 kgN/dm^3 до 0,972 mgN/dm^3 , що відповідає 0,71–1,7 ГДК. Максимальний разовий уміст був у діапазоні від 0,44 mgN/dm^3 до 2,05 mgN/dm^3 (тобто 1,1–5,2 ГДК). Найбільш висока концентрація зафіксована у 2014 році в нижньому створі Кривого Рогу. Границі коливань нітратної форми азоту становили 1–4 ГДК (за середнім умістом) і 1,0–9,5 ГДК (за максимальним). Забруднення з максимальною концентрацією 0,190 mgN/dm^3 (9,5 ГДК) відмічено у створі 1,0 км нижче Кривого Рогу у 2015 році.

Води річки характеризуються значним забрудненням сполуками важких металів передусім сполуками мангану, міді, хрому шестивалентного, дещо менше сполуками цинку та заліза загального. Найбільш високий рівень забруднення спостерігався за сполуками мангану. Середні концентрації цього показника перевищували ГДК у 2–8 разів, а максимальні разові –

у 2–26 разів. У пункті спостережень за період 201–52017 роки відмічено 4 випадки забруднення води сполуками мангану на рівні високого забруднення (ВЗ) з концентраціями 0,260 mg/dm^3 ; 0,146; 0,116; 0,230 mg/dm^3 , що відповідає 26, 14,6; 11,6; 23 ГДК. Підвищений рівень забруднення води спостерігався й за сполуками міді. Середній уміст змінювався від 0,002 до 0,008 mg/dm^3 (2–8 ГДК). Тенденція до підвищення концентрацій сполук міді зафіксована у 2018 та 2019 роках. У цей період концентрації зросли до значень 0,012–0,017 mg/dm^3 (12–17 ГДК).

За даними забруднення води річки сполуками хрому шестивалентного можна відзначити деяку тенденцію до стабілізації вмісту цього інгредієнта. За цей період спостережень середні концентрації перевищили рівень ГДК у 2–4 рази, а максимальні – у 3–8 разів. Підвищені концентрації хрому шестивалентного в 6–8 разів зафіксовано у 2017–2018 роках.

Для індустріальних центрів, яким є Кривий Ріг, характерне забруднення водних об'єктів сполуками цинку. У районі міста вміст сполук цинку залишається досить стабільним. Середній уміст сягав 0,022 mg/dm^3 (2,2 ГДК), а у 2016 році разові строкові

Таблиця 1

Усереднені результати вимірювань загальних характеристик складу, властивостей і концентрації забруднених речовин у воді ставка-накопичувача балки «Свистунова»

№ з/п	Найменування показників (характеристик), одиниці вимірювання	Значення показників		ГДК мг/дм ³
		2019 рік	2020 рік	
1	Азот амонійний, мг/дм ³	1,6	0,28	1,0
2	Біохімічне споживання кисню (БСК), мгО ₂ /дм ³	3,87	2,7	3,0
3	Водневий показник, мг/дм ³	7,8	7,85	
4	Завислі речовини, мг/дм ³	2,95	18	
5	Залізо (загальне), мг/дм ³	0,063	0,085	0,1
6	Нафтопродукти, мг/дм ³	0,027	0,0375	0,1
7	Кисень розчинений, мг/дм ³	5,5	4,6	
8	Нітрати, мг/дм ³	4,25	4,2	
9	Нітрити, мг/дм ³	0,09	0,07	
10	Сульфати, мг/дм ³	1416	1410	500
11	Сухий залишок, мг/дм ³	44000	41830	
12	Феноли, мг/дм ³	0,001	0,001	0,001
13	Фосфати, мг/дм ³	0,033	0,028	0,063
14	Хлориди, мг/дм ³	20690	19198	350

дані в обох створах досягали 0,042–0,045 мг/дм³ (4,2–4,5 ГДК). Середні значення сполук заліза загального змінювалися від 0,039 мг/дм³ (0,39 ГДК) до 0,115 мг/дм³ (1,15 ГДК). Найбільша разова концентрація на рівні 2,5 ГДК зафіксована у 2016 році в нижньому створі міста. Уміст фенолів (середній і максимальний) у річці впродовж цього періоду утримувався практично на стабільному рівні – у діапазоні від 2 до 4 ГДК. Аніонні синтетичні поверхнево-активні речовини (АСПАР), які потрапили в поверхневі води річки, становили 0,014–0,040 мг/дм³, що є нижче допустимих нормативів.

Одним із найважливіших питань є дослідження якості води в балці «Свистунова» – ставку-накопичувачу підземних шахтних вод із дуже високою мінералізацією, що негативно впливає на гідросферу Криворізького басейну. Протягом останніх 7 років вода, яка накопичується в балці, щорічно скидається (з листопада по лютий) у річку Інгулець. Обсяг шахтної води, що скидається, у середньому сягає від 10 млн. м³ до 11 млн. м³ на рік. Усереднені результати вимірювань концентрації мінеральних речовин у ставку-накопичувачі балки «Свистунова» за 2019 рік – за перше півріччя 2020 року наведено в таблиці 1.

З аналізу результатів вимірювання загальних характеристик складу, властивостей і концентрації

забруднених речовин у воді ставка-накопичувача балки «Свистунова» видно, що за перше півріччя 2020 року порівняно з 2019 роком знизилися та ввійшли до нормативно-прийнятих значень показники по амонійному азоту, БСК (біохімічному споживанню кисню). Інші, крім сульфатів і хлоридів, у 2019 році та першому півріччі 2020 року були нижчими за ГДК. Сульфати та хлориди також знизилися в першому півріччі 2020 року порівняно з показниками 2019 року, але в рази перевищують допустимі концентрації.

Так, по сульфатах перевищення ГДК становило 2,82 раза, а по хлоридах 54,85 раза.

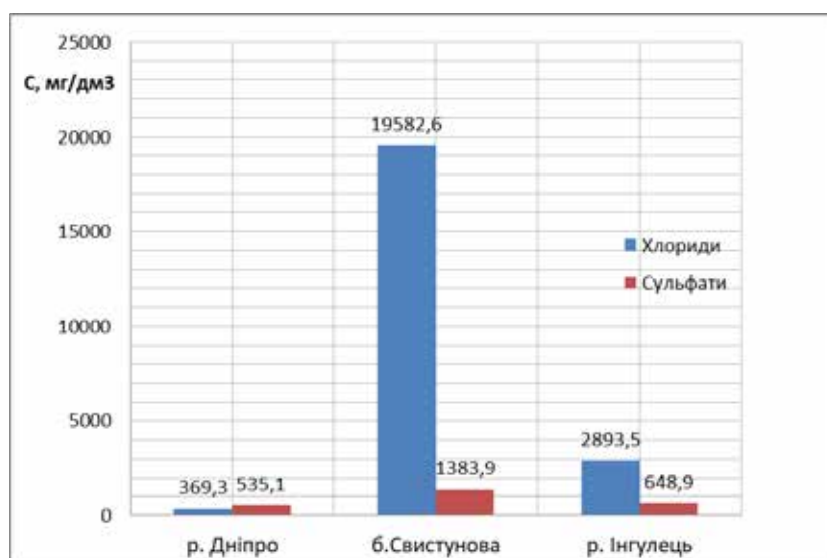


Рис. 3. Результати досліджень хімічного дослідження проб на вміст основних забруднюючих речовин, відібраних у річках Дніпро й Інгулець і в ставку-накопичувачу у 2020 році за період із 20.01.2020 по 31.01.2020

Для зниження впливу такої надмірної мінералізації шахтної води, яка скидається в річку Інгулець, її обсяг частково розбавляється від 44 до 45 млн. м³ водою з Карачунівського водосховища, розташованого вгору за течією від точки скидання. Для заповнення цього обсягу вода транспортується через канал Дніпро-Інгулець із Кременчуцького водосховища в Карачунівське, яке розташоване в басейні річки Інгулець.

Для зниження мінералізації шахтних вод, які скидають у річку Інгулець, беруть близько 60 млн. м³ води з каналу Дніпро-Інгулець.

На діаграмі (рис. 3) наведено результати досліджень проб на вміст основних забруднюючих речовин, відібраних у річках Дніпро й Інгулець нижче точки скидання шахтних вод і в ставку-накопичувачу за період із 20.01.2020 по 31.01.2020.

Як свідчать наведені дані на рис. 3, частка сульфатів і хлоридів після їх скидання в річку значно зменшилася (хлоридів у 6,7 раза, сульфатів у 2,1 раза), але вони значно перевищують установлені ГДК. Це викликає дуже серйозні негативні наслідки, які стосуються не тільки міста Кривий Ріг, а й Херсонської та Миколаївської областей:

- у селах і селищах, прилеглих до Інгульця в Дніпропетровській, Херсонській, Миколаївській областях, підвищилася солоність води в місцевих джерелах водопостачання (значно вище допустимих нормативів 1 г/л);

- солоні вода потрапляє в зрошувальні системи Миколаївської та Херсонської областей, що призводить до засолення десятків тисяч гектарів цінних агропробудованих земель.

Скидання високомінералізованих шахтних вод у річку Інгулець призводить до величезних економічних збитків у всіх трьох областях за рахунок недоотриманого врожаю, безповоротних утрат

тисяч гектарів осолонцьованих і засолених земель, необхідності додаткового водопостачання прісною водою сіл і селищ.

Точну оцінку щорічного економічного й екологічного збитків ніколи не проводили, але, за експертною оцінкою фахівців, вони становлять десятки мільярдів гривень щорічно. Тому є гостра потреба швидко знайти науково обґрунтовані технічні рішення, які б сприяли зменшенню забруднення водою Кривбасу та прилеглих областей.

До заходів, що мають забезпечити нормальний стан річки Інгулець, можна зарахувати такі:

- перегляд чинних критеріїв якості води щодо придатності її в різних технологічних процесах;

- нормування якості води за критеріями придатності для різноманітних видів її використання;

- скорочення скидань забруднюючих речовин шляхом упровадження технологічних процесів демінералізації шахтних вод безпосередньо на гірничих підприємствах міста;

- застосування раціональних засобів з очищення стічних вод;

- упровадження якісної системи моніторингу параметрів, які б характеризували стан геологічного середовища й техногенного навантаження і вплив один на одного.

Головні висновки. Аналіз стану ґрунтів і гідросфери Криворізького регіону свідчить про незадовільний їх стан. Установлено, що діяльність промислового комплексу міста значно впливає на кількість і показники техногенних факторів, які, у свою чергу, негативно впливають на якість ґрунтів і гідросферу. Для уникнення техногенної катастрофи та покращення стану ґрунтів і гідросфери необхідно очищення шахтних вод включати до загального технологічного циклу підприємств, що дасть можливість раціонально використовувати природні ресурси.

Література

1. Левченко Е.С. Опреснение карьерных и рудничных вод в условиях Кривбасса. *Геотехнічна механіка*. 2017. № 132. С. 220–228.
2. URL: <http://geonews.com.ua/news/detail/kuda-tekut-solenye-reki-krivbassa-14362>.
3. Пигулевский П.И., Тяпкин О.К., Свистун В.К. Применение геофизических методов для решения гидрогеоэкологических задач на территории Южного Кривбасса. *Геофизический журнал*. 2018. Вып. 40. № 3. С. 165–178.
4. Пляцук Л.Д., Бурла О.А. Вплив техногенних об'єктів на гідросферу як фактор екологічного ризику. *Екологічна безпека*. 2008. № 2. С. 40–43.
5. Багрій І.Д., Блінов П.В., Пишина Н.Г. Оптимізація системи об'єктивного моніторингу підземних вод території ГЗК Криворізького залізорудного басейну. *Інформаційний бюлетень про стан геологічного середовища України (1999–2020 рр.)*. Київ : Укр. ДТPI, 2002. № 18. С. 22–42.
6. Плотніков О.В. Зміни екологічного стану гідросфери півдня криворізького басейну. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2014. № 1–2. С. 19–26.
7. Флоря Л. В. Оцінка рівня забруднення ґрунтів важкими металами та їх вплив на урожайність сільськогосподарських культур у Північно-Західному Причорномор'ї. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2012. № 13. С. 131–141.

МІСЦЕ ІНДИКАТИВНИХ ВИМІРЮВАНЬ У СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Суха Н.О., Григор'єва Л.І.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв
natali.sukha2020@gmail.com

У рамках імплементації положень Директив ЄС щодо якості атмосферного повітря у національне законодавство України нині пропонується запровадження громадського екологічного моніторингу якості атмосферного повітря на підставі індикативного вимірювання показників якості повітря через сенсорні датчики. У роботі представлено результати аналізу застосування поняття «індикативний моніторинг» у системі моніторингу якості атмосферного повітря. Для цього проаналізовано поняття «індикативні вимірювання» і власний досвід розроблення, розгортання на Миколаївщині автоматизованої системи радіаційного контролю, яка базувалася на індикативних вимірюваннях. Показано, що на Миколаївщині у постчорнобильський період тривалий час (1986–2000 рр.) функціонувала автоматизована система радіаційного контролю, яка давала змогу в постійному режимі мати інформацію про рівні потужності експозиційної дози у сімнадцяти населених пунктах Миколаївської області. За цією системою населення області мало поточну інформацію про рівень потужності експозиційної дози у всіх райцентрах області, а керівництво області володіло інструментом для оперативного прийняття необхідного рішення у разі зміни радіаційної ситуації. Показано, що системи громадського індикативного моніторингу якості атмосферного повітря за прикладом тих, що ефективно функціонують в Європі, дадуть змогу вирішити питання, які не можуть бути вирішені за допомогою стаціонарних постів спостереження за якістю атмосферного повітря: 1) питання безперервності вимірювань вмісту поллютантів в атмосферному повітрі; 2) питання широкого територіального охоплення вимірювання вмісту поллютантів в атмосферному повітрі. Показано можливості застосування окремих сенсорних датчиків у системі індикативного моніторингу якості атмосферного повітря: станції моніторингу якості повітря Air Fresh Max та станції Oxygen з CH_2O . Показано, що індикативні вимірювання вмісту поллютантів у повітрі за допомогою компактних станцій добре справляються із завданням інформування користувачів про стан повітря. При цьому не виключається необхідність фіксованих вимірювань, які залишаються джерелом офіційної інформації. *Ключові слова:* атмосферне повітря, система моніторингу, індикативні вимірювання.

Place of indicative measurements in the atmospheric air quality monitoring system. Sukha N., Grygorieva L.

As part of the implementation of the regulations of the EU Directives on atmospheric air quality in the national legislation of Ukraine, it is proposed to introduce public environmental monitoring of air quality based on indicative measurement of air quality indicators through sensor probes. The paper presents the results of the analysis of the application of the concept of “indicative monitoring” in the air quality monitoring system. For this purpose, the concept of “indicative measurements” and own experience of its development, and deployment in the Mykolaiv area of the automatic system of radiation control based on indicative measurements are analyzed.

It is shown that in the Mykolaiv region in the post Chernobyl period for a long time (1986–2000) there was an automatic radiation monitoring system, which allowed to have information about the levels of exposure dose rate in seventeen settlements of the Mykolaiv region. Under this system, the population of the region had current information on the level of the exposure dose rate in all district centers of the region, and the regional leaders had a tool for decision-making in the case of the radiation situation change.

It is shown that the systems of public indicative monitoring of atmospheric air quality, following the example of those that function effectively in Europe, will solve issues that cannot be solved with the help of stationary air quality monitoring posts: 1) continuity of measurements of pollutants in the atmospheric air; 2) the issue of wide territorial coverage of measuring the content of pollutants in the air. Possibilities of separate sensor probes application in the system of indicative monitoring of atmospheric air quality are introduced on the example of the air quality monitoring stations “Air Fresh Max” and “Oxygen” stations with CH_2O . It is stated that indicative measurements of the air pollutants content with the help of compact stations cope well with the task of informing users about the state of the air. Meanwhile, the necessity of fixed measurements as a source of the official information is not excluded. *Key words:* atmospheric air, monitoring system, indicative measurements.

Запровадження системи публічного інформування громадськості передбачене Директивою 2008/50/ЄС «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи», яка лягла в основу Постанови Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря».

У рамках імплементації положень цієї Директиви у національне законодавство України нині пропонується запровадження громадського екологічного моніторингу якості атмосферного повітря на під-

ставі індикативного вимірювання показників якості повітря через сенсорні датчики. Метою роботи є дослідження застосованості поняття «індикативний моніторинг» у оцінці якості атмосферного повітря. Для цього проаналізовано поняття «індикативні вимірювання» і власний досвід розроблення, розгортання на Миколаївщині автоматизованої системи радіаційного контролю, яка базувалася на індикативних вимірюваннях.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до п. 26 ст. 2 Директиви 2008/50/ЄС від 21 травня

2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи «індикативні вимірювання – це вимірювання, які відповідають вимогам щодо якості даних, які є менш суворими, ніж вимоги до фіксованих вимірювань».

Індикативні вимірювання для оцінки якості атмосферного повітря за вмістом радіоактивних речовин застосовуються здавна. Так, автоматизовані системи зовнішнього радіаційного контролю (АСКРО) у 30-км зоні навколо АЕС працюють саме на принципі індикативних вимірювань: здійснюється оцінка вмісту радіоактивних речовин у повітрі на підставі визначення потужності експозиційної дози, яка формується від присутніх у повітрі гамма-випромінюючих речовин.

Так, на Миколаївщині у постчорнобильський період тривалий час (1986–2000 рр.) функціонувала автоматизована система радіаційного контролю (АСРК) [2; 4], яка давала змогу в постійному режимі мати інформацію про рівні потужності експозиційної дози у 17 населених пунктах Миколаївської області.

Ця система надавала можливість оперативно оцінювати якість атмосферного повітря у населених пунктах Миколаївської області, в автоматизованому режимі спостерігати за динамікою потужності експозиційної дози в цих пунктах. Розгортання цієї системи на Миколаївщині було продиктоване метою – забезпечити відкритий доступ до інформації про рівні потужності експозиційної дози на території області, у повітряний простір якої можливе потрапляння радіонуклідів від функціонуючих навколо АЕС (рис. 1).

Також ця система давала змогу оптимізувати йодну профілактику населення у разі необхідності її застосування: датчики-радіометри встановлювалися із сигналізацією про перевищення граничного порогу у 250 мкР/год. Цей поріг було визначено за результатами кореляційно-регресійного зв'язку між рівнем потужності експозиційної дози і рівнем активності ^{131}I у повітрі. Граничнодопустимому рівню активності ^{131}I у повітрі 5,55 Бк/м³ відповідав рівень 250 мкР/год (рис. 2).

У разі спрацьовування датчика про перевищення граничного рівня була відпрацьована програма оповіщення населення про необхідність блокування щитоподібної залози стабільним йодом. Таким чином, індикативні вимірювання рівня потужності експозиційної дози давали змогу ефективно провести йодну профілактику населення у разі перевищення рівня ^{131}I у повітрі.

Ця система індикативних вимірювань для оцінки радіаційного стану атмосферного повітря свого часу була метрологічно атестована. Основу цієї системи становили радіометри СРП-88Н, на базі яких було сконструйовано пороговий сигналізатор ТІК [6; 7].

Узагальнені результати спостережень за потужністю експозиційної дози у 17 населених пунктах Миколаївської області, за даними моніторингу через АСРК за 10 років (1991–2000 рр.), наведено на рис. 3. За цими даними середня величина ПЕД на території досліджених населених пунктів перебувала у межах 12–20 мкР/год. Розмах коливань цих величин не перевищував 10–15%. Середні значення ПЕД для деяких великих населених пунктів області стано-



Рис. 1. Карта-схема розміщення діючих АЕС, які розташовані у південному регіоні України і поблизу останнього

вили: для м. Южноукраїнська – $13,5 \pm 1,4$ мкР/год; для смт Арбузинка – $20,0 \pm 1,6$ мкР/год; для м. Вознесенська – $13,5 \pm 1,7$ мкР/год. Підвищення ПЕД понад ці величини, які спостерігалися протягом часу досліджень, були короткотривалими (не перевищували 3–5 хвилин).

За цією системою обласне управління охорони здоров'я у Миколаївській області мало поточну інформацію про рівень ПЕД у м. Южноукраїнську, м. Первомайську, м. Вознесенську та в усіх районних центрах. Володіння цією інформацією давало змогу прискорювати пошук необхідного рішення у разі зміни радіаційної ситуації. Тобто система АСРК на Миколаївщині виступала громадським моніторингом стану радіаційного фону, бо дозволяла в постійному режимі отримувати відповідну інформацію.

Ця система існувала впродовж тривалого часу (1987–2001 рр.). І зараз мешканці м. Миколаєва згадують її як інструмент зниження занепокоєності у суспільстві з приводу відсутності інформації про стан радіаційного фону у регіоні, де розташовані АЕС.

Системи громадського індикативного моніторингу якості атмосферного повітря за прикладом тих, що ефективно функціонують в Європі, призначені для безперервних спостережень за вмістом поллютантів у повітрі. Ці системи мають вирішити питання безперервності вимірювань вмісту поллютантів та питання широкого територіального охоплення цими вимірювання – питання, які не можуть бути вирішені за допомогою стаціонарних постів спостереження за якістю атмосферного повітря.

У м. Миколаєві, як ми показали у попередній статті [1], характерним є наявність інтенсивного транспортного потоку вантажного автотранспорту через автомагістралі міста. Також встановлено, що у м. Миколаєві за показником Індекс забруднення атмосфери (ІЗА) найбільший внесок серед 7 поллютантів, за якими ведеться моніторинг, вносять: формальдегід (ІЗА H_2CO близько 5); фтородень (ІЗА HF близько 5); діоксид азоту (ІЗА NO_2 близько 1); вуглекислий газ (ІЗА CO більше 1); пил (ІЗА пилу близько 1). Тому бажано, щоб за індикативним моніторингом повітря в м. Миколаєві велися спостереження за цими поллютантами.

Для цих цілей нами проаналізовано технічні характеристики станції моніторингу якості повітря Air Fresh Max та станції Oxugen з CH_2O [5].

Станція моніторингу якості повітря Air Fresh Max мультигаз – це пристрій, який дає змогу здійснювати контроль і реєстрацію стану повітря, а саме показники температури, вологості, концентрації пилу $PM_{2,5}$ і PM_{10} , CO , NO_2 , NH_3 , а також рівень формальдегіду в режимі реального часу. За визначенням виробників модуль є економічно ефективним інструментом, задовольняє потреби всіх зацікавлених у підтримці належного рівня навколишнього середовища. Показник $PM_{2,5}$ відображає концентрацію твердих частинок діаметром до 2,5 мікрметра. Показник PM_{10} відображає концентрацію твердих частинок діаметром до 10 мікрметрів. Станція Oxugen з CH_2O дає змогу здійснювати всі ці вимірювання на відкритій місцевості.

Функціональні можливості станцій дозволяють не тільки отримувати оперативні дані про якість атмосферного повітря, а й накопичувати великі дані для оцінки і прогнозування індексів забруднення і ризиків для здоров'я населення, використовуючи для цього персональний кабінет на сайті eco-city.org.ua.

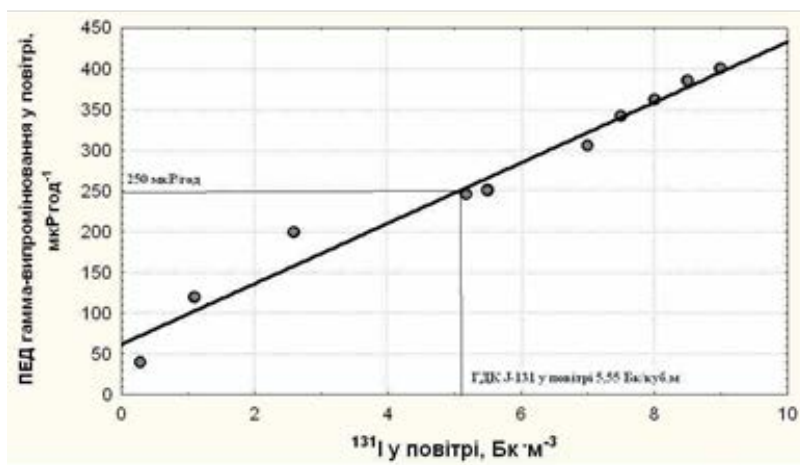


Рис. 2. Залежність між вмістом ^{131}I у повітрі та потужністю експозиційної дози у травні 1986 р. у м. Миколаєві

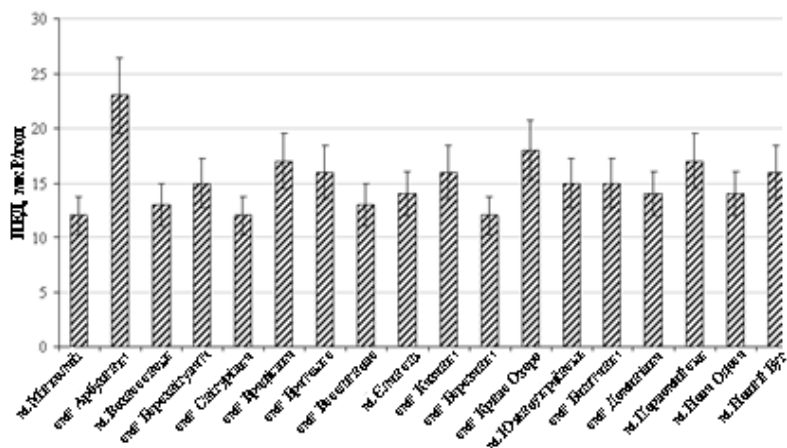


Рис. 3. Середньорічні величини ПЕД для населених пунктів Миколаївської області (за період 1991–2000 рр.)

Можна здійснити калібрування станції Охуген з CH_2O стосовно показників вимірювання CH_2O на стаціонарних постах м. Миколаєва. Це дасть змогу зменшити похибку вимірювань CH_2O сенсорними станціями Охуген.

Висновки. Індикативні вимірювання вмісту полютантів в об'єктах довкілля дають змогу розв'язати питання безперервності вимірювань та питання широкого територіального охоплення вимірюваннями.

Досвід експлуатації автоматизованої системи радіаційного контролю на Николаївщині, яка базувалася на індикативних вимірюваннях потужності експозиційної дози, свідчив про суттєвість переваги за таких вимірювань:

– населення області мало поточну інформацію про рівень потужності експозиційної дози у всіх районах області;

– керівництво області володіло інструментом для оперативного прийняття необхідного рішення у разі зміни радіаційної ситуації. Володіння цією інформацією давало змогу прискорювати пошук необхідного рішення у разі зміни радіаційної ситуації.

Індикативні вимірювання вмісту полютантів у повітрі за допомогою компактних станцій добре справляються із завданням інформування користувачів про стан повітря. При цьому не виключається необхідність фіксованих вимірювань, які є джерелом офіційної інформації.

Література

1. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А., Суха Н.О. Комплексна оцінка забруднення атмосферного повітря в місті Миколаєві. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»* 2018. № 4 (23). С. 19–23.
2. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А. Система екстреної йодної профілактики населення у разі аварії на АЕС. *Наукові праці. Серія «Техногенна безпека»*, 2009. Вип. 103, Т. 116. С. 39–44.
3. Обоснование расстановки постов контроля МЭД АСКРО ЮУАЭС на основании численного критерия полноты контроля / Отчет о НИР «Обоснование расстановки постов автоматизированного контроля регистрации МЭД в окружающей среде и на площадке ЮУАЭС. Разработка раздела отчета по анализу безопасности системы» (промежуточный, этап 1) – ГНТЦ ЯРБ. Николаев, 2004. С. 87.
4. Распоряжение исполнительного комитета Николаевского областного Совета народных депутатов от 20.07.90 № 186-р «О развертывании автоматизированной системы радиационного контроля на территории области (АСРК)».
5. Станция мониторинга качества воздуха «Oxygen». URL: <https://beegreen.com.ua/universalna-stanciya-yakosti-povitrya-oksiden-formaldehid-16719> (дата звернення: 08.07.2020).
6. Томилин Ю.А., Гальвец В.П. Пороговый сигнализатор измерения гамма-фона ТИК-87. Журнал «Гигиена и санитария». Москва, 1990. № 7. С. 23.
7. Томилин Ю.А., Григорьева Л.И., Воробьев В.И. Система раннего обнаружения радиационного загрязнения, ее роль в своевременном проведении йодной профилактики при аварии на АЭС: материалы IV Междунар. конф. «Итоги 8 лет работы по ликвидации последствий на ЧАЭС». Припять, 1994. С. 184–185.

АННАЛИ КАРТОГРАФУВАННЯ СТАНУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Шевченко Р.Ю.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
azimut90@ukr.net

Аннали в системі екологічного картографування – це комплекс історичних та сучасних методик, прийомів, способів та засобів геопросторової інтерпретації у картографічних моделях компонентів національної екологічної безпеки України. У дослідженні проаналізовані історичні еволюційні етапи картографування природно-техногенної безпеки та катастрофічних явищ. Висвітлені ретроспективні картографічні моделі екстремальних явищ, трансформація назв та тематичного змісту карт. Результатом постає серія електронних карт природно-техногенної безпеки та антропогенного впливу на довкілля. Змістовна складова частина карт подана в регіональному зрізі за актуальними даними провідних наукових установ України. Практична значимість серії карт ґрунтується на здатності прогнозування та запобіганні надзвичайним ситуаціям природного та техногенного характеру. Найбільш інформативні картографічні моделі: «Надзвичайні ситуації України», «Ймовірність природних катастроф», «Збитки від природних катастроф», «Техногенні катастрофи», «Ймовірність техноаварій», «Природні катастрофи», блок карт еколого-метеорологічного та медико-географічного змісту. Підкреслюється апробаційний рівень сучасного використання карт у системі державного управління у сфері екологічного моніторингу антропогенного впливу на довкілля. Це, насамперед, інтерактивна карта екології транспортної інфраструктури. Вона набула форм та технологічних ознак картографічного ресурсу Інтернету – спеціалізованого екологічного геопорталу, що підвищує рівень інтеграції отриманих картографічних даних у середовище геоінформаційних систем. Незважаючи на те, що напрям еколого-географічного картографування не є новиною, розроблена інтерактивна технологія – інноваційна в сучасних картографічних технологіях моніторингу довкілля в контексті її впровадження в систему національної екологічної безпеки на всіх ієрархічних щаблях ДСНС України. Тематичний зміст апробований у територіальному плануванні організації природно-ландшафтного комплексу м. Києва (гіпергенезична карта, дані якої увійшли до оновлених карт ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій природно-техногенного характеру в регіональному зрізі держави). *Ключові слова:* аннали науки, природно-техногенна безпека, екологічна безпека, антропогенний вплив, серія електронних екологічних карт.

Annals of mapping the state of National Ecological Safety of Ukraine. Shevchenko R.

Annals in the system of ecological mapping is a set of historical and modern methods, techniques, methods and means of geospatial interpretation in cartographic models of components of National Ecological Safety of Ukraine. The central scientific task in the research is to study the historical evolutionary stages of mapping natural and man-made safety and catastrophic phenomena. Retrospective cartographic models of extreme phenomena, transformation of names and thematic content of maps are covered. The result is a series of electronic maps of natural and man-made safety and anthropogenic impact on the environment. The content component of the maps is presented in the regional section according to the current data of the leading scientific institutions of Ukraine. The practical significance of the series of maps is based on the ability to predict and prevent emergencies of natural and man-made nature. The most informative are the following cartographic models: “Emergencies of Ukraine”, “Probability of natural disasters”, “Damage from natural disasters”, “Man-made disasters”, “Probability of technological accidents”, “Natural disasters”, a block of ecological-meteorological and medical-geographical maps content. It is necessary to note the approbation level of modern use of maps in the system of public administration in the field of ecological monitoring of anthropogenic impact on the environment. This is primarily an interactive map of the ecology of transport infrastructure. It has acquired the forms and technological features of the cartographic resource of the Internet – a specialized environmental geoportal. This increases the level of integration of the obtained cartographic data into the environment of geographic information systems. Despite the fact that the direction of ecological-geographical mapping is not new, the developed interactive technology is innovative in modern cartographic technologies of environmental monitoring in the context of its implementation in the system of National Ecological Safety at all hierarchical levels of the State Civil Service for Emergencies of Ukraine. The thematic content was tested in the territorial planning of the organization of the natural landscape complex of Kyiv (hypergenetical map, the data of which were included in the updated maps of the probability of emergencies of natural and man-made nature in the regional section of the State). *Key words:* annals of science, natural-technogenic safety, ecological safety, anthropogenic influence, series of electronic ecological maps.

Постановка проблеми. За всю історію існування людство прагнуло створити довгостроковий картографічний моніторинг прогнозування надзвичайних ситуацій природного характеру, оскільки запобігання стихійним природним лихам є економічно виправданим порівняно з витратами, спрямованими

на ліквідацію наслідків катастроф. Варто зазначити, що нині розвиток техносфери як складника біосфери досить негативно впливає на динамічне співіснування людини та природи.

Світова цивілізація неодноразово відчувала згубний вплив природних і техногенних катастроф.

Характерно, що вони виникали зненацька, наслідком яких були смерті людей, постраждали міста і села, родючі землі, посіви тощо.

Катастрофа 26 квітня 1986 р. засвідчила, що аварії, які виникали завдяки недолугій людській діяльності, можуть бути значно небезпечнішими, ніж найпотужніші природні катаклізми.

За часів Римської республіки відомим на той час ученим-картографом Гаєм Фуррієм Каміллою була створена карта катастроф для Апеннінського півострову. Уперше в історії проблемно орієнтованого картографування за допомогою ізоліній був представлений довгостроковий сейсмічний прогноз на найближчі роки (картографування екстремальних явищ було актуальним і за часів народження перших інституцій держави та права).

Картографування прояву та наслідків природно-антропогенних явищ в Україні як складників дослідження геоекологічних проблем держави є науковим завданням картографічного забезпечення та обґрунтування системи національної екологічної безпеки. Протягом багатьох років напрацьовувався досвід для такої роботи. Нині, з огляду на нові фізико-географічні, антропоурбаністичні та медико-географічні висновки, одержано повну, адекватну сучасності, геоекологічну рекомендаційну базу даних, розмішених у змістовній частині електронної серії тематичних екологічних карт.

Актуальність дослідження. Серійне еколого-орієнтаційне картографування як проєкт науково-інженерних радіогідроекологічних полігонних ГІС-досліджень був започаткований улітку 1995 р. під час апробації наукового дослідження в галузі картографічного забезпечення моніторингу евтрофікації дніпровського басейну в районі столиці України на засіданні екологічної секції Мінського (тепер – Оболонського) районного відділення Малої академії наук України у м. Київ. У рекомендаційних записках секції зазначалося, що необхідність створення багатофункціонального картографічного атласно-систематизованого твору з питань комплексної аналітики сучасного та футуристичного стану навколишнього середовища України є актуальним та необхідним науковим завданням сучасної української екологічної картографії.

Картографування катастроф у системі забезпечення національної екологічної безпеки – це порівняно новий напрям проблемно орієнтованого картографування, основним завданням якого є створення на картографічній основі за допомогою умовних позначень і картографічних способів відображення сучасної динаміки надзвичайних ситуацій природного характеру.

Завдяки отриманим даним, що можуть залучатися як із наземних експедиційно-спостережувальних даних, так і дистанційних аерокосмічних спектрозональних знімків, створюється довгостроковий картографічний прогноз розвитку статичної дисрівноваги біогеоценозів, що інтегровані у техносферу.

Актуальність та домінування цього напрямку наукових досліджень у проблемно-тематичній картографії є безапеляційно беззаперечною.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Наукові основи еколого-природоохоронного та моніторингового картографування апробовані в процесі виконання науково-дослідних робіт: «Геоінформаційне картографування. Концепція використання картографічного методу при здійсненні регіональної екологічної політики в Україні» (№ держ. реєстрації 0101U002879), 2003 р. [4] та «Картографічне забезпечення реалізації глобальних інфраструктурних об'єктів для потреб РНБО України», 2020 р. Наукові звіти відповідних робіт містять картографічні моделі, картосхеми та серії проблемно орієнтованих екологічних карт у масштабі країни [5].

Відповідне дослідження виконане в рамках докторського дисертаційного дослідження автора «Наукові основи управління екологічним моніторингом антропогенного впливу на довкілля території України».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Екологічне еколого-географічне картографування антропогенних наслідків в Україні є поширеним науковим дослідженням. Інститут географії НАН України, КНУ ім. Т. Шевченка, НДІ гідрометеорології, геодезії та картографії сформували власні наукові школи підходів до складання картографічних моделей довкілля.

Завдяки тому, що різні організації (ДСНС України, Інститут географії та Інститут геологічних наук Національної академії наук України) несинхронно працюють, створюється штучна колізія картографічного конфлікту умовних позначень, способів відображення, компоновки та читаності карт. Для обґрунтування об'єктивності положень треба зосередити увагу на основних апробованих нині в Україні науково-дослідних атласах і картах із питань екологічних та природних катастроф: «Малий екологічний атлас України» (асп. Р.Ю. Шевченко) [7], «Екологічний атлас України» (проф. В.А. Барановський), «Медико-екологічний атлас» (проф. В.О. Шевченко), «Карта ризику для населення від можливих аварій на атомних електростанціях» та на багатьох інших відповідних картографічних творах, призначених для комплексного дослідження й оцінки екологічної ситуації в Україні. Тільки на основі їх аналізу і використання для побудови різних геоінформаційних картографічних моделей можна створити єдину систему узгоджених прогнозів катастроф та рекомендацій щодо їх запобігання, ефективного спостереження й керування через ГІС-системи [1].

Одним із першим в Україні ноу-хау в галузі екологічної картографії став проєкт геоінформаційного картографування надзвичайних ситуацій природного характеру. Ідея створення зародилася у липні 1995 р. на засіданні Наукового сектора кризового центру

Міністерства екології та ядерної безпеки України. Спочатку робота являла собою картографічний моніторинг евтрофікації р. Дніпро. Була створена програма досліджень у галузі комплексного картографування природних катастроф.

У квітні 2000 р. на засіданні секції «Екологія» Ради з вивчення продуктивних сил України НАН України був апробований перший варіант «Екологічного атласу України», що включав понад 124 статистичні карти щодо забруднення й катастроф довкілля України [1]. Почався період створення математичного підґрунтя вже геоінформаційної системи на базі растрової інформації. Наступного року була представлена медико-екологічна карта з детермінаційною шкалою залежностей захворювання населення від процесу урбанізації, а також спровокованими людиною катастрофами.

У 1999–2000 рр. побачили світ карти: «Карта магнітних аномалій України», «Радіоекологічне забруднення України». Загалом за період 1992–2002 рр. створено 514 карт катастроф.

Перший стислий випуск із питань афторшового стану біосфери вийшов у березні 1996 р. «Атлас Чорнобильської зони відчуження» (редактор Д.В. Ісаєв). Він відображає лише основні характеристики катастрофічних наслідків у зоні, загальні особливості територій і деякі природні умови цієї території України.

Створений багатоформатний «Атлас Чорнобильської зони відчуження». Це комплексний багатоаркушний атлас техногенної катастрофи ядерного вибуху, який системно відображає особливості впливу основних кореляційних наслідків із залученням даних сучасних наукових досліджень [2].

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління та її структурний підрозділ – кафедра екологічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій формує власну наукову школу геоінформаційного картографування території України засобами ДЗЗ та Gadget-систем. Особливістю відповідних публікацій є беззаперечний прикладний характер картографічних досліджень у системі загальнодержавного екологічного моніторингу [3].

Методологічна проблематика першого етапу складання серії карт була апробована на багатьох вітчизняних та закордонних науково-практичних конференціях. Необхідно зазначити, що карти першого етапу видання були репрезентовані на Національному телебаченні «Перший канал» та інших засобах масової інформації, у фаховому виданні «Рятувальник», газеті «Україні молода» [6].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. До теперішнього часу не вирішеною залишається наукова проблема комплексності в картографічних дослідженнях довкілля України, визначення територіальних особливостей впливу

антропогенних явищ на навколишнє природне середовище, визначення картографічними методами дослідження оцінки впливу на довкілля особливих територій України, що зазнають впливу інженерної та транспортної інфраструктури.

Нині маємо безліч урядових і неурядових програм зі створення моніторингу надзвичайних ситуацій природного та техногенного характерів. Але вони безконтрольні та некорельовані між собою, що вносить багатовекторність в єдиний напрям стратегічних наукових досліджень щодо складання національної програми запобігання природної катастрофи на базі картографічних методів дослідження.

Нині в Україні складено безліч екологічних карт та атласів різного спрямування й орієнтації: від радіоекологічних до біосферних і медико-географічних. Але повністю відсутні справжні, з картографічної точки зору, грамотно складені карти екологічних та природних катастроф.

Науковим завданням електронної серії карт забезпечення екологічної безпеки є картографічне вивчення впливу генетичних мутацій на динаміку дегенерації біомів зони. Необхідні картографічно змодельовані особливості поставарійного перетворення навколишнього середовища, радіоекологічна і радіогігієнічна ситуація на полігонах досліджень.

Новизна. Дослідження методологічних проблем картографування довкілля на базі широкомасштабних еколого-природоохоронних експедицій, дали змогу виявити та інтенсифікувати внутрішньо географічні механізми еколого-картографічного моніторингу, визначити геоінформаційні тенденції впровадження інформаційно-кібернетичних методик виявлення та оперативного картографування небезпечних природно-антропогенних екстремальних явищ на території України. При цьому наголоси зміщувалися на необхідність глибокого методологічного осмислення екологічних знань про Україну, зокрема, в річищі сучасних філософських шукань з урахуванням ідеологічних доктрин екологічної філософії та геософії.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження наслідків антропогенного впливу на довкілля України знайшло відображення в універсальній формі представлення геопросторової інформації – електронній серії карт. Системний підхід до їх створення включає історичний аспект просторового планування території України. Вперше узагальнений територіальний розподіл надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, антропогенні наслідки впливу на стан здоров'я населення України, проведена територіальна прив'язка інфраструктурних потенційно-небезпечених об'єктів за регіонами держави.

Тільки на основі картографічного аналізу і використання ретроспективних та сучасних екологічних карт можна створити різні прогностичні картографічні моделі, систему взаємоузгоджених прогнозів

катастроф і рекомендацій щодо їх запобігання, ефективного спостереження, управління катастрофічними ситуаціями через картографічні експертні системи, що є головним науковим завданням картографування катастроф та явищ екстремального характеру.

Виклад основного матеріалу. Нині необхідно визначити, що собою являють екологічні катастрофи. По-перше, це подія, що миттєво та зненацька розвивається. Наприклад, якщо в кар'єрі висаджують пусту породу для того, щоб дістатися до руди, цей вибух (навіть найміцніший та руйнівний), зовсім не катастрофічний, а науково підготовлений та технологічно запланований. Будь-яка катастрофа обов'язково має катастрофічні наслідки, обертається руйнуваннями та загибеллю людей. До речі, нікому зі вчених не спало на думку назвати катастрофою вибух наднової зірки або виверження вулкана у віддаленій частині Тихого океану, хоча їх наслідки є надзвичайно чутливими на всій території земної поверхні.

Сучасна наука намагається знайти відповідь на питання, чому виникають екологічні катастрофи. Донині вважалося, що основною першопричиною надзвичайних ситуацій природного характеру є природна стихія, землетруси, вулканічна активність, цунамі, в тому числі підводні, тайфуни, повені. Це лише короткий реєстр випробувань для людської цивілізації нині. Необхідно зазначити, що найбільшою небезпекою довкілля зазнає від антропогенного впливу.

Аварії на атомних реакторах, вибухи на хімічних заводах, падіння літаків, зіткнення потягів із різними видами отруйних речовин стає нашою повсякденною реальністю. Останнім часом стає зрозумілою, що межа між природними та штучними катастрофами є дедалі прозорішою та взаємопов'язаною.

Американські та англійські вчені провели спільне дослідження щодо генезису надзвичайних ситуацій. Висновок звівся до того, що головною причиною сучасних природних катастроф є людська діяльність. Землетруси та повені, посухи та вибухи підземних газів – до всіх цих негативних подій людина та її господарська діяльність має пряме відношення. Останнім часом виник новий термін у *теорії катастроф*. Це рукотворні катастрофи та ексцеси. Ці катастрофи пов'язані з антропосферою.

Згідно з даними ООН, щорічні збитки від катастроф природного та техногенного походження становлять суму, що дорівнює 2–4% і більше в структурі ВВП багатьох країн. В Україні тільки щорічні бюджетні витрати на ліквідацію наслідків чорнобильської катастрофи перевищують 2% від загального обсягу ВВП.

Економічна та військово-політична криза, що тягнеться у країні з лютого 2014 р., супроводжується збільшенням частки застарілих технологій та обладнання, зниженням рівня модернізації і оновлення виробництва. Деіндустріалізація економіки збільшує ризик виникнення катастроф. Тому проблема прогнозування та оцінки наслідків надзвичайних ситу-

ацій займає провідне місце в діяльності Державної служби з питань надзвичайних ситуацій (ДСНС).

Для складання урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій (УІАС НС), замовниками якої виступили Кабінет Міністрів України та ДСНС, було прийнято рішення використовувати аналітичні й моделюючі можливості географічних інформаційних систем (ГІС). Робота ГІС спрямована на створення прогнозно-моделюючих комплексів запобігання, мінімізації і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Комплекс моделюючих геоінформаційних систем створюють як складник розподіленої інформаційної структури УІАС НС, який інтегрує інформаційні потоки таких урядових і державних установ, як Кабінет Міністрів України, Гідрометцентр України, ДСНС та інших організацій. Утворюється єдине геоінформаційне середовище, що здатне забезпечувати необхідний рівень як постачання вихідних даних для моделювання, так і підготовки інформації для системи прийняття рішень.

Український центр менеджменту Землі та ресурсів розробляє геоінформаційний прогнозно-моделюючий картографічний комплекс урядової системи з питань надзвичайних ситуацій. Системне забезпечення комплексу базується на платформі нового покоління програмних продуктів ESRI – ArcGIS.

Нині інформаційне забезпечення комплексу ґрунтується на розміщених у ДСНС України таких баз даних: надзвичайних ситуаціях, що отримують інформацію про час, типи та масштаби катастроф; гідрометеорологічної інформації, що оперативно формується за даними Гідрометцентру України; загальнодержавного реєстру потенційно небезпечних об'єктів; фонд електронних тематичних карт території України.

Нині реалізовані вищевикладені програми, спрямовані на вирішення проблем моделювання катастроф картографічними методами дослідження: прогнозування та оцінка наслідків повеней; прогнозування та оцінка наслідків селевих проявів; прогнозування й оцінка наслідків викидів в атмосферу небезпечних хімічних речовин; геопросторова оцінка можливих наслідків карстових проявів; виконання розробки алгоритмічної бази прогнозно-моделюючих комплексів; проведення реалізації програм просторового моделювання території затоплення; актуалізація даних про довкілля-простір засобами аерокосмічної зйомки та дистанційного зондування; гідрометричних та гідрографічних особливостей водних об'єктів та дорожньої мережі, наприклад, Закарпатської області.

Для того, щоб бази даних дослідження були і мали визначну ланку в ланцюгу картографічного моніторингу екстремальних ситуацій, треба скласти програму картографічних досліджень з урахуванням наступних важливих факторів-принципів: максимального обліку тих генетичних основ процесів

і закономірностей, що картографуються; консервативної оцінки, тобто вибору гіршого для катастрофічної ситуації варіанти інтерполяції та екстраполяції матеріалів.

Перший із цих принципів дає змогу перейти від суб'єктивно-емпіричного способу організації фактичного матеріалу до побудови, яка враховує об'єктивний вплив факторів і процесів на розподіл показників, які картографуються.

Другий принцип особливо важливий за умов браку фактичних даних і знань про закономірності їх розподілу і зміни. Його використання допомагає мінімізувати небезпеку, пов'язану з цим неповним знанням, і тим самим підвищує надійність екологічних оцінок.

Необхідно зазначити основні напрями наукових досліджень із питань *геоінформаційного картографування катастроф*. Це запобігання надзвичайним ситуаціям природного характеру шляхом запровадження математико-картографічних методів у довгостроковому моделюванні та прогнозуванні надзвичайних ситуацій. Захист населення України від радіоактивного опромінення, джерела яких потрібно визначати картографічними методами дослідження при залученні даних дистанційного зондування Землі та аерокосмічної зйомки. Створення експертних географічних інформаційних систем контролю за джерелами забруднення довкілля-простору, радіаційний захист персоналу потенційно небезпечних об'єктів (закритий простір-довкілля), що там працюють, шляхом створення волоконної геокодованої кіберсистеми картографічного попередження катастроф. Переведення керівної техніки радіаційно небезпечних об'єктів (нового саркофагу Чорнобильської АЕС, пунктів поховання відходів) у контрольований безпечний стан шляхом створення віртуальної 3-D кадастрової геоінформаційної системи. Необхідно вжити ГІС-керованих заходів, спрямованих на обмеження міграції радіонуклідів та зменшення впливу радіоактивного забруднення на навколишнє середовище. ГІС-організація та проведення комплексного моніторингу довкілля-простору (біогеоценозів) шляхом проведення наукових досліджень із використанням космічної навігації GPS, що інтегровані в географічну експертну систему керування надзвичайною ситуацією з обов'язковим дотримання правил збереження природних пам'яток культури та історії з одночасним їх ГІС-моніторингом [6].

Під час першого етапу складання карт прояву та наслідків антропогенного впливу на довкілля України (1995–2000-і рр.) використовувалися дані НВП «Картографія», Міністерства екології та ядерної безпеки України. Створювалися математичні моделі геоінформаційної системи серії карт при підтримці провідних наукових співробітників Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків чорнобильської катастрофи (нині Державна служба України з питань

надзвичайних ситуацій, скор. – ДСНС). Другий, завершальний, геоінформаційний етап створення електронної серії карт – це 2005–2020 рр.

Під час складання карт обмірковувалися питання тополого-структурного аналізу остаточних електронних версій. Було розроблено дванадцять карт із трьох тематичних блоків проблем: екологічна геофізика, екологічна метеорологія, картографія катастроф.

Аналіз специфіки пізнавальних засобів, які використовувалися на першому етапі, дав змогу зробити висновок, що, попри загалом справедливую оцінку вихідних емпірично-описових даних, вони різною мірою не обтяжені теоретичними парадигмами геоінженерних наук, що здатні слугувати певним підґрунтям для розкриття географічної зональності екологічних явищ та процесів розвитку цивілізації.

Більшість карт були узагальнені та об'єднані в нові картографічні твори з паралельним опрацюванням підґрунтя стандартів та методів географічного картографування геосистем із широким застосуванням в тематичному змісті карт деяких методів математики, фізики, хімії. Завдяки ним отримані нові дані, що перетворилися на величезний фактологічний матеріал, який був напрацьований на фінальному етапі. У результаті отримано повноцінний картографічний твір із систематологічною інтеграцією усіх напрацьованих матеріалів (таблиця 1).

Таким чином, було отримано повноцінну електронну серію екологічних карт, що складається з тринадцяти карт та фактично за обсягом інформації є серійним екологічним карто виданням про довкілля України. Він розкриває і картографічно показує взаємодію двох головних складників сучасного буття – природи і суспільства. Характеризується двома особливостями з погляду безпеки життєдіяльності населення.

Перша особливість – зростання з розвитком виробничого потенціалу суспільства ймовірності виникнення техногенних катастроф, які за масштабами безпеки наближаються до природних катаклізмів. Друга – значний вплив суспільства на зміну якостей окремих компонентів природи, що проявляються в дедалі частішому виникненні небезпечних для людини явищ природного походження.

В обох випадках можна говорити про виникнення надзвичайних ситуацій, тобто порушень нормальних (звичних) умов життєдіяльності населення на певній території, спричинене природно-техногенною аварією або стихійним природним лихом, що призводить до загибелі населення, порушення природних компонентів і, зрештою, до значних матеріальних збитків.

Руйнівний потенціал великих техногенних та природних катастроф можна порівняти з подібним потенціалом військово-політичних конфліктів.

Картографічний метод подання територіальних особливостей прояву та наслідків небезпечних явищ є необхідною умовою для усвідомлення їх небез-

Трансформування карт прояву природно-техногенних явищ у часі

№ з/п	Назва карти першого етапу створення атласу	Рік виходу	Змінена (остаточна назва) тематичного змісту другого етапу складання атласу	Рік виходу
1.	Гіпергенезична карта м. Києва – геомантична муніципальна карта.	1999	Дані включені до карти «Природні катастрофи»	2004
2.	Національна мапа надзвичайних ситуацій природного характеру.	2000	Надзвичайні ситуації України.	2003
3.	Українська інвайерменталістична карта еколого-географічного моніторингу та прогнозу 2000–2050 рр.	2000	Ймовірність природних катастроф. Збитки від природних катастроф.	2002
4.	Карта екологічної та ядерної безпеки України.	2000	Техногенні катастрофи. Ймовірність техноаварій.	2002
5.	Карта екологічної адаптації та енергетичної регенерації екосистем України.	2001	Природні катастрофи.	2004
6.	Карта біологічної різноманітності зруйнованих екосистем.	2001	Вроджені дитячі аномалії.	2002
7.	Карта приземної погоди (Синоптична карта України).	2002	Дані включені до карти «Аномальні опади»	2004
8.	Карта абсолютної баричної топографії висотної синоптики від 500 мілібарів (Висотна синоптична карта).	2002	Аномальні температури навесні.	2004
9.	Екологічна карта України.	2002	Збитки від природних катастроф.	2003
10.	Карта регіональної сейсміки астрономічного впливу.	2002	Дані включені до карти «Людські втрати внаслідок природних лих».	2004
11.	Карта небезпечних атмосферних явищ.	2002	Аномальні опади	2004
12.	Карта небезпечних літологічних явищ.	2002	Людські втрати внаслідок природних лих.	2004
13.	Цифрова карта об'єктів транспортної інфраструктури.	2019	Інтерактивна карта транспортної інфраструктури України.	2020

пеки, що необхідно для розробки заходів із їх запобігання та попередження.

Потенційна ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій в Україні розподілена нерівномірно. Це пов'язано, в першу чергу, з розмаїттям фізико-географічних умов, нерівномірним розміщенням природних ресурсів та продуктивних сил. Так, на сході країни переважають ситуації техногенного походження, а на решті території – природного. Окрім того, схід країни – це зона бойових дій. Це ареал надзвичайної

ситуації воєнного характеру. Автономна Республіка Крим – це територія надзвичайної ситуації соціально-політичного характеру. Вона анексована Росією внаслідок військової інтервенції у лютому 2014 р. (рис. 1).

Техносферу України характеризує значний тиск на природне середовище (у деяких регіонах він у 5–6 разів вищий, ніж у країнах ЄС). Великі промислові комплекси утримують надпотужні агрегати і значні обсяги небезпечних речовин.



Рис. 1. Регіональний розподіл надзвичайних ситуацій в Україні



Рис. 2. Регіональний розподіл техногенних катастроф

Розвиток переважно галузей важкої індустрії без належної екологічної оцінки території, на якій вони розміщені, зумовлює погіршення умов проживання населення, підвищення ризику небезпечних ситуацій. Потенційно такі ситуації можуть проявлятися як пожежі та вибухи (зокрема на об'єктах паливно-енергетичного комплексу), викиди отруйних речовин різного походження (хімічні, радіоактивні, біологічні), руйнування гідротехнічних споруд (прориви на греблях), аварії рухомого транспорту, порушення комунальних систем життєзабезпечення.

За статистичними даними «Вісника Державної служби з надзвичайних ситуацій» (2019 р.), можна виокремити регіони України за різним характером небезпеки щодо техногенної обстановки. Найбільш екстремальні прояви надзвичайних ситуацій спостерігають на територіях Волинської, Рівненської, Чернівецької, Січеславської (Дніпропетровської) та Харківської областей (рис. 2).

Найбільш небезпечною територією за аваріями в системі життєзабезпечення та транспортних катастроф є Львівська область. Тільки за останні роки таких випадків зареєстровано 50 на 1000 мешканців області. Небезпечними територіями також є анексований м. Севастополь (аварії у системі життєзабезпечення та пожежі), Кропивницька (Кіровоградська) область (аварії у системі життєзабезпечення комунального господарства), м. Яни-Капу (Красноперекоськ, Крим) (постійні викиди отруйних речовин). Чернігівська область (аварії в системі життєзабезпечення та транспортні катастрофи), Харківська область (аварії на об'єктах паливно-енергетичного комплексу та нафтохімії), Житомирська область (транспортні аварії), Одеська область (аварії на транспорті та небезпечні маневри в порту), Івано-Франківська, Тернопільська та Хмельницька (викиди сильнодіючих отруйних речовин, далі – СДОР).

Однією з причин техногенних аварій є стан технологічного обладнання в усіх галузях промисловості.

Відомо, що ще у 2001 р. провідними вченими НАН України створений Національний комітет попередження національної катастрофи «Комітет-2005»,

що займався довгий час моделюванням та прогнозуванням надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. За їхніми висновками, ще у 2005 р. все технологічне обладнання України можна вважати морально та фізично відпрацьованим. Цей факт є підставою для визначення ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на 2020 р. Прогноз формулюється на основі методу симетричної інтерполяції статистичних даних з 1987 р.

Карта ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру являє собою прогноз розвитку катастроф на територію України до 2050 р. (рис. 3).

Надвисока ймовірність катастроф технологічного обладнання наявна в підконтрольній частині Донецької та Луганської областей та Східній Україні взагалі. Повсякденним явищем можуть бути руйнування споруд, транспортні аварії, пожежі та вибухи.

Високий рівень ймовірності катастроф на підприємствах будівельної, транспортної та паливно-енергетичних галузях економіки в Січеславській (Дніпропетровській), Донецькій (окрім ОРДЛО – окремі райони Донецької та Луганської областей, де екологічна катастрофа вже є реальністю), Львівській та Одеській областях.

Середній рівень ймовірності катастроф можливий на територіях анексованої Автономної республіки Крим, у Харківській, Сумській, Київській, Чернігівській, Кропивницькій (Кіровоградській) областях та на підприємствах паливно-енергетичного комплексу, транспорту, нафтохімії.

Решта території України характеризується низькою і нижчою за середню ймовірністю виникнення катастроф у зв'язку із сільськогосподарським використанням території. Хоча щодо територій міст цей ймовірнісний коефіцієнт характеризується середнім значенням у зв'язку з функціонуванням підприємств харчової та переробної промисловості, а також системи життєзабезпечення населених пунктів.

Надзвичайні ситуації природного походження поділяються на геологічні, метеорологічні, меди-



Рис. 3. Ймовірність техногенних аварій за регіонами України



Рис. 4. Регіональний розподіл природних катастроф

ко-біологічні. Їхнє переважання в окремих регіонах за даними показано на карті (рис. 4).

Найнебезпечнішою з погляду виникнення надзвичайних ситуацій метеорологічного характеру та медико-біологічного характеру (шквали, інфекційні захворювання) є Волинська, Рівненська, Житомирська області. Потенційно небезпечними щодо метеорологічних (синоптичних) аномалій (урагани, смерчі) є Тернопільська та Хмельницька області, а також Полтавська, Сумська, Рівненська та Чернівецька (сильні зливи, град, шквали, посилення вітру до 45 м/сек).

Небезпечними в плані геологічних несприятливих явищ вважається анексований Крим (землетруси, цунамі, виверження грязьових вулканів Керченського півострову: Джау-Тепе, Восходівський, Булганацький (Джерджава); селеві потоки, зсуви), а також регіон Карпат та Прикарпаття.

Застосовуючи нормальний закон розподілу Гауса та на основі даних місцевих осередків цивільного захисту, територію України прозонуємо за ймовірністю виникнення природних катастроф. За ступенем ризику виокремлено дві зони, які відповідають підвищеній та низькій такій ймовірності (рис. 5).

До територій із реальною можливістю прояву природних катастроф належать Тернопільська, Закарпатська, Чернівецька, Львівська, Волинська, Івано-Франківська області, до потенційно небез-

печних територій – південні та східні, а також Житомирська, Рівненська, Тернопільська, Вінницька області, до умовно безпечних – Київська, Чернігівська, Полтавська, Кропивницька (Кіровоградська). Майже цілком безпечною є Черкаська область.

Стан кліматопогодних умов території щодо безпеки для життєдіяльності населення може бути розглянутий у двох аспектах: продовольча безпека з огляду на формування нестабільних агрокліматичних умов та виникнення дискомфортних метеорологічних аномалій, які впливають на стан здоров'я населення.

Одним із показників погіршення кліматопогодних умов на території України можна вважати аномальні плюсові температури в холодний період року, а також аномальні заморозки у травні (згідно з даними Геофізичної обсерваторії 1987–2019 рр.). Причому найбільша ймовірність характерна для Східного індустріального регіону (рис. 6). У результаті цього небезпечного явища гине 30–40% майбутнього врожаю овочевих культур.

Іншим показником небезпечної зміни кліматичних умов є аномальність у кількості випадання атмосферних опадів (понад 1000 мм (1000 л на м²), дані 1987–2019 рр.) за одну добу в умовах загальної посухи влітку (рис. 7).

Особливо інтенсивно це явище проявляється у Львівській, Тернопільській областях та м. Києві, Західній Україні взагалі. Внаслідок чого середня



Рис. 5. Регіональний вимір розподілу ймовірності природних катастроф



Рис. 6. Регіональний розподіл аномальних температур навесні



Рис. 7. Регіональний розподіл аномальних опадів



Рис. 8. Регіональний розподіл збитків від природних катастроф



Рис. 9. Регіональний розподіл вроджених дитячих аномалій (вад)



Рис. 10. Регіональний вимір людських втрат внаслідок техногенних катастроф



Рис. 11. Регіональний вимір людських втрати внаслідок природних лих

урожайність зернових культур щороку зменшується на 5 ц/га.

Узагальнену картину масштабів надзвичайних ситуацій на території України являють собою розміри матеріальних збитків. У 2019 р. Кабінет Міністрів України визначив, що надзвичайною ситуацією національного значення можна вважати катастрофу, на ліквідацію наслідків якої необхідні кошти в розмірі понад 1% Державного бюджету України.

Карту грошових утрат за регіонами за даними статистичних департаментів показано на рис. 8.

Специфічним показником впливу небезпечних техногенних явищ на населення є вплив на здоров'я. З цього погляду можна виділити три основні групи факторів, які безпосередньо впливають на здоров'я, а саме: забруднення навколишнього середовища (зокрема, найбільш значне та небезпечне – хімічне) та техногенні аварії, що дедалі частіше набувають вигляду екологічних катастроф. Зрештою, небезпечні ситуації в повсякденному житті, особливо при використанні засобів руху – транспортні аварії.

Одним із небезпечних наслідків забруднення довкілля є зростання рівня генетичних порушень,

що проявляється, зокрема, у зростанні вроджених аномалій у дітей. Аналіз статистичних показників свідчить, що з часом кількість таких випадків зростає і географічно вони прив'язані до промислових регіонів (рис. 9).

Географічний розподіл смертності населення на території України (у прийнятих відносних показниках) унаслідок техногенних та природних катастроф за даними подано на картах (рис. 10, 11).

У контексті зазначеного вище сучасна екологічна картографія висуває найвищі вимоги до теоретико-методологічного рівня досліджень та узагальнень, реалізації прогностичної функції на підґрунті формування якісно нових інтегративних характеристик.

Широко розгорнувся процес картографування еколого-небезпечних природних та техногенних надзвичайних ситуацій. За таких обставин у географічній науці дедалі більшого значення набуває опрацювання методологічних засад картографічного методу дослідження в екологічному моніторингу надзвичайних ситуацій. Необхідне напрацювання настанов та рекомендацій різнопорядкового рівня та спрямованостей, що дають змогу здійснювати



Рис. 12. Цифрова (растрова) карта об'єктів транспортної інфраструктури залізничного транспорту України в рамках проекту «Нового Шовкового шляху»

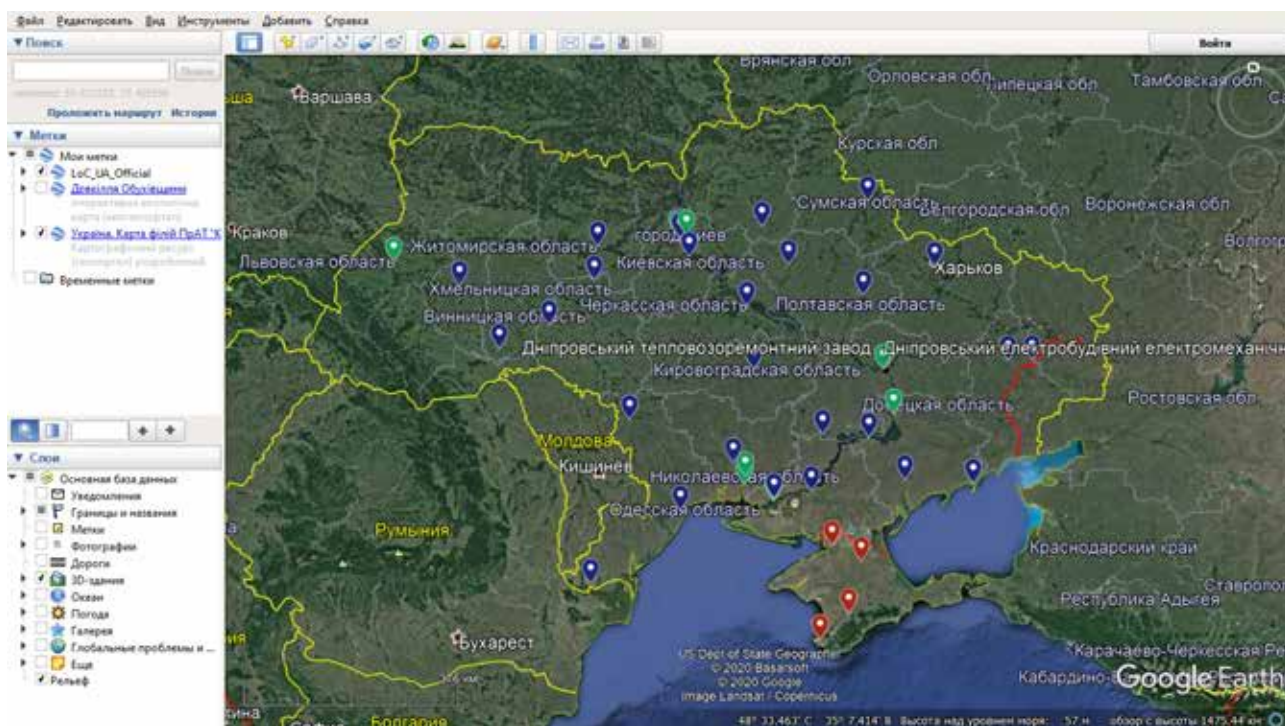


Рис. 13. Інтерактивна (векторна) карта транспортної інфраструктури України

належний екологічний аналіз принципів підходів і методів у процесі складання серії електронних растрових карт природно-техногенної безпеки системи національної екологічної безпеки України. Аналіз змістовної складової серії карт дає змогу вирішувати актуальні проблеми і завдання у визначенні поля картографічних даних і використання адекватних картографічних пізнавальних підходів щодо створення сучасної картини екологічної реальності в державі.

Представлена серія карт природно-техногенної безпеки системи національної екологічної безпеки України, складені протягом 1995–2005 рр. та 2020 р., актуальні і адекватні нині та будуть залишатися відповідними реальності ще 10–15 років.

За відповідними картами географія катастроф може штатно вивчатися, а отже, істотно впливати на розвиток міжнародного екологічного співробітництва та процеси управління сучасною екологічною ситуацією в Україні.

У цьому річизі альтернативою тенденціям небезпечної екологічної поляризації має виступати стимулювання екологічно безпечного розвитку на геоінформаційному підґрунті, мета якої не лише збереження довкілля-простору для нащадків, а й захист природних пам'яток історії та культури, екологосоціокультурного середовища України.

Проводиться робота з переведення векторно-растрових карт до інтерактивних, триває картографування потенційно-небезпечних об'єктів інженерної інфраструктури держави. На замовлення Ради національної безпеки та оборони при Президентові України складена карта спеціалізованої транспортної інфраструктури (рис. 12). Її інтерактивна версія на геопорталі Google Earth представлена на рис. 13).

Головні висновки. Аннали картографування системи національної екологічної безпеки України інтерпретуються серією електронних растрових карт природно-техногенної безпеки системи національної екологічної безпеки України, які знайшли своє практичне застосування у проведенні оперативних

екологічних заходів та попередженні надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. До них належать консервативне збереження заповідних еколого-природних осередків навколишнього середовища, що потрапляють у радіус патогенного впливу природного лиха. Тематичний зміст дає змогу розпочати процедури збереження природного вигляду ландшафтів та їх екоценозних компонентів, еколого-культурницький розвиток еколого-духовної аурі геоландшафтів, що ґрунтується на збереженні еколого-археологічної, еколого-архітектурної, еколого-етнокультурної спадщини України.

Техногенний простір України та його патогенний вплив дав змогу корегувати програми заповідального збереження цінних природних осередків – лісів України як природоохоронних об'єктів різного статусу. Зазначене на картах медико-географічне зонування з попередження потенційно ризикованих областей України під час виникнення природних катастроф ґрунтується на даних та метеорологічному забезпеченні.

У процесі проведення раціональних сільсько-господарських робіт враховуються дані відповідних картографічних досліджень ековолюційних трансформацій метеорологічно, літологічно та гідрологічно змінених ландшафтів України у плінні часу.

Викладені результати впровадження концепції (анналів) програми складання серії електронних растрових карт природно-техногенної безпеки системи національної екологічної безпеки України є завершеними реалістичними геоінформаційними моделями, що впроваджені в роботу УІАН НС.

Перспективи використання результатів дослідження. Складена серія карт може використовуватися в проєктуванні національних схем територіальної організації українського суспільства в процесі реформування системи адміністративно-територіального устрою на екологічних засадах природно-техногенної безпеки заради попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

Література

1. Бондар О.І., Фінін Г.С., Унгурян П.Я., Шевченко Р.Ю. Дистанційні методи моніторингу довкілля. Херсон : Олді+, 2019. 298 с.
2. Бондар О.І., Фінін Г.С., Шевченко Р.Ю., Копиленко О.Л. Картографування радіаційного забруднення території України. *Екологічні науки*. 2020. № 2 (29). С. 20–30.
3. Бондар О.І., Шевченко Р.Ю. Моніторинг стану навколишнього середовища засобами ГІС: навчально-методичні та практичні рекомендації. 2018. 52 с.
4. Картографування прояву та наслідків природно-антропогенних явищ України. Геоінформаційне картографування. Концепція використання картографічного методу при здійсненні регіональної екологічної політики в Україні». Звіт про науково-дослідну роботу (№ держ. реєстрації 0101U002879), 2003.
5. Картографічне забезпечення реалізації глобальних інфраструктурних об'єктів для потреб РНБО України. Науковий звіт. 2020.
6. Шевченко Р.Ю. Картографування надзвичайних ситуацій природного характеру. *Екологічний вісник*. 2002. № 11-12. С. 28–30.
7. Шевченко Р.Ю. Малий екологічний атлас України. *Екологічний вісник*. 2005. № 1. С. 26–31.

НЕБЕЗПЕКА СТВОРЕННЯ ДЕФІЦИТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ У РЕГІОНАХ УКРАЇНИ В УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ

Васютинська К.А., Барбашев С.В., Кімінчиджи М.І.

Одеський національний політехнічний університет

пр. Шевченка, 1, 65044, м. Одеса

e.a.vasutinskaya@opu.ua

Стаття присвячена формуванню інтегрального показника дефіциту водних ресурсів і визначенню характеру його співвідношення з індексом урбанізації в регіональному розрізі, що є важливим складником системи кількісного оцінювання ризиків втрат стійкості природними водними об'єктами. У статті показано, що комплекс урбанізаційних процесів зумовлює стрімке зниження якості та кількості водних ресурсів, що обмежує їх придатність до використання.

Актуальність роботи визначена тим, що сформована можливість проведення кореляцій між характером використання водно-ресурсного потенціалу, умовами створення дефіциту водних ресурсів і рівнем екологічної урбанізації регіонів України за допомогою індексу екологічної урбанізації. Запропонований та розрахований інтегральний показник дефіциту водних ресурсів.

Проведено ранжування регіонів України та виділені групи областей із загрозами виснаження ресурсів поверхневих і підземних водних джерел. Проведений аналіз зв'язків коефіцієнту дефіциту води у співвідношенні до рівня використання свіжої води залежно від індексу екологічної урбанізації дозволив виявити поєднання природних та урбогенних негативних факторів виснаження водних ресурсів для південних областей України. Позитивними аспектами урбанізації зумовлені низькі рівні показників споживання населенням свіжої води в областях з високим рівнем екологічної урбанізації.

Досить високий рівень кореляції між показниками водного дефіциту та індексом екологічної урбанізації показав, що екологічна урбанізація регіонів є важливим фактором створення дефіциту як підземних, так і поверхневих вод. Встановлений різний характер експлуатації водних джерел населенням та об'єктами господарської діяльності як передумова регіональної диференціації урбогенного впливу на природні водні об'єкти.

Пропонується використовувати інтегральний показник дефіциту води для оптимізації водокористування в програмах сталого розвитку регіонів України. Застосування інтегральних показників дефіциту води та індексу екологічної урбанізації може підвищити ефективність управління регіональними системами водного господарства, що базується на басейнових принципах.
Ключові слова: водні ресурси, дефіцит води, водний об'єкт, урбанізація, інтегральний показник, індекс, регіони України.

The risk of a water scarcity in the Ukraine regions in urbanization terms. Vasiutynska K., Barbashev S., Kiminchydzhy M.

The objective of this study was the formation of an integral indicator of water scarcity and the determination of the nature of its relationship with the urbanization index for Ukraine regions. This index defined as an important component of the system of quantitative risk assessment of loss of stability by natural water bodies.

The article shows that global urbanization and environmental degradation cause a rapid decrease in the quality and quantity of water resources, which limits their usability. The relevance of the topic is determined by the fact that it became possible to carry out correlations between the type of the water resources consumption, the conditions for the shortage of water resources and the level of ecological urbanization of Ukraine regions by means of ecological urbanization index.

An integral indicator of water scarcity was proposed and calculated. The ranking of Ukraine regions was carried out, groups of regions with threats of depletion of surface and underground water sources were identified. The analysis of the relation between the water deficit coefficient in link to the level of freshwater consumption depending on the ecological urbanization index defined a link of natural and urbogenic negative factors of water resources depletion for Ukraine southern regions. The positive aspects of urbanization are caused the low levels of freshwater consumption by the population in areas with a high level of ecological urbanization.

A sufficiently high level of correlation between the water deficit indicator and the ecological urbanization index shows that the environmental urbanization of regions is an important factor of deficit of both groundwater and surface water. The different types of the exploitation of water resources by the population and objects of economic activity has been established as a precondition for regional differentiation of the urbogenic impact on natural water bodies.

The article's authors propose to take into account the integral indicator of water scarcity in order to work out the region's programs of sustainable development of Ukraine regions. The application of integral indicators of water scarcity and the ecological urbanization index to enhance the regional water resource management based on basin principles. *Key words:* water resources, water scarcity, water body, urbanization, integral indicator, index, Ukraine regions.

Постановка проблеми. Проблема збереження та раціонального використання водних ресурсів стає все гострішою для України та інших країн світу, що обрали шлях сталого розвитку. Забезпечення належного екологічного стану водно-ресурсного потенціалу є актуальним для всіх регіонів країни, в яких

водогосподарські і гідроекологічні проблеми поглиблюються природним дефіцитом водних ресурсів, їх нерівномірним розподілом. Виснаження та антропогенно-техногенне забруднення практично всіх поверхневих водних об'єктів та значної частини підземних вод зумовлено комплексним впливом урбанізаційних процесів, який поширюється далеко за межі селітебних територій.

Встановлення характеру залежності між показниками рівня споживання регіонального водного ресурсу та рівнем урбанізації адміністративних областей дозволить наблизити до європейських правила користування водними ресурсами, їх екологічно спрямоване відновлення та захист.

Актуальність дослідження визначена тим, що сформована можливість встановлення кореляцій між показниками незбалансованості водокористування та урбогенним навантаженням території регіонів України через розрахований авторами цієї статті індекс екологічної урбанізації. Розвиток методів оцінювання складних регіонально диференційованих урбогенних впливів актуальний для досягнення сталого розвитку міст, областей і збереження їх природного водно-ресурсного потенціалу.

Мета дослідження – визначення інтегрованого кількісного показника дефіциту водних ресурсів регіонів країни та встановлення характеру його залежності від інтегрального показника урбанізації.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження умов створення дефіциту водних ресурсів є надважливим для сталого розвитку регіонів і відповідає принципам Водної стратегії України на період до 2025 року [1], основним положенням Директив ЄС у сфері якості води та управління водними ресурсами [2], які увійшли до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом.

Застосування індикаторів урбогенного впливу на природні водні об'єкти відповідає стратегічним цілям і завданням, визначеним Законом України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», а саме завданню «зменшення негативного впливу процесів урбанізації на навколишнє природне середовище» (Ціль 2 – «Забезпечення сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу України») [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В усьому світі збільшення антропогенного навантаження на водні ресурси та погіршення їх якості здебільшого пов'язують з урбанізацією. Нині в світі більше 56% населення проживає в містах, а до 2050 року концентрація містян може збільшитися до 70% [4].

Попит зростаючого населення на продовольство, житло і енергію створює величезний тиск на водні ресурси. Якість води в усьому світі погіршується насамперед через інтенсивну сільськогосподарську діяльність, зумовлену швидкою урбанізацією. Авторами роботи [5] показані взаємозв'язки водоко-

ристування, землекористування та якості води через чутливість водних об'єктів до внесення поживних речовин, особливо сполук нітрогену, зафіксований різний рівень забруднення водних об'єктів різними видами землекористування. Важливим результатом роботи було розроблення індикаторної оцінки впливу землекористування на мінливість якості води із застосуванням індексів забруднення ландшафту біогенами.

Прямий або непрямий вплив урбанізації на водні системи досліджений у низці робіт, зокрема, загальне значення для якості води має забудова територій водорозділу та його фрагментація [6], а негативні наслідки змін рослинного покриву зафіксовані у роботі [7]. Вивченню проблеми створення дефіциту води внаслідок зростаючого водоспоживання присвячене дослідження, викладене в роботі [8]. Авторами роботи [9] визначені небезпеки виснаження підземних вод в урбанізованих мегаполісах світу.

Питання дефіциту води знайшли відображення у розробках вітчизняних науковців, у яких розглядаються проблеми довгострокового прогнозування водогосподарського балансу [10] для врахування дефіциту водних ресурсів у майбутньому; а також ефективні механізми управління [11] та сталого розвитку водогосподарського комплексу [12]. Обмеженість прісної води створює загрозу безпеці людини, тому питання водного дефіциту в контексті регіональної та національної безпеки розглянуті в дослідженнях [13, 14]. Проте інформація щодо комплексних оцінок впливу урбанізаційних процесів на територіальні ресурси дуже обмежена. Про її важливість при встановленні рівнів екологічної безпеки регіонів авторами цієї статті вже зазначалося в роботі [15].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Європейська Рамкова Водна Директива 2000/60/ЄС [16] щодо забезпечення сталого природокористування вимагає визначення районів річкових басейнів як цілісних природних об'єктів незалежно від адміністративних чи політичних кордонів. Але впровадження басейнових принципів інтегрованого управління водними ресурсами в Україні ускладнено тим, що водогосподарські комплекси експлуатують ресурси різних водних об'єктів без урахування їх природного дефіциту та нерівномірності розподілу.

При цьому формування урбогенних зон під впливом господарської діяльності призвело до територіальної диференціації масштабів навантаження на екосистеми річкових басейнів, який важко врахувати в системах територіально-адміністративного управління. Ця стаття присвячена вирішенню проблеми формування комплексних оцінок для проведення кореляцій між рівнем урбогенних впливів на ландшафти та показниками регіональних водних ресурсів, що є необхідним фундаментом для організації екологічно збалансованого та сталого водокористування.

Новизна роботи полягає в тому, що в якості індикатора урбогенного впливу на територію водозбірних басейнів пропонується застосувати індекс екологічної урбанізації, що дає можливість провести кореляції між характером використання водно-ресурсного потенціалу, умовами створення дефіциту води та рівнем урбогенного навантаження регіонів України.

Загальнонаукове та методологічне значення. Забезпечення сталого природокористування вимагає формування єдиної системи оцінювання базових властивостей водних ресурсів. Різноманітні та різнорівневі показники прямих і непрямих впливів урбанізації на водні системи включають зміни характеру покриву територій водозбірних басейнів, попит на воду у співвідношенні до водопостачання, забруднення точковими та дифузійними джерелами та багато інших, які можуть діяти синергетично. Формування інтегральних показників створення дефіциту водних ресурсів у регіональному розрізі є важливим складником всієї системи оцінювання ризиків втрат природними водними джерелами визначеної якості та кількості під урбогенним тиском.

Методологія дослідження. У роботі використані методи статистичного аналізу Дані для оцінки показників споживання водних ресурсів за регіонами країни [17, 18] були нормалізовані за стандартним алгоритмом, представленим у роботі 19. Розрахунки та нормалізація статистичних даних проведені із застосуванням бібліотеки Панда пакету Python, серія DataFrame, версія v0.22.0 [20]. Графічний аналіз виконувався із застосуванням програмного забезпечення MS Office Excel.

Виклад основного матеріалу. Водойми є важливим середоутворюючим фактором, який підтримує екологічний стан міського середовища, є джерелом питного водопостачання та місцем рекреації і відпочинку городян. В умовах урбанізації водні системи все більше піддаються зростаючому антропогенному навантаженню, яке включає зміни гідрологічного режиму водойм і водотоків, зміни водного балансу внаслідок надмірного споживання, зміни гідрохімічного режиму як результат скидання стічних вод.

Практично всі природні процеси на територіях урбогенного навантаження антропогенно спотворені. Зміни характеру рослинного покриву водозбірних басейнів під впливом змін структури землекористування, збільшення масштабів точкових і дифузних джерел забруднення поширюються далеко за межі міських поселень і підривають стійкість території загалом.

Авторами цієї статті було показано зменшення індексів водозабору і водовідведення щодо 1990 року відповідно до зменшення щільності населення на фоні зростаючої урбанізації [14]. Але ця тенденція змінилася останніми роками (з 2013 року), коли різке падіння чисельності населення України не супроводжувалося аналогічними змінами показників забору води та скидання в природні водні об'єкти, а їх

питомі значення (в розрахунку на душу населення) тільки збільшилися [17].

Зменшення обсягів скидів стічних вод не призвело до відповідного поліпшення якості водних ресурсів. Тенденції водного дефіциту посилилася через забруднення. Так, за даними [18] значна частина стоків скидається неочищеними чи не досить очищеними. Виснаження і деградація водних екосистем відбувається на тлі негативних змін клімату. У зв'язку з інтенсивним використанням окремі водні об'єкти не забезпечують достатнього розведення стічних вод, у результаті чого втрачають свою природну якість, а їх екосистеми починають деградувати.

Визначення коефіцієнту дефіциту водних ресурсів для регіонів України. Кількість водного ресурсу – необхідна умова забезпечення його якості. Якість води не може підтримуватися без певної потужності потоку, який має забезпечувати такі основні функції як підтримання стійкості водних екосистем, сталості гідрологічних циклів і забезпечення достатньої кількості води для підтримки якості, визначеної потребами різних водокористувачів (населення, промисловість, сільське господарство, транспорт, енергетика тощо) за рахунок збереження природного гідрохімічного балансу та розведення стоків.

В якості інтегрального показника дефіциту водних ресурсів пропонується коефіцієнт K_{c-3} , який був розрахований на основі даних [18] як відношення обсягу скинутих у природні водні об'єкти до забраних прісних вод. Якщо коефіцієнт $K_{c-3} \approx 1$, то це означає, що обсяги забору води з природних водних об'єктів компенсуються об'ємами стічних вод; $K_{c-3} < 1$ означає неповернення значних обсягів води у природні водні об'єкти та накопичення дефіциту; значення $K_{c-3} > 1$ досягаються у випадку використання підземних вод, які після експлуатації скидаються у поверхневі водойми. Тому чим менше значення K_{c-3} , тим менша частина забраної для використання води повертається у природний водний об'єкт, тим більше порушується природний водний баланс і накопичується дефіцит водного ресурсу.

Коефіцієнт K_{c-3} є важливою кількісною оцінкою дефіциту води внаслідок використання в регіонах, який може використовуватися для ранжування областей України. Рейтинг регіонів за цим інтегральним показником представлений на рис. 1.

З рис. 1 вбачається, що тільки у 2-х областях (Волинська, Київська) обсяг води, забраної з природних джерел, дорівнює чи приблизно дорівнює обсягам скиду. У таких областях як Дніпропетровська, Донецька, Житомирська, Запорізька, Сумська, Черкаська, Чернівецька у водойми повертається від 70 до 87% води. Ці області включають райони різних річкових басейнів, а забір і скидання води після експлуатації може відбуватися у різні водні об'єкти.

Позитивний баланс скиду над забором характеризує переважно західні (Волинська, Закарпатська, Львівська, Тернопільська) та Харківську області, які

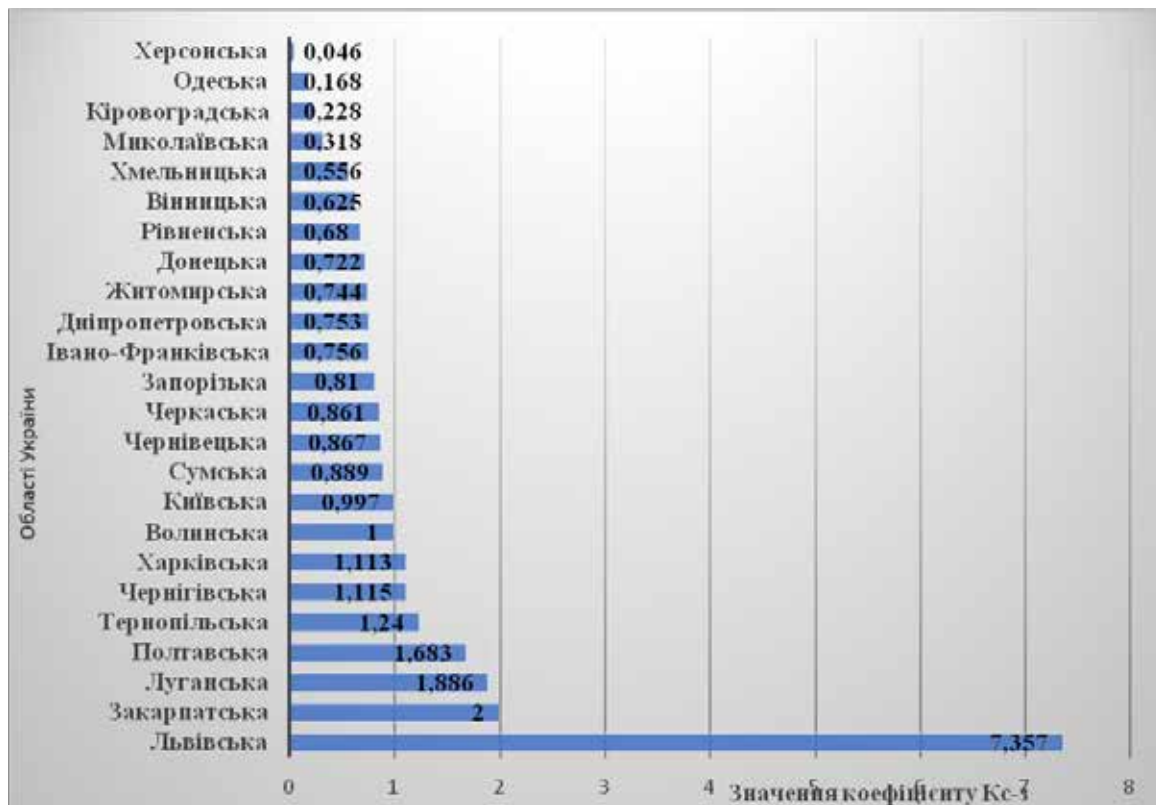


Рис. 1. Ранжування областей України за коефіцієнтом дефіциту водних ресурсів

використовують підземні та джерельні води здебільшого для потреб населення. Така ситуація свідчить про виснаження ресурсів підземних вод і може бути ще більш несприятливою для водно-господарського потенціалу регіонів.

Встановлена найбільш загрозлива ситуація зі створення дефіциту води для Херсонської ($K_{c-3} = 0,046$), Одеської ($K_{c-3} = 0,168$), Миколаївської ($K_{c-3} = 0,318$), Кіровоградської ($K_{c-3} = 0,228$) областей, що можна пояснити синергетичним впливом негативних чинників клімату степової та лісостепової зон, низьким водозабезпеченням південних регіонів, високими витратами води на меліорацію та сільське господарство.

Оцінка впливу екологічної урбанізації на специфіку використання водних ресурсів у регіонах України. Практично всі крупні міста є розвинутими промисловими центрами, багато з яких розташовані поблизу річкових артерій. Урбогенно-техногенна діяльність відбувається як у руслах річок (будівництво гребель, забір води, скидання стічних вод), так і на водозбірних територіях (експлуатація та виснаження земель, забруднення довкілля, зведення лісів, осушення боліт, ефтрофікація водойм та інші).

Показником урбогенного навантаження на водні об'єкти є площа непроникної поверхні (території під житловими будинками, дорогами, тротуарами, будьякими об'єктами техносфери та комунікаціями), яка не бере участь у природному кругообігу, в її межах порушується режим водного стоку, відбуваються

небезпечні гідрологічні процеси [14]. Розширення непроникної поверхні афілійоване з екологічним аспектом урбанізації [21].

Екологічна урбанізація визначає межі стійкості природних систем під тиском урбогенно-техногенних впливів і лімітує розвиток урбанізованих територій через обмеженість територіальних і сировинних ресурсів, в тому числі водних. Кількісним показником є індекс екологічної урбанізації ($I_{ec,urb}$), визначений при допущенні, що вся територія міст є непроникною, оскільки всі функціональні зони належать до штучно створених систем, у яких природні процеси змінені та підпорядковані антропогенній діяльності.

Індекс екологічної урбанізації, розрахований у роботі [21] на основі показників щільності міського населення та частки території, зайнятої містами, щодо загальної площі адміністративної області, відображає рівень урбогенного навантаження на територію регіонів, у тому числі в районах водозбірних басейнів. Застосування індексу дає можливість визначити кореляції між характером використання водно-ресурсного потенціалу, умовами створення дефіциту водних ресурсів і рівнем екологічної урбанізації регіонів.

У табл. 1 представлені нормалізовані значення показників коефіцієнту дефіциту водних ресурсів (K_{c-3})ⁿ і показників використання свіжої води на душу населення, м³/людину [19], (B_{cb})ⁿ в адміністративних областях України.

Таблиця 1

Нормалізовані показники питомого використання свіжої води та дефіциту водних ресурсів

Область	$(V_{св})^н$	$(K_{с-3})^н$	Область	$(V_{св})^н$	$(K_{с-3})^н$
Вінницька	0.038	0.079	Миколаївська	0.144	0.037
Волинська	0.029	0.130	Одеська	0.086	0.016
Дніпропетровська	0.331	0.096	Полтавська	0.041	0.223
Донецька	0.213	0.092	Рівненська	0.058	0.086
Житомирська	0.030	0.095	Сумська	0.038	0.115
Закарпатська	0	0.267	Тернопільська	0.012	0.164
Запорізька	0.653	0.104	Харківська	0.088	0.145
Івано-Франківська	0.033	0.097	Херсонська	1	0
Київська	0.394	0.130	Хмельницька	0.040	0.069
Кіровоградська	0.031	0.024	Черкаська	0.100	0.111
Луганська	0.009	0.251	Чернівецька	0.037	0.112
Львівська	0.026	1	Чернігівська	0.089	0.146

Джерело: розраховані авторами на основі [18; 19]

У нормалізованому вигляді значення коефіцієнту $(K_{с-3})^н = 0,13$ відповідає $K_{с-3} = 1$ (у випадку Волинської області); $(K_{с-3})^н < 0,13$ відповідає $K_{с-3} < 1$; $(K_{с-3})^н > 0,13$ відповідає $K_{с-3} > 1$.

Показники дефіциту води $(K_{с-3})^н$ у співвідношенні до рівня використання свіжої води залежно від індексу екологічної урбанізації $I_{ec,urb}$ за регіонами країни представлені на рис. 2. Їх аналіз показує певні тенденції. Максимальні значення питомого використання свіжої води спостерігаються в Херсонській, Запорізькій, Київській, Донецькій, Миколаївській, Одеській областях поряд зі створенням найвищих рівнів дефіциту води серед усіх регіонів України.

Сполучення обох негативних чинників виснаження водних ресурсів співпадає як із природними кліматичними і ландшафтними умовами, що обмежили кількість водних об'єктів на території вказа-

них областей, так і з високими рівнями урбогенного навантаження ($I_{ec,urb}$ вище середнього). Всі ці фактори можуть синергетично взаємодіяти, що сприяє деградації водних джерел, підсилює гідроекологічні проблеми і може ще більше поглибити нерівномірний розподіл водних ресурсів за територією та часом.

Низькі рівні використання свіжої води корелюють з низькими рівнями урбогенного навантаження для Львівської, Закарпатської, Чернігівської, Житомирської, Кіровоградської, Полтавської, Черкаської, Сумської областей.

Практично такий же низький рівень споживання населенням свіжої води спостерігається в областях із високим рівнем екологічної урбанізації ($I_{ec,urb} > 0,4$): Вінницькій, Волинській, Хмельницькій, Харківській, Луганській (з оглядом на можливу недостовірність даних на непідконтрольних українській

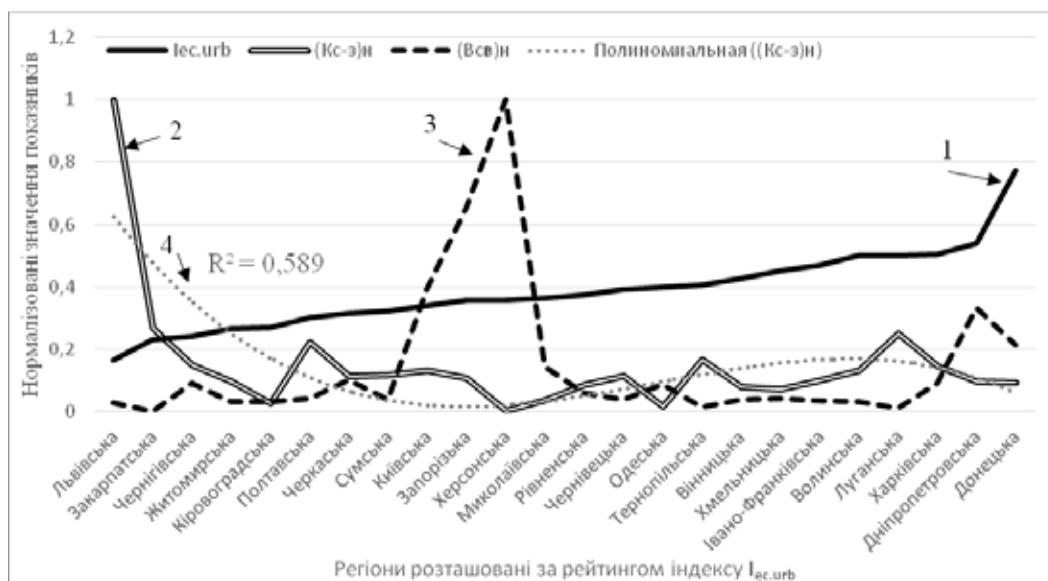


Рис. 2. Залежність нормалізованих показників дефіциту водних ресурсів і рівня використання свіжої води населенням регіонів від індексу екологічної урбанізації:
1 – $I_{ec,urb}$; 2 – $(K_{с-3})^н$; 3 – лінія тренду показника $(K_{с-3})^н$

владі територіях). Там можуть виявлятися позитивні аспекти урбанізації, пов'язані із більш широкими матеріально-технічними та фінансовими можливостями міст щодо запровадження систем повторного та зворотного водокористування на промислових об'єктах і в міському господарстві, повного охоплення населення системами обліку та економії води питної якості.

Показана на рис. 2 поліноміальна лінія тренду показника $(K_{c-3})^u$ з достатнім рівнем кореляції ($R^2 = 0.589$) показує наявний зв'язок між умовами створення водного дефіциту та рівнем екологічної урбанізації регіонів.

Області із середнім ($I_{ec.urb} \approx$ до 0,28) і вище середнього ($I_{ec.urb} \geq 0,4$) рівнями екологічної урбанізації характеризуються високим ступенем дефіциту ресурсів поверхневих водних об'єктів, що відповідає мінімальним значенням коефіцієнту $(K_{c-3})^u$. До таких областей належать Кіровоградська, Сумська, Житомирська, Черкаська Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська, Вінницька, Хмельницька.

Виключеннями є Луганська (з урахуванням можливої статистичної похибки) та частково Харківська і Волинська області з високими значеннями коефіцієнту $(K_{c-3})^u$ за рахунок використання ресурсів як поверхневих, так і підземних вод. У Дніпропетровській і Донецькій (також з оглядом на можливі статистичні похибки) областях, де підземні води не використовують, найвищий рівень урбанізації викликає зростання дефіциту води.

Для таких областей як Львівська, Закарпатська, Чернігівська, Полтавська відсутність водного дефіциту (значення $(K_{c-3})^u$ від 0,14 до 1) зумовлене не стільки низьким рівнем екологічної урбанізації ($I_{ec.urb} < 0,2$), скільки інтенсивним використанням підземних водних джерел, що може призвести до виснаження ресурсів підземних водних об'єктів. Таким чином, екологічна урбанізація регіонів виявляється надважливим фактором створення дефіциту як підземних, так і поверхневих вод, а нестача кількості свіжої води зумовлює неможливість підтримання необхідної для різних напрямів водокористування якості.

Головні висновки. Запропонований і розрахований коефіцієнт дефіциту водних ресурсів K_{c-3} є важливим інтегральним показником, що дозволяє оцінити характер використання водогосподарського потенціалу регіонів України. Диференціація областей за рівнями дефіциту води значною мірою визначається тим територіально-господарським комплексом і відповідним рівнем урбанізації, який склався за багато років у різних областях.

Високі рівні використання свіжої води співвідносяться зі значним дефіцитом територіальних водних ресурсів у випадку Херсонської, Запорізької, Київської, Донецької, Миколаївської областей, водогосподарські комплекси яких знаходяться під синергетичним впливом природних та урбогенних негативних факторів, які здатні поглибити нерівномірний розподіл водних ресурсів за територією та часом.

Зафіксовано різний характер експлуатації водних джерел населенням та об'єктами господарської діяльності. Місцеве господарство середніх, невеликих міст і населених пунктів міського типу здебільшого використовує підземні водні джерела для питних і побутових цілей. Так відбувається своєрідний перетік підземних вод після експлуатації у поверхневі водні об'єкти. Це також створює загрозу порушення гідрологічного балансу території через виснаження практично невідновлюваних ресурсів підземних вод. Великі міста і мегаполіси, об'єкти промисловості та енергетики експлуатують потужні поверхневі джерела зі створенням високих ризиків дефіциту ресурсів прісноводних водних об'єктів.

Позитивні наслідки урбанізації регіонів країни виявляються у створенні кращих організаційних, фінансових і матеріально-технічних можливостей для раціоналізації та модернізації всього водогосподарського комплексу, впровадженні економічного інструментарію сталого водокористування.

Перспективи використання результатів дослідження. Інтегральний показник дефіциту води доцільно використовувати як для оптимізації водокористування в програмах розвитку регіонів України, так і для прогнозування ризиків перевищення попиту на воду над водозабезпеченням, мінімізації наслідків різкого погіршення якості ресурсів поверхневих і підземних водних джерел. Наприклад, нестача одного з найважливіших життєзабезпечувальних ресурсів може суттєво обмежити подальший соціально-економічний розвиток Херсонської, Одеської, Миколаївської, Кіровоградської областей, у яких необхідно розробити та фінансово забезпечити необхідні заходи для подолання дефіциту води.

Встановлені закономірності характеру співвідношення індексу екологічної урбанізації та показників використання водних ресурсів можуть допомогти підвищити ефективність управління регіональними системами водного господарства, що базується на басейнових принципах.

Література

1. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи). К., 2015. 46 с. URL: http://iwipim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf [дата звернення: 05.06.2020].
2. Проект ЄС «Додаткова підтримка Міністерства екології та природних ресурсів України у впровадженні Секторальної бюджетної підтримки». URL: https://buvrtysa.gov.ua/newsite/download/Water_brochure.pdf [дата звернення: 24.06.2020].
3. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019 № 2697-VIII / Верховна Рада України [online]: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19> [дата звернення: 07.07.2020].

4. Central Intelligence Agency. The World Factbook. URL: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/349.html#XX> [дата звернення: 10.06.2020].
5. Carey R.O., Migliaccio K.W., Li Y., Schaffer B., Kiker G.A., Brown M.T. Land use disturbance indicators and water quality variability in the Biscayne Bay Watershed, Florida. *Ecological Indicators*. 2011, 11(5), 1093–1104. doi: 10.1016/j.ecolind.2010.12.009 [дата звернення: 10.01.2020].
6. Conway T.M., Lathrop R.G. Alternative land use regulations and environmental impacts: assessing future land use in an urbanizing watershed. *Landscape and Urban Planning*. 2005, 71(1), 1–15. doi: 10.1016/j.landurbplan.2003.08.005.
7. Yu D., Shi P., Liu Y., Xun B. Detecting land use-water quality relationships from the viewpoint of ecological restoration in an urban area. *Ecological Engineering*. 2013, 53, 205–216. doi: 10.1016/j.ecoleng.2012.12.045 [дата звернення: 10.01.2020].
8. Junguo L., Qingying L., Hong Y. Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity and water quality. *Ecological Indicators*. 2016, 60, 434–441 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.019> [дата звернення: 10.01.2020].
9. Arfanuzzaman M., Atiq Rahman, A. Sustainable water demand management in the face of rapid urbanization and ground water depletion for social-ecological resilience building. *Global Ecology and Conservation*. 2017, 10, 9–22. DOI: 10.1016/j.gecco.2017.01.005 [дата звернення: 10.01.2020].
10. Кордюм А.Б. Деякі аспекти складання довгострокового водогосподарського балансу. *Меліорація і водне господарство*. 2014, 101, 71–77. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2014_101_11 [дата звернення: 10.01.2020].
11. Хвесик М.А., Левковська Л.В., Сундук А.М. Системний підхід до економічної оцінки водних ресурсів України та регіонів. *Вісн. НАН України*. 2016, 7, 43–55. doi: 10.15407/visn2016.07.043.
12. Зацерковний В.І., Плічко Л.В. Аналіз системи управління водогосподарським комплексом України та пошук шляхів щодо її вдосконалення. *Наукоємні технології*. 2017, 4(36), 358–367. DOI: 10.18372/2310-5461.36.12236.
13. Безпека водних ресурсів України у глобальному вимірі : [монографія] / [за заг. ред. д.е.н., проф., академіка НААН України М.А. Хвесика]. К. : Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», 2013. 500 с.
14. Урбогенный характер создания дефицита водных ресурсов в регионах Украины / Васютинская Е.А., Барбашев С.В., Киминчиджи М.И. Экологична безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. статей ХУ Міжнародної науко-практичної конференції (м. Харків, 9-13 вересня 2019 року). Харків : Райдер, 2019. С. 82–87.
15. Vasutynska K.A., Barbashev S.V. The analysis of the principles and methods evaluation of environmental safety levels in regional context. *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi*. 2017, № 3(53). P. 114–121.
16. DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities* 2000. L 327. P. 1–72. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF [дата звернення: 28.06.2020].
17. Статистичний щорічник України за 2018 рік [online]: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/11/zb_yearbook_2018.pdf [дата звернення: 03.08.2020].
18. Довкілля України за 2018 рік : статистичний збірник / Державна служба статистики України. Київ, 2019. 214 с. URL: http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/11/Zb_dovk_2018.pdf [дата звернення: 10.07.2020].
19. Vasutynska K.A., Barbashev S.V. Analysis of dynamics of man-made fires in conditions of urbanization in Ukraine. *Technology Audit and Production Reserves*. 2018, 4, 3(42). P. 16–23. DOI: 10.15587/2312-8372.2018.141376.
20. <http://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/whatsnew.html#pipe> [дата звернення: 24.07.2020].
21. Васютинська К.А., Барбашев С.В., Киминчиджи М.І. Оцінка комплексного показника екологічної урбанізації регіонів України, 2020. *Екологічні науки*. № 3(30).

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Верголяс М.Р.¹, Вихляева М.В.², Шеремета А.И.², Шамкина К.К.²

¹ПВНЗ «Международная академия экологии и медицины»
Харьковское шоссе, 121, г. Киев, Украина

²Мелитопольский государственный педагогический университет
имени Богдана Хмельницкого
ул. Гетьманская, 20, г. Мелитополь, Запорожская область, Украина
vergolyas@meta.ua

Проблема сохранения окружающей среды в условиях интенсивного освоения природных ресурсов с каждым годом приобретает все большую значимость. Во многих регионах земного шара уже заметны значительные проблемы с водоснабжением в результате истощения водных ресурсов через их нерациональное использование. В настоящее время уровень техногенной нагрузки на природу возрастает в геометрической прогрессии.

В XX веке сотни тысяч тонн органических соединений, таких как ПАУ (полициклические ароматические углеводороды), ПХБ (полихлорированные бифенилы), ХОП (хлорорганические пестициды) и неорганических (тяжелые металлы) было произведено и частично выброшено в окружающую среду. Большинство из этих соединений плохо разлагаются и десятилетиями циркулируют в природных системах, переносясь на огромные расстояния. Часто коллектором многих из перечисленных веществ являлись и являются водные объекты.

В цивилизованных странах население серьезно озабочено проблемой возможных отдаленных и долговременных неблагоприятных последствий действия загрязняющих веществ на окружающую среду в целом и водные экосистемы в частности. Мониторингу за состоянием водных экосистем уделяется много внимания, и поиск методов, позволяющих эффективно оценить уровень загрязнения и выявить его источники, является весьма актуальным.

На сегодняшний день основная оценка качества вод как правило проводится на основе химико-аналитических методов. Эти методы определяют лишь наличие и количество химических элементов в тестируемых водных образцах, но не могут определить специфику формирования качества тестируемых водных образцов из-за очень большого количества возможных комбинаций химических соединений в водных растворах, в том числе поведения антропогенных соединений и природную уязвимость водных экосистем к комбинированным эффектам их загрязнения. Список органических веществ расширяется с каждым годом. Многие из этих соединений обладают синергетическим эффектом и, попадая в окружающую среду, их токсичность только усиливается. Все это значительно усложняет оценку экологических последствий загрязнения водных экосистем.

Оценка состояния организмов, обитающих в изменяющихся условиях среды обитания, позволяет раскрыть закономерности ответных реакций на разных уровнях организации (молекулярном, клеточном, организменном), предсказать появление заболеваний, выявить специфические биологические эффекты и этиологию заболеваний. В итоге решение этих вопросов дает возможность более точно оценивать и прогнозировать последствия антропогенного воздействия на экосистемы. В связи с этим особый интерес вызывает возможность использования биологических маркеров в качестве инструментов для оценки качества вод.

В результате исследований разработаны биомаркеры для оценки качества водной среды, основанные на гематологических показателях и характеристике морфофункциональных изменений клеток крови гидробионтов (рыбы, лягушки). Показаны изменения формулы крови и повышение количества клеток с ядерными аномалиями при воздействии проб воды на примере из рек Десна и Днепр. Полученные результаты могут быть экстраполированы в определенной степени на здоровье человека, учитывая тот факт, что речная вода является одним из основных источников питьевой воды для населения многих стран мира.
Ключевые слова: водная среда, биомаркер, биотестирование, гидробионты, лейкоцитарная формула крови, микроядра.

Екотоксикологічна оцінка антропогенного забруднення поверхневих вод. Верголяс М.Р., Вихляєва М.В., Шеремета А.І., Шамкіна К.К.

Проблема збереження навколишнього середовища в умовах інтенсивного освоєння природних ресурсів із кожним роком набуває все більшої значущості. У багатьох регіонах земної кулі вже помітні значні проблеми з водопостачанням у результаті виснаження водних ресурсів через їх нерациональне використання. Нині рівень техногенного навантаження на природу зростає в геометричній прогресії.

У XX столітті сотні тисяч тонн органічних сполук таких як ПАВ (поліциклічні ароматичні вуглеводні), ПХБ (поліхлоровані біфеніли), ХОП (хлорорганічні пестициди) і неорганічних (важкі метали) було вироблено і частково викинуто в навколишнє середовище. Більшість із цих поєднань погано розкладаються і десятиліттями циркулюють у природних системах, переносячись на величезні відстані. Часто колектором багатьох із перерахованих речовин були і є водні об'єкти.

У цивілізованих країнах населення серйозно стурбоване проблемою можливих віддалених і довготривалих несприятливих наслідків дії забруднюючих речовин на навколишнє середовище загалом і водні екосистеми зокрема. Моніторингу за станом водних екосистем приділяється багато уваги і пошук методів, що дозволяють ефективно оцінити рівень забруднення і виявити його джерела, є дуже актуальним.

Нині основна оцінка якості вод здебільшого проводиться на основі хіміко-аналітичних методів. Ці методи визначають лише наявність і кількість хімічних елементів у тестованих водних зразках, але не можуть визначити специфіку формування

якості тестованих водних зразків через дуже велику кількість можливих комбінацій хімічних сполук у водних розчинах, в тому числі поведінку антропогенних сполук і природну вразливість водних екосистем до комбінованих ефектів їх забруднення. Список органічних речовин розширюється з кожним роком. Багато з цих сполук мають синергетичний ефект і, потрапляючи в навколишнє середовище, їх токсичність тільки посилюється. Все це значно ускладнює оцінку екологічних наслідків забруднення водних екосистем.

Оцінка стану організмів, які живуть в умовах середовища проживання, що змінюється, дозволяє розкрити закономірності реакцій на різних рівнях організації (молекулярному, клітинному, організмовому), передбачити появу захворювань, виявити специфічні біологічні ефекти та етіологію захворювань. Розв'язання цих питань дає можливість більш точно оцінювати і прогнозувати наслідки антропогенного впливу на екосистеми. У зв'язку з цим особливий інтерес викликає можливість використання біологічних маркерів у якості інструментів для оцінки якості вод.

Для досліджень розроблені біомаркери для оцінки якості водного середовища, засновані на гематологічних показниках і характеристиці морфофункціональних змін клітин крові гідробіонтів (риби, жаби). Показано зміну формули крові й підвищення кількості клітин із ядерними аномаліями при впливі проб води на прикладі з річок Десна і Дніпро. Отримані результати можуть бути екстрапольовані певною мірою на здоров'я людини, враховуючи той факт, що річкова вода є одним із основних джерел питної води для населення багатьох країн світу. *Ключові слова:* водне середовище, біомаркер, біотестування, гідробіонти, лейкоцитарна формула крові, мікроядра.

Ecotoxicological assessment of anthropogenic pollution of surface water. Vergolyas M., Vikhlyayeva M., Sheremeta A., Shamkina K.

The problem of preserving the environment, in conditions of intensive development of natural resources, is becoming more and more important every year. In many regions of the world, significant problems with water supply are already noticeable as a result of the quantitative and qualitative depletion of water resources through their irrational use. At present, the level of man-made pressure on nature is growing exponentially.

In the 20th century, hundreds of thousands of tons of organic compounds such as PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons), PCBs (polychlorinated biphenyls), OCPs (organochlorine pesticides) and inorganic (heavy metals) were produced and partially released into the environment. Most of these compounds are poorly decomposed and circulate in natural systems for tens of years, being transported over great distances. Water bodies have often been and still are the collectors of many of the listed substances.

In civilized countries, the population is seriously concerned about the problem of possible remote and long-term adverse effects of pollutants on the environment in general and aquatic ecosystems in particular. Much attention is paid to monitoring the state of aquatic ecosystems, and the search for methods that would effectively assess the level of pollution and identify its sources is highly relevant. To date, the main assessment of water quality is usually carried out on the basis of chemical-analytical methods. And these methods determine only the presence and amount of chemical elements in the tested water samples, but cannot determine the specifics of the formation of the quality of the tested water samples, due to the very large number of possible combinations of chemical compounds in aqueous solutions, including the behavior of anthropogenic compounds and the natural vulnerability of aquatic ecosystems to the combined effects of their pollution.

The list of organic substances is expanding every year. Many of these compounds have a synergistic effect, and when released into the environment, their toxicity only increases. All this greatly complicates the assessment of the ecological consequences of pollution of aquatic ecosystems. Assessment of the state of organisms living in changing environmental conditions makes it possible to reveal the patterns of responses at different levels of organization (molecular, cellular, organismal), predict the occurrence of diseases and identify specific biological effects and the etiology of diseases.

As a result, the solution of these issues makes it possible to more accurately assess and predict the consequences of anthropogenic impact on ecosystems. In this regard, the possibility of using biological markers as tools for assessing water quality is of particular interest. As a result of the research, biomarkers have been developed for assessing the quality of the aquatic environment, based on hematological parameters and characteristics of morphological and functional changes in blood cells of aquatic organisms (fish, frogs).

The work is devoted to the development of biomarkers for assessing the quality of the aquatic environment, based on hematological parameters and characteristics of morphological and functional changes in blood cells of aquatic organisms (fish, frogs). A change in the blood formula and an increase in the number of cells with nuclear abnormalities when exposed to water samples are shown, for example from the Desna and Dnieper rivers. The results obtained can be extrapolated to a certain extent to human health, given the fact that river water is one of the main sources of drinking water for the population of many countries of the world. *Key words:* aquatic environment, biomarker, biotesting, hydrobionts, leukocyte blood count, micronuclei.

Постановка проблеми. Отходы промышленных производств, сельскохозяйственные и бытовые стоки, поступающие в водоемы, приводят к необратимому изменению условий существования отдельных видов животных и биоты в целом. Эта ситуация обуславливает необходимость активного поиска критериев оценки состояния водной среды, которая обеспечивала бы благополучие живых существ и самого человека.

Современный гидрохимический контроль за появлением и концентрацией загрязняющих веществ не всегда отражает реальную картину состояния водоемов. Практически не возможно с помощью химических анализов проследить малые концентрации

всех загрязнений, которые могут нарушать биологические процессы, в особенности при их длительном воздействии на протяжении многих поколений водных организмов, поскольку при лабораторном анализе вод определяется концентрация загрязняющих веществ лишь на момент взятия пробы [1].

Биотестирование – один из методов биологического контроля, который предполагает целенаправленное использование стандартных тест-организмов и методов для определения степени токсичности водной среды, основанный на измерении тест-реакции организма, его отдельной функции или системы. Под биомаркерами понимают любые показатели, отражающие взаимодействие биологической

системы и потенциально вредного фактора, который может иметь химическую, физическую или биологическую природу. Антропогенные изменения водных экосистем не могут не отображаться на физиологическом состоянии гидробионтов [1, 2].

Актуальность и цель исследования. В последнее время токсикологические тесты с использованием гидробионтов достигли значительного развития. Они используются как для исследования токсичности водных растворов или естественных вод, так и для выявления канцерогенных, цитотоксических или генотоксических веществ [2, 3].

Поэтому в комплексе мероприятий, направленных на предотвращение негативных воздействий на здоровье, связанных с факторами водной среды, важное место должна занимать оценка качества воды, в частности ее безопасность для человека. В связи с этим разработка эффективных методов оценки как прямого, так и опосредованного влияния техногенных и других загрязнителей на живые организмы становится все более актуальной.

Материалы и методы исследования. Для исследования влияния антропогенного загрязнения образцы воды были отобраны из реки Десна (в районе города Остер) и Днепр (район Гидропарка, город Киев). В образцах воды определяли электропроводность, рН и проводили химический анализ на присутствие органического углерода и некоторых неорганических веществ.

Сопоставление полученных показателей с нормативами, разработанными для оценки качества воды, показало, что отобранные пробы речной воды характеризовались отсутствием значительных отклонений от нормативных показателей, исключая перманганатную окисляемость и общий органический углерод, содержание которого было повышенным. Контрольная вода была приготовлена в лабораторных условиях согласно рекомендациям ДСТУ 4174:2003.

Исследования были проведены на тест-организмах – серебряный карась (*Carassius gibelio*) и шпорцевые лягушки (*Xenopus*), выращенных в аквариумах лаборатории на базе Международной академии экологии и медицины. Эксперимент повторяли дважды.

На сегодняшний день разработано большое количество молекулярных, клеточных и тканевых биомаркеров [2]. Биохимические и патофизиологические нарушения могут быть выявлены у различных гидробионтов, однако показатели физиологического состояния рыб чаще используются в диагностике последствий загрязнения вод [4]. В силу ряда причин рыбы признаны наиболее удобными и репрезентативными объектами для биомониторинга загрязнения водных экосистем.

Рыб рекомендуют использовать для скрининга потенциально опасных для человека веществ, вызывающих уродства и раковые заболевания, а также генотоксических веществ, попадающих в питьевую воду [1]. Рыбы населяют все водные объекты, имеют

длительный жизненный цикл и занимают верхний уровень в трофической системе водоемов. По сравнению с беспозвоночными животными рыб легче идентифицировать по видам, половой принадлежности, возрасту и другим биологическим и экологическим характеристикам [3]. Существует и другая причина для изучения влияния загрязнения на рыб. Многие виды являются объектами промысла и используются в пищу человеком.

Шпорцевые лягушки *Xenopus* – вид тест-организма, который является широко распространенным в биологии развития. Простота манипуляций с амфибиями и их эмбрионами сделала их важным объектом в эмбриологии, биологии развития и водной токсикологии [5]. Эти животные используются из-за своей мощной комбинации экспериментальной сговорчивости и тесной эволюционной связи с людьми по сравнению с многими модельными организмами.

Xenopus уже давно является важным инструментом для исследований в естественных условиях на молекулярном, клеточном уровне и в биологии развития позвоночных животных. Дополнительный бесклеточные экстракты, изготовленные из *Xenopus*, являются одним из ведущих в пробирке системы для изучения фундаментальных аспектов клеточной и молекулярной биологии. Таким образом, *Xenopus* является единственным позвоночным системы, что позволяет их использовать с высокой пропускной способностью в естественных условиях анализа функции гена и высокой пропускной биохимии. Они также широко пользуются популярностью среди аквариумных животных для изучения токсикологии водной среды. Как и рыбы, они относительно нетребовательны к условиям содержания [5-8].

Для определения влияния токсичности водных образцов использовали по 30 экземпляров каждого тест-организма рыбы *Carassius gibelio* весом 25-30 грамм и шпорцевые лягушки *Xenopus* весом 60-65 грамм. Тест-организмы были разделены на три группы по 10 особей. Каждую группу помещали в аквариумы с контрольной водой (1) – образцы воды из рек Десна (2) и Днепр (3).

После экспозиции через 96 часов у каждой особи из вены брали образцы крови. У рыб кровь брали из хвостовой вены, у лягушек – из вены задней лапы. Готовили цитологические препараты по стандартной методике [9] и анализировали под световым микроскопом при общем увеличении $\times 1000$. На каждом препарате просматривали 3000 клеток. Статистическую обработку данных проводили с использованием *t*-критерия Стьюдента, $p < 0,05$ считали статистически значимым [10].

Изложение основного материала. Было проведено исследование влияния отобранных образцов воды на гематологические показатели и показатели цитогенетической стабильности эритроцитов у гидробионтов. При воздействии исследуемых проб воды наблюдалась тенденция к снижению процента лим-

фоцитов у обоих тест-организмов (табл. 1). Также пробы воды вызывали достоверное увеличение процента сегментоядерных нейтрофилов почти вдвое, наблюдался значительный ($p < 0,05$) рост количества эозинофилов.

Показано, что при воздействии исследуемых проб по сравнению с контролем увеличивался уровень базофилов и моноцитов, где данные показатели выросли почти вдвое, а количество эозинофилов увеличилось более чем в 20 раз.

Таким образом, исследование лейкоцитарной формулы крови рыб (*Carassius gibelio*) и шпорцевых лягушек (*Xenopus*) позволяет выявить наличие примесей неопределенной природы в речной воде, которые негативно влияют на живые организмы. В работе [11] полученные результаты позволяют утверждать про относительно меньшую загрязненность пробы из Десны по сравнению с пробами, которые были отобраны из Днепра. Полученные результаты непосредственно свидетельствуют о возможности использования лейкоцитарной формулы рыб для определения степени загрязнения водных биотопов.

Результаты микроядерного анализа представлены в таблице 2. Полученные результаты свиде-

тельствуют о влиянии антропогенного загрязнения речной воды на частоту появления клеток крови с нарушением генетического аппарата. Все исследуемые пробы воды достоверно ($p < 0,01$) увеличивали долю эритроцитов с микроядра и двойными ядрами в крови подопытных гидробионтов.

После 96 часов инкубации в крови у гидробионтов, которые находились в пробах речной воды, существенно увеличилось количество эритроцитов с микроядрами и двойными ядрами ($p < 0,05$). Среди этих нарушений чаще встречались клетки с микроядрами. Следует отметить, что наиболее выраженным был генотоксический эффект в образцах воды из Днепра, которые получали у очистных сооружений Киева в районе Гидропарка.

Антропогенное загрязнение природных вод приводит к ослаблению антиоксидантной системы гидробионтов, что сопровождается увеличением частоты генетических нарушений в клетках крови рыб и лягушек. Следует отметить, что именно эритроциты крови являются наиболее чувствительной мишенью к действию активных форм кислорода. Известно, что ионы тяжелых металлов могут катализировать образование активных форм кислорода [12; 13]

Таблица 1

Лейкоцитарная формула (%) рыб (*Carassius gibelio*) и шпорцевых лягушек (*Xenopus*) при воздействии исследуемых проб воды

Форменные элементы крови	контроль		Десна (г. Остер)		Днепр (Гидропарк, г. Киев)	
	рыба n = 10	лягушка n = 10	рыба n = 10	лягушка n = 10	рыба n = 10	лягушка n = 10
Палочко-ядерные нейтрофилы	1,39 ± 0,18	1,45 ± 0,19	1,45 ± 0,19	1,75 ± 0,08	2,54 ± 0,19	2,77 ± 0,12
Сегменто-ядерные нейтрофилы	2,51 ± 0,19	2,11 ± 0,12	2,66 ± 0,22*	2,16 ± 0,19*	3,83 ± 0,22*	2,98 ± 0,29*
Эозинофилы	0,26 ± 0,08	0,28 ± 0,04	0,76 ± 0,13*	1,46 ± 0,53*	4,80 ± 0,14*	5,77 ± 0,18*
Базофилы	4,52 ± 0,33	4,37 ± 0,36	6,95 ± 0,43*	5,15 ± 0,63	7,75 ± 0,42*	8,05 ± 0,61*
Моноциты	5,33 ± 0,32	5,48 ± 0,42	6,09 ± 0,41	7,02 ± 0,12*	7,48 ± 0,42*	7,83 ± 0,45*
Лимфоциты	85,91 ± 0,57	84,80 ± 0,64	81,69 ± 0,70	82,19 ± 0,54	73,60 ± 0,70*	72,60 ± 0,66*

Примечание: * – $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой.

Таблица 2

Частоты ядерных нарушений (%) в эритроцитах рыб (*Carassius gibelio*) и шпорцевых лягушек (*Xenopus*) при воздействии исследуемых проб воды

Показатели		Исследуемые пробы воды		
		контроль	Десна (г. Остер)	Днепр (Гидропарк, г. Киев)
рыба n = 10 эритроциты (3000 клеток)	МЯ, %	0	2,99 ± 0,61*	3,75 ± 0,67*
	2Я, %	0	1,67 ± 0,50*	3 ± 0,61*
лягушка n = 10 эритроциты (3000 клеток)	МЯ, %	0	2,67 ± 0,55*	5 ± 0,77*
	2Я, %	0,33 ± 0,20	1,99 ± 0,40*	2,75 ± 0,58*

Примечание: МЯ – клетки с микроядром, 2Я – клетки с двумя ядрами, * – $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой.

и играть роль ингибиторов отдельных ферментов антиоксидантной системы [14].

В контексте определения количества клеток с микроядрами и двойными ядрами можно оценить интегральное влияние достаточно широкого спектра загрязняющих факторов водной среды на состояние морских и пресноводных рыб. С методической точки зрения сочетание гематологических и цитологических методов для изучения гидробионтов позволяет получить информацию о механизме токсического действия факторов антропогенного загрязнения водной среды.

Принимая во внимание растущее количество загрязнителей в речных акваториях, прилегающих к регионам с высоким уровнем индустриализации, эти показатели жизнедеятельности гидробионтов могут быть использованы для проведения постоянного экологического мониторинга природных вод, а также для оценки потенциального токсикологического риска присутствующих в воде химических веществ для здоровья человека [15]. Таким образом, проведенные исследования по определению влияния антропогенного загрязнения речных вод позволили выявить изменения гематологических и цитогенетических показателей гидробионтов, которых можно предложить для биоиндикации.

Главные выводы:

1. Результаты по выявлению изменений в генетическом аппарате гидробионтов под влиянием загрязнителей пресной воды могут быть экстраполированы в определенной степени на здоровье человека,

учитывая тот факт, что речная вода является одним из основных источников питьевой воды для населения Украины и других стран мира.

2. Относительно простые и быстрые методы цитологического анализа крови гидробионтов позволяют проводить оценку токсикологического риска присутствия антропогенных загрязнителей пресной воды.

3. Результаты исследования могут быть использованы при проведении работ по оценке воздействия и расчету ущербов водным экосистемам как на стадии проектирования хозяйственной деятельности, так и при ее осуществлении; при экологической экспертизе последствий выбросов загрязняющих веществ в водные объекты, при разработке программ мониторинга за состоянием окружающей среды.

4. Объективность и надежность биомаркеров позволяет использовать результаты этой работы для оценки и прогноза состояния популяции рыб, а также при комплексной экотоксикологической характеристике водных объектов.

Перспективы использования результатов исследования. Преимуществом проведения такого анализа для водной среды является то, что оба теста (выявление генетических нарушений и изменений в лейкоцитарной формуле) могут быть проведены на одном и том же препарате. Предложенный нами метод можно считать относительно гуманным, потому что изготовление препаратов периферической крови не требует забоя подопытных животных.

Литература

1. Vergolyas M.R., Goncharuk V.V. Evaluation of water quality control by using test organisms and their cells. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2016. 38(1). P. 62–66.
2. Van der Oost R., Lopes S.C.C., Komen H., Satumalay K., Van den Bos R., Heida H., Vermeulen N.P.E. Assessment of environmental quality and inland water pollution using biomarker responses in caged carp (*Cyprinus carpio*); use of a bioactivation:-detoxication ratio as biotransformation index (BTI). *Mar. Environ. Pollut.* 1998. 46, P. 315–319.
3. Tsangaris C., Vergolyas M., Fountoulaki E., Nizheradze K. Oxidative stress and genotoxicity biomarker responses in grey mullet (*Mugil cephalus*) from a polluted environment in Saronikos Gulf, Greece. *Achieves of Environmental Contamination and Toxicology*. 2011. № 61, P. 482–490.
4. Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология. М. : Наука, 2009. 400 с.
5. Gaiziek L., Gupta G., Bass E. Toxicity of chlorpyrifose to *Rana pipiens* embryos. *Bull. Environ. Contam and Toxicol.* 2001. Vol. 66, № 3, P. 386–391.
6. Логинов В.В. и другие. Земноводные как индикаторы качества окружающей среды Нижегородской области. *Экологический ежемесячник*. 2001. № 11, с. 33–35.
7. Мисюра А.Н., Гаско В.Я., Ноздрачев В.В. Амфибии как биоиндикатор загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами в техногенных районах. *Биоиндикаторы и биомониторинг*. Загорск, 1991. 12. С. 259–262.
8. Vergolyas M. Safety analysis of drinking water on the test-organisms. *Биоресурси і природокористування*. 2019. № 3-4. URL: <https://doi.org/10.31548/bio2019.03.004> (дата звернення: 05.08.2019).
9. ДСТУ 7387:2013 Якість води. Метод визначення цито- та генотоксичності води і водних розчинів на клітинах крові прісноводної риби Даніо реріо (*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan). [Чинний від 2013-07-01]. Київ, 2013. 26 с. (Інформація та документація).
10. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М. : Практика, 1999. 459 с.
11. Vergolyas M., Konturova S., Rathore D. Ecotoxicological assessment of natural water safety. “Public health: problems and development priorities”. November 29, 2018y. Ostroh. P. 101–106.
12. Rahatgaonkar A.M. A selective bioreduction of toxic heavy metal ions from aquatic environment by *saccharomyces cerevisiae*. *E-Journal of Chemistry*. 2008. Vol. 5, № 4. С. 918–923.
13. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л., 1991. С. 45.
14. Козинец Г.И., Макаров В.А. Исследование системы крови в клинической практике. М. : Триада-Х, 1997. 480 с.
15. Vergolyas M. Research of cytotoxic activity of water from different water supply sources. *Adv Tissue Eng Regen Med Open Access*. 2019. № 5(3). С. 92–96. DOI: 10.15406/atroa.2019.05.00105.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА ДНЕСТРА)

Езловецкая И.С.

Институт коллоидной химии и химии воды имени А.В. Думанского
Национальной академии наук Украины
бульвар Академика Вернадского, 42, 03142, г. Киев
i.ezlovetskaya@ukr.net

Современный уровень природно-техногенной безопасности источников питьевого водоснабжения обусловлен истощением водных ресурсов. Поэтому изучение и анализ основных факторов техногенной нагрузки позволили очертить главные проблемы репрезентативных водных источников бассейна Днестра, которые требуют их дальнейшего решения.

Была выполнена оценка качественной составляющей природно-техногенной безопасности репрезентативных источников питьевого водоснабжения. Оценены качественные характеристики гидроэкологического потенциала Днестра в районе питьевых водозаборов. Рассчитан индекс гидроэкологического потенциала (далее – ИГЭП) для периода с наилучшими условиями (маловодного).

Определено, что состояние водных экосистем источников в целом «настораживающее», способность водной экосистемы к самоочищению – «средняя», а категория природно-техногенной безопасности «удовлетворительная». Ухудшение характеристик отмечено на питьевых водозаборах среднего участка Днестра. Установлено, что определяющими при расчете ИГЭП на верхнем участке Днестра были показатели токсикологического и гидробиологического блоков качества воды, на среднем – гидробиологического и общесанитарного химического.

Определены основные причины качественного истощения верхнего и среднего участка Днестра в районе репрезентативных питьевых водозаборов. Установлены источники загрязнения природных вод в результате техногенной нагрузки отдельных отраслей экономики, определены приоритетные загрязняющие вещества. Доказано, что предприятия коммунального сектора являются основным источником сброса загрязненных сточных вод, особенно на среднем участке (> 90%). Очерчены основные проблемы источников питьевого водоснабжения бассейна Днестра, которые требуют дальнейшего решения.

Установлено, что перспективы использования результатов исследования заключаются в последующей разработке комплекса мероприятий, которые позволят минимизировать и предупредить загрязнение источников питьевого водоснабжения. В первую очередь – это разработка новых, эффективных, наиболее рациональных с экологической точки зрения и экономически выгодных технологий водоподготовки и очистки сточных вод. *Ключевые слова:* техногенная нагрузка, источник, питьевое водоснабжение, качество воды, бассейн Днестра.

Аналіз стану природно-техногенної безпеки джерел питного водопостачання (на прикладі басейну Дністра). Езловецька І.С.

Сучасний рівень природно-техногенної безпеки джерел питного водопостачання зумовлений виснаженням водних ресурсів. Тому вивчення і аналіз основних чинників техногенного навантаження дозволили окреслити головні проблеми репрезентативних водних джерел басейну Дністра, які вимагають подальшого вирішення.

Була виконана оцінка якісного складника природно-техногенної безпеки репрезентативних джерел питного водопостачання. Оцінені якісні характеристики гідроекологічного потенціалу Дністера в районі питних водозаборів. Розрахований індекс гідроекологічного потенціалу (далі – ІГЕП) для періоду з найгіршими умовами (маловодного).

Визначено, що стан водних екосистем джерел загалом «насторожуючий», здатність водної екосистеми до самоочищення – «середня», а категорія природно-техногенної безпеки характеризується як «задовільна». Погіршення характеристик зафіксовано на питних водозаборах середньої ділянки Дністра. Встановлено, що визначальними при розрахунку ІГЕП на верхній ділянці Дністра були показники токсикологічного і гідробіологічного блоків якості води, на середньому – гідробіологічного і загально-санітарного хімічного.

Визначено основні причини якісного виснаження верхньої і середньої ділянок Дністра в районі репрезентативних питних водозаборів. Встановлено джерела забруднення природних вод у результаті техногенного навантаження окремих галузей економіки, визначено пріоритетні забруднюючі речовини. Доведено, що підприємства комунального сектору є основним джерелом скидання забруднених стічних вод, особливо на середній ділянці (> 90%). Окреслено основні проблеми джерел питного водопостачання басейну Дністра, які вимагають подальшого вирішення.

Встановлено, що перспективи використання результатів дослідження полягають у подальшому розробленні комплексу заходів, які дозволять мінімізувати і попередити забруднення джерел питного водопостачання. Насамперед це розроблення нових, ефективних, найбільш раціональних з екологічної точки зору і економічно вигідних технологій водопідготовки та очищення стічних вод. *Ключові слова:* техногенне навантаження, джерело, питне водопостачання, якість води, басейн Дністра.

Analysis of the state natural-technogenic safety of drinking water sources (on the example of the Dniester basin). Yezlovetska I.

The current level of natural-technogenic safety of drinking water sources is due to the depletion of water resources. Therefore, the study and analysis of the main factors of technogenic load allowed to outline the main problems of representative the Dniester basin water sources, which require further solution.

Assessment of the qualitative component of natural-technogenic safety of representative sources of drinking water supply was performed. Qualitative characteristics of the hydroecological potential of the Dniester River were assessed in the area of drinking water intakes. The index of hydroecological potential (IHEP) for the period with the worst conditions (shallow) was calculated.

It is determined that the state of aquatic ecosystems of sources is generally "alarming", and the category of natural-technogenic safety is "satisfactory", the ability of the aquatic ecosystem to self-cleanse is "medium". Deterioration of characteristics was noted at drinking water intakes of the middle section of the Dniester. It was established that the indicators of toxicological and hydrobiological units of water quality were decisive in the calculation of IHEP in the upper section of the Dniester and hydrobiological and general sanitary chemical in the middle part.

The main reasons for the qualitative depletion of the upper and middle part of the Dniester in the area of representative drinking water intakes were identified. Sources of natural water pollution due to technogenic load of certain sectors of the economy were identified, priority pollutants were identified. It has been proven that utilities sector enterprises are the main source of contaminated wastewater discharges, especially in the middle part (> 90%).

The main problems of the Dniester basin drinking water supply sources, which require their further solution, were outlined. It was established that the prospects for using the research results are in the subsequent development of a set of measures that will minimize and prevent pollution of drinking water supply sources. Firstly, it is the development of new, efficient, most environmentally sound and economically viable technologies for water treatment and wastewater treatment. *Key words*: technogenic load, source, drinking water supply, water quality

Постановка проблемы. Наблюдения последних лет за качеством воды в природных источниках питьевого водоснабжения многих стран мира свидетельствуют о росте их загрязнения, нарушении процессов самоочищения и несовершенстве принятых технологических и технических решений проблемы [1-6]. При этом основные действия в мировой водной политике ориентированы в первую очередь на сохранение существующих источников водоснабжения и восстановление природных водных экосистем [7-9]. Необходимым же условием решения проблемы дефицита пресной качественной воды является снижение техногенного воздействия на окружающую среду до безопасного уровня [9-12].

Водопользование в Украине в целом осуществляется нерационально: увеличиваются непроизводительные расходы воды (особенно в коммунальном хозяйстве), повышается аварийность систем водоснабжения и канализации, медленно растет доля производств с замкнутым водным циклом, а объем пригодных к использованию водных ресурсов вследствие загрязнения, истощения и изменения климата уменьшается [12-14].

В подобной ситуации необходим нетрадиционный подход к оценке эффективности использования водных ресурсов, особенно для питьевого водоснабжения. Необходимо оценивать эффективность природно-техногенной гидроэкосистемы, в которой взаимодействуют технологические, техногенные, природные элементы и процессы в целом, что требует анализа значительного количества элементов и оценки взаимоотношений между ними.

Анализ последних исследований и публикаций. Актуальность изучения эффективности природно-техногенной гидроэкосистемы Днестра, являющегося трансграничным водохозяйственным комплексом многоцелевого использования с высоким уровнем техногенной нагрузки и источником питьевого водоснабжения для почти восьми миллионов человек, не вызывает сомнения.

В целом водные экосистемы Карпатского региона в разное время были достаточно хорошо исследо-

ваны: рассмотрены фундаментальные особенности гидроэкологической среды [14-16], исследованы пространственно-временные закономерности изменений параметров их функционирования [16-20], предложены методы прогнозирования процессов формирования природно-техногенных воздействий с учетом глобальных климатических изменений [21], но больше с точки зрения общих положений гидрологии и гидрохимии водных объектов. Однако природно-техногенной безопасности именно источников питьевого водоснабжения в бассейне Днестра уделялось всё же недостаточно внимания.

Поэтому **целью** этой работы было изучение и анализ основных факторов техногенной нагрузки для оценки состояния источников питьевого водоснабжения на примере бассейна Днестра.

Методика эксперимента. Исследования проводили на участках в бассейне Днестра, имеющих разный уровень техногенной нагрузки на водные ресурсы в районе репрезентативных питьевых водозаборов, а именно:

1) верхний участок бассейна Днестра (от г. Роздол до г. Залещики) с питьевым водозабором г. Галич. Он представляет собой многоотраслевой хозяйственный комплекс с концентрацией экологически опасных предприятий энергетической, добывающей, нефтеперерабатывающей, химической и легкой промышленности. Однако здесь формируется 70% водных ресурсов всего бассейна;

2) средний участок бассейна Днестра (от г. Залещики до г. Сороки) с питьевыми водозаборами г. Черновцы и г. Каменец-Подольский. Он характеризуется высокой зарегулированностью водного стока (каскад Днестровских водохранилищ) и несколько меньшим уровнем промышленного развития (гидроэнергетика, деревообрабатывающая, легкая и пищевая отрасли экономики).

Методы исследования – анализ, систематизация и обобщение официальных статистических данных касательно основных показателей сброса сточных вод и количества загрязняющих веществ в них по отдельным водохозяйственным участкам в бассейне

Днестра, по отраслям экономики (промышленность, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство) и по более чем 800 предприятиям-загрязнителям [22; 23]; анализ и обобщение аналитических данных относительно качества воды Днестра в районах репрезентативных питьевых водозаборов за 26 показателями; метод расчета индекса гидроэкологического потенциала (ИГЭП) водных экосистем источников питьевого водоснабжения. Исследования проводились в период 2014 и 2018 годов, характеризующихся сложными условиями формирования качества воды в маловодье.

Сейчас особое внимание уделяют вопросам управления качеством водных ресурсов, основанных на комплексных экологических оценках физических свойств, химического и гидробиологического состава вод. Одним из таких показателей, позволяющих оценить стабильность и экологическую безопасность водных экосистем источников питьевого водоснабжения, является гидроэкологический потенциал. Под ним понимают «ту часть гидроресурсов, которая может быть использована народнохозяйственным комплексом в условиях сохранения экологической безопасности и при минимальном техногенном риске, подлежащем управлению» [16].

Обобщающим показателем качественной составляющей гидроэкологического потенциала является индекс гидроэкологического потенциала (ИГЭП), или комплексный индекс потенциала качества гидроэкосистем [16; 24]. Расчет ИГЭП осуществляют по формулам 1 и 2, а именно:

$$\text{ИГЭП} = \left(\sum \frac{\text{НК}_i}{C_i} \right), \text{ если } > 0 \quad (1)$$

$$\text{ИГЭП} = \left(\sum \frac{C_i}{\text{НК}_i} \right), \text{ если } < 0, \quad (2)$$

где НК_i – норматив качества воды для конкретного показателя, под которым понимают допустимые (предельные величины) показателей физико-химического и биологического состояния вод и их свойств, отвечающих требованиям различных потребителей;

i – показатель качества воды;

C_i – величина показателя качества воды.

Полученные закономерности позволяют оценить уровень потенциала качества по следующей шкале: буферный (зона экологического равновесия) – $\text{ИГЭП} > 5$; оптимальный – $3 < \text{ИГЭП} \leq 5$; напряженной адаптации – $1 < \text{ИГЭП} \leq 3$; зона пессимума в пределах $-1 < \text{ИГЭП} \leq 1$; критический – при значениях показателя $-3 < \text{ИГЭП} \leq -1$; кризисный – при значениях показателя $-3 < \text{ИГЭП} \leq -5$; катастрофический (зона экологического бедствия) – $-5 < \text{ИГЭП} \leq -3$ [16; 24].

Комплексная оценка гидроэкологического потенциала была выполнена для репрезентативных участков бассейна Днестра в местах питьевых водозаборов городов Галич, Черновцы, Каменец-Подольский. Для получения объективных результатов значения показателей качества воды сравнивали с нормати-

вами, приведенными в ДСТУ 4808:2007 [25], которые отвечали оптимальному 2 классу качества (для органолептических показателей – между 1 и 2 классами).

ИГЭП рассчитывали на основе 26 показателей, объединённых в блоки: *органолептический* (мутность, цветность, запах), *общесанитарный химический* (сухой остаток, хлориды, сульфаты, рН, магний, жесткость общая, соединения азота и фосфора, содержание растворенного кислорода, ХПК, БПК_п), *гидробиологический* (фитопланктон) и *токсикологический* (железо, медь, марганец, цинк, хром (VI), фенолы, нефтепродукты, СПАВ). Полученные результаты позволят оценить уровень гидроэкологического потенциала, способности водной экосистемы к самоочищению, категории природно-техногенной безопасности водного объекта и экологическое состояние водной среды в целом.

Изложение основного материала. Бассейн Днестра в верхней и средней его части – очень интересный объект для изучения. Природный сток обеспечивает достаточное количество воды не только для хозяйственно-питьевых нужд человека, но и для развития всех отраслей экономики даже в современных условиях аридизации климата. Как показали ранние исследования [16], которые подтверждены нашими расчётами, даже в наихудший период водности здесь не ощущается водного дефицита.

Запас воды при её интенсивном использовании на нужды различных отраслей экономики составляет 40% на верхнем участке и 25% – на среднем. То есть количественного истощения водных ресурсов на верхнем и среднем участке бассейна Днестра пока ожидать не стоит, а население региона исследования обеспечено природной водой для питьевого водоснабжения в полной мере.

Основываясь на анализе официальной статистической информации об использовании водных ресурсов в бассейне Днестра [22; 23], установлено, что главным источником техногенной нагрузки на водные экосистемы по-прежнему остаются сбросы сточных вод промышленности и коммунального хозяйства. Для природно-техногенной безопасности источников питьевого водоснабжения большое значение имеют их количественные и качественные характеристики: динамика и объем сбросов, эффективность очистных сооружений, категория очистки, отраслевая специфика состава и тоннаж загрязняющих веществ. Всё это влияет в конечном итоге и на эколого-гигиеническое состояние водоёмов, и на эффективность работы питьевых водозаборов, и на качество и стоимость питьевой воды.

В результате систематизации, обобщения и анализа статистической информации по отдельным водохозяйственным участкам в бассейне Днестра, по отраслям экономики (промышленность, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство) и по более чем 800 предприятиям-загрязнителям [22; 23; 26; 27] установлено следующее. За последние 28 лет

сброс сточных вод в целом уменьшился в 2,5 раза сравнительно с 1990 годом, в 1,4 раза – с 2001 годом. В основном за счёт сокращения сброса загрязнённых (почти на порядок) и нормативно чистых без очистки сточных вод (в 3,5 и 1,2 раза сравнительно с 1990 и 2001 годами). При этом объём нормативно очищенных сточных вод остался фактически без изменений. Однако современный уровень загрязнения Днестра не уменьшился.

В последние годы увеличилась доля несанкционированных сбросов сточных вод в природные водоёмы и аварийность на очистных сооружениях. Возросла неэффективность городских очистных сооружений при очистке смешанных промышленных и бытовых сточных вод, что практикуется в бассейне Днестра достаточно часто, поскольку ряд предприятий не имеет собственных локальных очистных сооружений. Технологии очистки сточных вод не всегда справляются с чрезмерным поступлением загрязняющих веществ. Всё это обуславливает современные экологические проблемы Днестра и качество его питьевых водозаборов.

Парадоксально, но основными загрязнителями источников питьевого водоснабжения в бассейне Днестра являются предприятия коммунального хозяйства (особенно по сбросам загрязнённых сточных вод) (табл. 1).

Как на верхнем, так и на среднем участках бассейна Днестра его доля в общем водоотведении наибольшая – 42% (34,62 млн м³/год) и 45% (28,51 млн м³/год) от общего сброса соответственно. Именно на коммунальный сектор приходится более 90% сбросов загрязнённых сточных вод: 3,54 млн м³/год на верхнем участке, 1,91 млн м³/год – на среднем. Соответственно

наибольшее количество сточных вод, приносящих в водные объекты загрязняющие вещества (категории загрязнённых и нормативно очищенных сточных вод), сбрасывают именно предприятия коммунального хозяйства – 71% (33,99 млн м³/год) на верхнем и 94% (28,51 млн м³/год) на среднем участках бассейна Днестра.

Доля промышленного сброса сточных вод меньше и снижается от верхнего (21%, или 17,33 млн м³/год) до среднего участка (13%, или 7,90 млн м³/год) (табл. 1). Основываясь на анализе статистических источников [22, 23], установлены промышленные объекты, которые сбрасывают загрязнённые сточные воды в Днестр. Это предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической, целлюлозно-бумажной, пищевой отраслей на верхнем участке; предприятия пищевой отрасли и легкой промышленности – на среднем участке.

Следует отметить, что приведенные отрасли промышленности представлены небольшим количеством предприятий-загрязнителей и с умеренным уровнем водоотведения. Их доля в загрязнении вод Днестра при сбросе загрязнённых и нормативно очищенных сточных вод составляет на верхнем участке – 29% (14,18 млн м³/год), на среднем – 5,5% (1,65 млн м³/год).

Анализ поступления загрязняющих веществ в гидросистемы Днестра показал, что на верхний участок их сброшено в количестве 44,72 тыс. т (57% от общего сброса по участкам), на средний – 32,98 тыс. т (43%) (табл. 1). При этом на верхнем участке доля промышленности в сбросе загрязняющих веществ составляет 45% (20,29 тыс. т/год), а коммунального хозяйства – 54% (24,12 тыс. т/год),

Таблица 1

Современные обобщенные показатели загрязнения бассейна Днестра в результате влияния разных отраслей экономики по [22; 23]

Отрасли экономики	Объём сброса сточных вод, млн м ³ /год						Количество загрязняющих веществ, тыс. т/год	
	всего	в том числе				нормативно чистых без очистки		нормативно очищенных
		загрязнённых		нормативно чистых без очистки	нормативно очищенных			
		всего	без очистки					
Верхний участок бассейна Днестра								
Промышленность	17,33	0,40	0,12	0,28	3,15	13,78	20,29	
Коммунальное хозяйство	34,62	3,54	0,54	3,00	0,63	30,45	24,12	
Сельское хозяйство	30,44	–	–	–	30,40	0,04	0,31	
В целом по участку	82,39	3,94	0,66	3,28	34,18	44,27	44,72	
Средний участок бассейна Днестра								
Промышленность	7,90	0,13	0,02	0,11	6,22	1,52	1,76	
Коммунальное хозяйство	28,51	1,91	0,35	1,56	–	26,60	30,98	
Сельское хозяйство	25,502	–	–	–	25,50	0,002	0,24	
В целом по участку	61,912	2,04	0,37	1,67	31,72	28,122	32,98	
В целом по участкам	144,302	5,98	1,03	4,95	65,90	72,392	77,70	

на среднем соответственно 5,5% (1,76 тыс. т/год) и 94% (32,98 тыс. т/год).

В результате обработки статистических данных по водопользованию в бассейне Днестра [22; 23] автором установлено, что большая часть общего тоннажа загрязняющих веществ – это компоненты солевого состава (83-88%), менее значительная – биогенные (3-7%), органические (5,8-7,4%) и взвешенные вещества (1,6-4%), незначительная – тяжелые металлы и специфические вещества токсического действия (0,02-0,04%). Приоритетными загрязняющими веществами являются сухой остаток, сульфаты, хлориды, аммонийный азот, нитраты, ХПК, БПК_п, железо, алюминий, нефтепродукты, СПАВ.

Как известно, питьевое водоснабжение является приоритетом водохозяйственного комплекса Украины. Питьевые водозаборы всегда размещают на участках с достаточным количеством водных ресурсов наиболее подходящего качества. Поэтому оценка гидроэкологического потенциала участков бассейна Днестра, где размещены репрезентатив-

ные питьевые водозаборы, является первоочередной задачей. Приоритеты при разработке необходимых технологических и технических решений по защите источников питьевого водоснабжения устанавливаются путём определения «эталонных» участков водных объектов и тех, которые могут ранжироваться в зависимости от величины ИГЭП.

В результате выполненных расчётов установлено, что на всех участках Днестра, где размещены репрезентативные питьевые водозаборы, отмечены положительные значения ИГЭП, на первый взгляд делающие водный объект достаточно привлекательным как источник питьевого водоснабжения.

Однако положительные значения ещё не говорят о стабильности и экологической безопасности водного источника. Характеристика качественных параметров гидроэкологического потенциала свидетельствует в целом о «настораживающем» состоянии Днестра, средней способности его экосистемы к самоочищению, «удовлетворительном» уровне природно-техногенной безопасности источника

Таблица 2

Оценка качественных параметров гидроэкологического потенциала верхнего и среднего участков бассейна Днестра в местах репрезентативных питьевых водозаборов

Качественные параметры гидроэкологического потенциала	Величины параметров	Верхний участок Днестра	Средний участок Днестра	
		г. Галич	г. Черновцы	г. Каменец-Подольский
Значения ИГЭП	наихудшие	1,9	0,4	1,8
	средние	2,4	1,7	2,2
Оценка гидроэкологического потенциала источника	наихудшие	Напряженная адаптация	Зона пессимума	Напряженная адаптация
	средние	Напряженная адаптация	Напряженная адаптация	Напряженная адаптация
Способность водной экосистемы источника к самоочищению	наихудшие	Средняя	Низкая	Средняя
	средние	Средняя	Средняя	Средняя
Категория природно-техногенной безопасности источника	наихудшие	Удовлетворительная	Неудовлетворительная	Удовлетворительная
	средние	Удовлетворительная	Удовлетворительная	Удовлетворительная
Состояние источника	наихудшие	Настораживающее	Конфликтное	Настораживающее
	средние	Настораживающее	Настораживающее	Настораживающее

Таблица 3

Блочные параметры гидроэкологического потенциала верхнего и среднего участков бассейна Днестра в местах репрезентативных питьевых водозаборов

Питьевые водозаборы	Блоки показателей качества воды				В целом по всем блокам показателей
	Органо-лептический	Общесанитарный химический	Гидробиологический	Токсикологический	
Значения ИГЭП ¹⁾					
Верхний участок Днестра					
г. Галич	$\frac{10,5}{10,6}$	$\frac{0,9}{1,0}$	$\frac{-2,2}{-2,0}$	$\frac{-1,6}{0,2}$	$\frac{1,9}{2,4}$
Средний участок Днестра					
г. Черновцы	$\frac{5,0}{6,0}$	$\frac{-0,5}{1,1}$	$\frac{-3,4}{-2,7}$	$\frac{0,5}{2,4}$	$\frac{0,4}{1,7}$
г. Каменец-Подольский	$\frac{8,0}{8,5}$	$\frac{0,5}{1,2}$	$\frac{-4,4}{-4,1}$	$\frac{3,1}{3,2}$	$\frac{1,8}{2,2}$

Примечание: в числителе – наихудшие значения, в знаменателе – средние.

и о «напряженной адаптации» источника к сбросу сточных вод (табл. 2).

Полученные результаты очень хорошо коррелируются с ранее рассмотренными факторами техногенной нагрузки на участках Днестра. Так, более позитивные значения ИГЭП отмечены в районе питьевых водозаборов г. Галича на верхнем участке и г. Каменец-Подольский на среднем, менее – в районе питьевого водозабора г. Черновцы. Это обусловлено тем, что водозабор г. Черновцы находится на узком отрезке на границе верхнего и среднего участка. Этот район принимает все стоки с верхнего участка, которые потом перераспределяются в каскаде Днестровских водохранилищ, где усредняются все загрязнители. Поэтому в районе питьевого водозабора г. Каменец-Подольский, как и г. Галич, качественные параметры гидроэкологического потенциала всё-таки немного лучше.

Участок водной экосистемы с водозабором г. Черновцы за наихудшими величинами имеет более низкие характеристики по ИГЭП – 0,4, чем на водозаборах г. Галич и г. Каменец-Подольский – 1,9 и 1,8 соответственно. Поэтому способность к самоочищению источника здесь «низкая», уровень природно-техногенной безопасности «неудовлетворительный», уровень гидроэкологического потенциала соответствует «зоне пессимума», а состояние источника «конфликтное». То есть район реки, на который оказывает техногенное давление промышленный и коммунальный секторы экономики всего верхнего участка бассейна Днестра, является самым неблагоприятным для питьевого водоснабжения населения.

Следует также обратить внимание на роль определённых блоков показателей при общей оценке качественных параметров гидроэкологического потенциала (табл. 3). Наиболее проблематичным является блок гидробиологических показателей, который имеет отрицательные значения ИГЭП как за наихудшими (от -2,2 до -4,4), так и средними (от -2,0 до -4,1) величинами. Это свидетельствует о дефиците запаса прочности гидроэкосистем Днестра относительно содержания фитопланктона в воде. Кроме того, при неблагоприятных условиях формирования качества воды жесткого контроля требуют на верхнем участке бассейна Днестра (питьевой водозабор г. Галич) показатели токсикологического блока (ИГЭП = -1,6); на среднем участке – общесанитарного химического (ИГЭП = -0,5 в районе водозабора г. Черновцы и ИГЭП = 0,5 – г. Каменец-Подольский).

Средние величины ИГЭП в целом свидетельствуют о положительном гидроэкологическом потенциале по всем блокам показателей, кроме гидробиологического (табл. 3).

Это говорит о том, что в штатной ситуации гидроэкосистемы Днестра в какой-то мере справляются с тем объемом сточных вод и тоннажем загрязняющих веществ, который сбрасывают коммунальные и промышленные предприятия. Однако

уровень гидроэкологического потенциала за блоком общесанитарных химических показателей свидетельствует о «напряженной адаптации» гидроэкосистемы к современной техногенной нагрузке на всех репрезентативных питьевых водозаборах (ИГЭП = 1,0-1,2), а за блоком токсикологических показателей – о «зоне пессимума» в районе питьевого водозабора г. Галич (ИГЭП = 0,2). Причиной является превышение нормативов для источников питьевого водоснабжения отдельными показателями качества воды: азотом нитратным, азотом нитритным, фосфором фосфатов, БПК_п, марганцем, железом.

Следовательно, ни один из участков Днестра в районе репрезентативных питьевых водозаборов не соответствует оптимальным условиям сохранения экологического благополучия реки и возможности самовосстановления в условиях постоянной техногенной нагрузки. Поэтому для предупреждения нарушения устойчивости водной экосистемы и снижения качества воды Днестра в дальнейшем необходимо более предметно разработать комплекс мероприятий по снижению риска негативных последствий загрязнения водных ресурсов.

Главные выводы.

1. Анализ состояния природно-техногенной безопасности источников питьевого водоснабжения (на примере бассейна Днестра) определил показатели сбросов сточных вод как основной фактор техногенной нагрузки даже при общей положительной динамике их уменьшения (особенно загрязнённых сточных вод), установил ведущую роль коммунального хозяйства в ухудшении экологического состояния водных объектов (более чем на 50% на верхнем участке Днестра и около 90% – на среднем).

2. Установлено, что экологическое состояние и уровень самоочищения вод Днестра в существующих условиях техногенной нагрузки в целом имеет «удовлетворительный» характер с ухудшением характеристик на питьевом водозаборе г. Черновцы в районе разгрузки природного и техногенного стока из верхнего участка Днестра.

3. Установлено, что определяющими при расчете ИГЭП на верхнем участке Днестра были показатели токсикологического и гидробиологического блоков качества воды, на среднем – общесанитарного химического и гидробиологического.

4. Показано, что ни один из участков Днестра в районе репрезентативных питьевых водозаборов не соответствует оптимальным условиям сохранения экологического благополучия реки.

Перспективы использования результатов исследования заключаются в последующей разработке комплекса мероприятий, которые позволят минимизировать и предупредить загрязнение источников питьевого водоснабжения. В первую очередь это разработка новых, эффективных, наиболее рациональных с экологической точки зрения и экономически выгодных технологий водоподготовки и очистки сточных вод.

Література

1. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) / за наук. ред. М.І. Ромашенка, М.А. Хвесика, Ю.О. Михайлова. Київ, 2015. 46 с.
2. Toward a sustainable water future: visions for 2050 / editet by Walter M. Grayman, Daniel P. Loucks, Laurel Saito. Reston, 2012. 386 p.
3. Gleick P.H. Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21-th century. *Science*. 2003. 302, № 5650. P. 1524–1527.
4. Uche J., Martínez-Gracia A., Cirez F., Carmona U. Environmental impact of water supply and water use in a Mediterranean water stressed region. *J. of Cleaner Production*. 2015. 88 (2015). P. 196–204.
5. Вергун О.М. Аналіз актуальних чинників погіршення якості джерел питного водопостачання в контексті екологічної безпеки України. *Екологічна безпека та природокористування* : зб. наук. праць. 2014. № 15. С. 22–30.
6. Meybeck M., Helmer R. The quality of rivers: From pristine stage to global pollution. *Global and Planetary Change*. 1989. Vol. 1, № 4. P. 283–309.
7. Данилов-Данильян В.И. *Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России*. Москва : ООО «Типография ЛЕВКО». 2009. 88 с.
8. Junguo Liu, Qingying Liu, Hong Yang. Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality. *Ecological Indicators*. 2016. 60 (2016). P. 434–441.
9. Томільцева А.І., Яцик А.В., Мокін В.Б. та ін. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посібн. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
10. Costanza R. Ecosystem health and ecological engineering. *Ecological Engineering*. 2012. 45 (2012). P. 24–29.
11. Гончарук В.В. Наука о воде. Киев : Наукова думка, 2010. 512 с.
12. Клименко М.О., Залеський І.І. Збалансоване використання водних ресурсів. Рівне : НУВГП, 2016. 337 с.
13. Осадчий В.І. Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. *Вісн. НАН України*. 2017, № 8. С. 29–46.
14. Іванюта С.П., Качинський А.Б. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків : монографія. Київ : НІСД, 2012. 308 с.
15. Рудько Г.І., Консевич Л.М. Наукові основи екологічної оцінки та оптимального використання гідроресурсів Карпатського регіону України. Київ : Т-во «Знання» України, 1998. 138 с.
16. Архипова Л.М. Природно-техногенна безпека гідроекосистем : монографія. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2011. 355 с.
17. Архипова Л.М. Моделювання і оцінка просторових закономірностей характеристик гідроекосистеми р. Дністер в межах Карпатського регіону. *Екологічна безпека*. 2012. № 1/2012 (13). С. 22–26.
18. Трансграничное диагностическое исследование бассейна р. Днестр / Проект ОБСЕ/ЕЭК ООН: Трансграничное сотрудничество и устойчивое управление бассейном реки Днестр. Киев, 2005. 90 с.
19. Розробка проекту Програми охорони і раціонального використання водних ресурсів басейну Дністра : звіт про НДР; кер. Є.Т. Шуліпенко. Київ, 1997. 146 с. № ДР 01960022019.
20. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона / за ред. В.К. Хільчевського. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2015. 172 с.
21. Качала С.В. Удосконалення комплексної оцінки природно-техногенного впливу на гідроекосистему (на прикладі верхнього Дністра) : дис. канд. техн. наук: спец. 21.06.01. Івано-Франківськ. 2018. 217 с. URL: https://nung.edu.ua/files/attachments/dis_sofia.pdf (дата звернення: 17.08.2020).
22. Державний водний кадастр. Основні показники використання водних ресурсів за 2014 рік. Басейн Дністра. Київ, 2015. 115 с.
23. Державний водний кадастр. Основні показники використання водних ресурсів за 2018 рік. Басейн Дністра. Київ. 2019. 86 с. URL: <https://www.davr.gov.ua/derzhavnij-oblik-vodokoristuvannya> (дата звернення: 19.07.2020).
24. Патент України № 64027. Архипова Л.М. Спосіб оцінки якості поверхневих вод. URL: <https://uapatents.com/5-64027-sposib-ocinki-yakosti-poverkhnevikh-vod.html> (дата звернення: 19.07.2020).
25. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Київ, 2007. 36 с.
26. Основні показники використання вод в Україні за 1990 рік. Київ, 1991. Вип. 10. 42 с.
27. Основні показники використання вод в Україні за 2001 рік. Київ, 2002. Вип. 21. 56 с.

РІЧКОВІ ОСТРОВИ У ГЕОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Пожарська А.-О.Ю.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
проспект акад. Глушкова, 2, МСП-680, м. Київ
pozarska1@ukr.net

У статті висвітлено питання дослідження річкових островів у роботах зарубіжних та українських географів. Річкові острови відіграють значну роль у річкових ландшафтах. На них впливають процеси, характерні як для річок, так і для суходолу. Подібне поєднання створює особливі умови для формування і функціонування річкових островів, що і стало причиною зацікавленості вчених у їх дослідженнях.

Мета статті – проаналізувати та систематизувати наукові дослідження річкових островів. У статті були використані загальнонаукові методи дослідження – аналізу і синтезу наукових статей і тез із таких відкритих джерел як Google Scholar, Academia, ResearchGate, JSTOR, Web of Science, Scopus, Semantic Scholar, CyberLeninka тощо.

Результати. Стаття систематизує наявні дослідження за об'єктом, предметом і країною дослідження. Об'єктами досліджень є острови річок Брахмапутри, Волги, Янцзи, Дніпра, острови річок Північної Італії (Тальяменто, Brenta, П'яве). Найбільше уваги вчені приділяють острову Маджুলі (річка Брахмапутра, Індія) та острову Сарпінський (річка Волга, Росія).

Показано, що більшість досліджень стосується таких аспектів річкових островів: особливості формування та еволюції; флора і фауна; ландшафти; господарське використання; несприятливі процеси. Найбільша кількість досліджень річкових островів спостерігається в Індії, Росії, Китаї, Італії, США, Бразилії. Найчастіше вчені приділяють увагу об'єктам досліджень своїх країн. Індійські науковці зосереджують увагу на несприятливих процесах, російські дослідники вивчають ландшафтну структуру і господарське використання, вчені з Італії, Бразилії, Китаю та США досліджують формування та еволюцію річкових островів, українські науковці вивчають екологічну ситуацію.

Наукова новизна полягає в тому, що вперше було проаналізовано та систематизовано дані про дослідження річкових островів у географії. *Ключові слова:* річкові острови, дослідження річкових островів.

River islands in the geographic research. Pozarska A.-O.Yu.

The article deals with the river islands study. The river islands play a significant role in the landscapes and riverscapes. Both the fluvial and terrestrial processes influence the river islands. Such combination creates the peculiar conditions of forming and functioning. Therefore the scientists are interested in the river island study.

The aim of the article is to analyze and systematize the works devoted to river island study. **Research methodology.** The author applies the open source data from Google Scholar, Academia, ResearchGate, JSTOR, Web of Science, Scopus, Semantic Scholar, CyberLeninka etc.

Results. This paper examines the articles, master's thesis and conference works according to the subject, object and state of the research. The objects of the study are the Brahmaputra, Volga, Mississippi, Amazon, Tagliamento, Piave, Brenta, Yangtze and Dnieper river islands. The scientists concentrate on the Majuli (Brahmaputra river, India) and the Sarpinsky (Volga river, Russia) islands.

The subjects can be divided into the groups according to the aspects of river island study: the formation and evolution; classification; soils; flora and fauna; landscapes; adverse processes; ecological situation; economic use. The researchers focus on the river islands' formation and evolution, flora and fauna, landscapes, economic use. India, Russia, China, Italy, the USA, Brazil are the countries of thorough river island study. The scientists pay the special attention to their own state objects. The Indian researchers focus on the adverse processes; the Russian one explore the landscape structure and the economic use; the researchers from Italy, Brazil, China and the USA examine the river island formation and evolution; the Ukrainian scientists study the ecological situation.

Novelty. The paper is the first attempt to summarize the river island research. *Key words:* river islands, river island study.

Постановка проблеми. Річкові острови є важливим складником річкової системи. Вони є частиною русла річки і суходолом з характерними для нього процесами. Подібне поєднання робить річкові острови особливими та вартими вивчення. Однак дані з досліджень річкових островів є розрізненими і несистематизованими, що ускладнює їх подальше вивчення.

Актуальність дослідження. Річкові острови нерідко мають вигідне географічне положення, оскільки розташовані на території міст (острів Сіте у Парижі, острів Манхеттен у Нью-Йорку, острів Труханів у Києві). Їх місцезнаходження робить їх важливою частиною міст не лише з природної,

а й із економічної точки зору. Річкові острови, які не є частиною міст, акумулюють цінні види флори і фауни. Отже, річкові острови є важливою частиною як природного, так і господарського складника функціонування навколишнього середовища.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Узагальнення географічних досліджень певного напрямку є важливим складником подальшого розвитку географічної науки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість досліджених наукових робіт присвячено вивченню окремого річкового острова або групи островів певної ділянки однієї річки. У роботі, яка

стосується річкових островів загалом [1], є спроба класифікувати річкові острови за певними критеріями. Незважаючи на те, що річкові острови вже ставали об'єктами досліджень, не було знайдено роботи, яка б узагальнювала їх.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою статті є визначення досліджених аспектів у сфері вивчення річкових островів.

Новизна. У статті вперше було систематизовано та узагальнено географічні дослідження, присвячені річковим островам.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для виконання цієї роботи були використані загальнонаукові методи, зокрема методи аналізу, синтезу, узагальнення і порівняння. Джерелом досліджень слугували наукові статті, тези і дисертації, які знаходяться в наукометричних базах даних у відкритому доступі. Були використані такі бази даних як Google Scholar, Academia, ResearchGate, JSTOR, Web of Science, Scopus, КиберЛенинка, Semantic Scholar та інші.

Виклад основного матеріалу. У процесі аналізу наукових матеріалів було виявлено, що не всі автори виділяють таке поняття як «річковий острів» та виносять його в ключові слова своєї роботи. Замість цього використовують поняття «острів Х», де Х – назва острова без уточнення, що острів є річковим [2; 3; 4; 5]. Російські вчені замість поняття «річковий острів»

часто застосовують поняття «заплавний острів» («пойменный остров») [6; 7]. Це ускладнювало процес дослідження.

У цій статті зроблена спроба систематизувати наукові роботи стосовно річкових островів за об'єктом і предметом досліджень. Результати такого групування можна представити у таблиці 1, де у рядках зазначено об'єкти досліджень, а у стовпчиках – предмети досліджень.

Об'єктами досліджень були річкові острови таких країн як Індія, Росія, США, Італія, Китай, Бразилія, Україна; предметами досліджень – особливості формування та еволюції, класифікації, ґрунтовий покрив, рослинний і тваринний світ, ландшафти, несприятливі процеси, екологічна ситуація та господарське використання.

У процесі систематизації було помічено, що об'єктами досліджень найчастіше ставали острови річки Брахмапутри [8-21], особливо острів Маджулі [8-18]; острови на річці Волзі [2-7; 23-27]; зокрема; острів Сарпинський [2-5; 23; 24]; острови італійських річок Тальяменто [30-36]; П'яве [34; 35; 37]; Brenta [34; 35; 38]; острови річки Янцзи [49-54]; Дніпровські острови [61-63].

Щодо предмету досліджень, то найбільше учених зацікавили такі аспекти: особливості формування та еволюції [8; 28; 30-39; 42; 45; 46; 50-53; 55-58; 60; 61]; флора і фауна [10; 19; 20; 26; 27; 36; 40-42; 45; 48; 54; 56; 59]; ландшафти [3; 7; 11; 23; 26; 39; 43; 44; 49;

Таблиця 1

Систематизація досліджень річкових островів

	Особливості формування та еволюції	Класифікація	Ґрунти	Флора і фауна	Ландшафти	Несприятливі процеси	Екологічна ситуація	Господарське використання
Острови річок Індії (India)								
О. Маджулі (Majuli), Брахмапутра (Brahmaputra)	[8]		[9]	[10]	[11]	[12]; [13]; [14]; [15]; [16]; [17]	[18]	
Інші о-ви, р. Брахмапутра (Brahmaputra)				[19]; [20]				[21]
о-ви р. Ганг (Ganges)								[22]
Острови річок Росії (Russia)								
О. Сарпинський (Sarpinsky), р. Волга (Volga)					[3]; [23]	[5]; [24]; [4]	[2]	[2]; [23]; [24]
Інші о-ви р. Волги (Volga)			[25]; [6]	[26]; [27]	[7]; [23]; [26]			[7]; [23]
О-ви р. Об (Ob')	[28]							
О-ви р. Лени (Lena)			[29]					
Острови річок Італії (Italy)								
О-ви р. Тальяменто (Tagliamento)	[30]; [31]; [32] [33]; [34]; [35]; [36]			[36]				
О-ви р. П'яве (Piave)	[37]; [34]; [35]							
О-ви р. Brenta (Brenta)	[38]; [34]; [35]							

Острови річок Франції (France)							
О-ви р. Рони (Rhône)	[39]				[39]		
Острови річок Німеччини (Germany)							
О-ви р. Хафель (Havel)				[40]			
Острови річок Великої Британії (Great Britain)							
О-ви річок Тей (Tay), Таммел (Tummel), Ерн Ерн (Earn), Твід (Tweed)				[41]			
Острови річок Польщі (Poland)							
О-ви р. Чарни Дунаєць (Czarny Dunajec)	[42]			[42]			
Річки Греції та Туреччини (Greece, Turkey)							
О-ви річки Мариця / Еврос (Evros / Meriç)				[43]			
Острови річок Бразилії (Brazil)							
О. Маражо (Marajó), р. Амазонка (Amazon)				[44]			[44]
О. Бананал (Bananal), р. Арагуайя (Araguaia)	[45]			[45]			
О-ви р. Токантіс (Rio Tocantins)	[46]						
Острови річок Перу (Peru)							
О-ви р. Уайяга (Huallaga)							[47]
Острови річок Уругваю (Uruguay)							
О-ви р. Уругвай (Uruguay)				[48]			
Острови річок Китаю (China)							
О-ви р. Янцзи (Yangtze)	[50]; [51]; [52]; [53]			[54]	[49]; [54]		

54; 61; 63]; господарське використання [2; 7; 21-24; 44; 47; 62]; несприятливі процеси [4; 5; 12-17; 24; 63]. Найменше досліджувалися острови на предмет вивчення ґрунтів [6; 9; 25; 29]; екологічної ситуації [2; 18; 61; 62] та класифікацій річкових островів [1].

Більшість досліджень стосуються чітко визначених аспектів окремого острова або групи островів на певній ділянці річки. Небагато островів є об'єктом комплексних досліджень (до таких можна віднести острів Маджулі на Брахмапутрі (Індія) [8-18] та острів Сарпинський на Волзі (Росія) [2-5, 23, 24]. Значно менше є досліджень, присвячених вивченню річкових островів загалом [1].

Найбільшу увагу вивченню річкових островів приділяють вчені таких країн як Індія [8-22], Росія [2-7, 23-29], Італія [30-38], США [55-59], Бразилія [44-46], Китай [49-54]. Можна помітити відмінності у вивченні річкових островів для дослідників різних країн: індійців [12-17] найбільше цікавлять несприятливі процеси; росіян [2; 7; 23; 24; 26] – ландшафтна структура і господарське використання; італійців [30-38], американців [55-58], бразильців [45; 46] і китайців [50-53] – формування та еволюція; українців [61-63] – екологічна ситуація і ландшафти.

Більшість учених досліджує об'єкти своєї країни, однак є й інші приклади. Так, американець Інкс [14] досліджує річкові острови Індії.

Найбільше тематикою річкових островів займалися науковці Р. Госвами (R. Goswami) [8; 18], С. Чаттерджи (S. Chatterjee) [11; 15] (Індія); С. Шинкаренко [2; 3; 4; 5; 24], О. Кошелева [2; 3; 4; 5], О. Рулев [3; 4; 5] (Росія); Л. Пікко (L. Picco [34; 37; 38], А. Гарнелл (A. Gurnell) [30; 31; 32; 33]; В. Бертольдї (W. Bertoldi) [31; 32] (Італія); Х. Ши (H. Shi) [50; 51]; Дж. Сан (J. Sun) [52; 53] (Китай) тощо.

Головні висновки. Отже, найбільше досліджували острови річок Брахмапутри і Волги, найбільш вивченими аспектами є формування та еволюція, флора і фауна та ландшафти річкових островів. Ця стаття є зрізом відкритих і доступних досліджень з погляду наук про Землю, тому не може охопити абсолютно всю сферу досліджень річкових островів, але може стати підґрунтям для подальших досліджень.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати статті можуть бути використані для виявлення раніше не вивчених аспектів річкових островів і дати напрям подальшим науковим дослідженням.

Література

1. Wyrick J., Klingeman P.C. Proposed fluvial island classification scheme and its use for river restoration. *River Research and Applications*, 2011, 27(7), 814–825. URL: <https://doi.org/10.1002/rra.1395>.
2. Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. Анализ эколого-хозяйственного состояния территории острова Сарпинский. *Природные системы и ресурсы*. 2018. № 8(4). С. 55–63. URL: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.4.7>.

3. Рулев А.С., Дорохина З.П., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. Картографирование ландшафтной структуры пойменных экосистем нижней Волги (на примере острова Сарпинский). *Научная жизнь*. 2017. № 11. С. 48–56.
4. Рулев А.С., Шинкаренко С.С., Кошелева О.Ю. Оценка влияния гидрологического режима Волги на динамику затопления острова Сарпинский. *Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки*. 2017. № 159(1). С. 139–151.
5. Шинкаренко С.С., Кошелева О.Ю., Солодовников Д.А., Рулев А.С. Динамика береговой линии острова Сарпинский на Нижней Волге. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2019. № 16(5). С. 120–129. URL: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-5-120-129>.
6. Рязанов С.С., Кулагина В.И., Иванов Д.В., Александрова А.Б. Ландшафтные особенности развития почвенного покрова пойменных островов Куйбышевского водохранилища. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2019. № 2. С. 1–11. URL: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2019-2-2>.
7. Проказов М.Ю. Анализ ландшафтной дифференциации и проблем рационального природопользования на островах северной части Волгоградского водохранилища. *Известия Саратовского университета. Серия Науки о Земле*. 2011. № 11(1). С. 3–12.
8. Singh B., Goswami R.K. Influence of landform and geomorphic process on topographic evolution of a river island. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2011 3(7), 5562-5571.
9. Bhaskar B.P., Tiwari G., Prasad J. Pedogenic influence on profile distribution of total and DTPA – extractable micronutrients in rice growing hydric soils of Majuli river island, Assam, India. *SJSS. Spanish journal of soil science*, 2017, 7(1), 45–71. URL: <https://doi.org/10.3232/SJSS.2017.V7.N1.05>.
10. Lahkar D. Birds of Majuli the biggest river island of the world. *Newsletter for Birdwatchers*, 2013, 54(3), 58–61.
11. Chatterjee S. Monitoring Challenges in a Living Cultural Landscape River island of Majuli. *Cultural Landscapes of Asia: Understanding and Managing Heritage Value* / M. Chiba, S. Jain, S. Ghosh, V.B. Mathur. New Delhi, 2018, 204 p.
12. Devi D., Phukan N., Sarma B.A Study of Erosional Depositional Activity and Land Use Mapping of Majuli River Island Using Landsat Data. *Hydrologic Modeling. Water Science and Technology Library*, vol. 81 / V. Singh, S. Yadav, R. Yadava. Springer, Singapore. 2018, 731 p.
13. Kotoky P., Bezbaruah D., Baruah J., Sarma J. Erosion activity on Majuli – the largest river island of the world. *Current science*, 2003, 84(7), 920–932.
14. Inks K. Reimagining a violent landscape: disaster, development and cartographic imagination in the Brahmaputra river valley. *Master's thesis*. University of Wisconsin-Madison, 2019, 120 p. URL: <http://digital.library.wisc.edu/1793/79643>.
15. Mani P., Kumar R., Chatterjee C. Erosion Study of a Part of Majuli River-Island Using Remote Sensing Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 2003, 31(1), 11–18. URL: <https://doi.org/10.1007/BF03030747>.
16. Roy N., Pandey B.W., Rani U. Protecting the vanishing geo-cultural heritage of India: Case study of Majuli Island in Assam. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 2020, 8(1), 18–30. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2020.03.003>.
17. Sarma A. Landscape Degradation of River Island Majuli, Assam (India) due to Flood and Erosion by River Brahmaputra and Its Restoration. *Journal of Medical and Bioengineering*, 2014, 3(4), 272–276. URL: <https://doi.org/10.12720/jomb.3.4.272-276>.
18. Goswami R., Kumar M., Biyani N., Shea P.J. Arsenic exposure and perception of health risk due to groundwater contamination in Majuli (river island), Assam, India. *Environ Geochem Health*, 2020, 42, 443–460. URL: <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00373-9>.
19. Dutta J., Choudhury M., Chamuah N. Understanding the biodiversity of Umananda: The smallest river island of the world. *Harvest (Online); Bi-Annual Biodiversity of Umananda*, 2019, 4(1), 25–28.
20. Borah J., Firoz Ahmed M., Sarma P.K. Brahmaputra River islands as potential corridors for dispersing tigers: A case study from Assam, India. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 2010, 2(11), 350–358.
21. Prashnani M., Qadir A., Goswami J., Raju P.L.N. Spatio-temporal study of Brahmaputra river islands (chars) for agriculture expansion on Assam, India. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, 2019, XLII-3/W6, 429–433. URL: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W6-429-2019>.
22. Anwaruzzaman A.K.M, Khatoon N. Backwardness of Piarpur (Char) River Islanders: A Geographical Analysis. *Research Expo International Multidisciplinary Research Journal*, 2012, 2(2), 58–69.
23. Судаков А.В., Новицкий С.Л., Моников С.Н. Волжские острова в границах г. Волгограда: природные условия и хозяйственно-рекреационный потенциал. *Псковский регионологический журнал*. 2015. № 22. С. 18–30.
24. Солодовников Д.А., Канищев С.Н., Золотарев Д.В., Шинкаренко С.С. Рекреационная дигрессия интразональных ландшафтов нижней Волги. *Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11, Естеств. науки*. 2014. № 2(8). С. 50–57.
25. Григорьян Б.Р., Кулагина В.И., Иванов Д.В. Почвы островов Чистопольского района переменного подпора Куйбышевского водохранилища. *Ученые записки Казанского государственного университета*. 2006. № 148(2). С. 123–130.
26. Шаповалова И.Б. Структурно-функциональная организация экосистем островов средней части Волгоградского водохранилища. *Аридные экосистемы*. 2009. Т. 15. № 3(39). С. 13–25.
27. Vavilov D.N., Sukhodolskaya R.A., Gordienko T.A. The structure of soil macrofauna communities on islands of the Volga river. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 2019, 7(1), 28-36. URL: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2019.7.1.0036>.
28. Тарбеева А.М. Рельеф речных островов и особенности их развития (на примере Средней Оби). *Геоморфология*. 2005. № 3. С. 111–121. URL: <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2005-3-111-121>.
29. Polyakov V., Orlova K., Abakumov E. Landscape-dynamic aspects of soil formation in the Lena River Delta. *Czech Polar Reports*, 2018, 2(8), 260-274. URL: <https://doi.org/10.5817/CPR2018-2-22>.
30. Gurnell A.M., Petts G.E., Hannah D.M., Smith B.P.G., Edwards P.J., Kollmann J., Ward J.V., Tockner K. Riparian vegetation and island formation along the gravel-bed fiume Tagliamento, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2001, 26, 31–62.
31. Gurnell A.M., Bertoldi W., Francis R.A., Gurnell J., Mardhiah U. Understanding processes of island development on an island braided river over timescales from days to decades. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2018, 44(2), 17 p. URL: <https://doi.org/10.1002/esp.4494>.
32. Gurnell A.M., Bertoldi W. Extending the conceptual model of river island development to incorporate different tree species and environmental conditions. *River Research and Applications*, 2020, 1-18. URL: <https://doi.org/10.1002/rra.3691>.

33. Zaroni L., Gurnell A., Drake N., Surian N. Island dynamics in a braided river from analysis of historical maps and air photographs. *River Research and Applications*, 2008, 24(8), 19 p. URL: <https://doi.org/10.1002/rra.1086>.
34. Picco L., Ravazzolo D., Rainato K., Lenzi M.A. Characteristics of fluvial islands along three gravel-bed rivers of north-eastern Italy. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 2014, 40(1), 53–66.
35. Picco L., Tonon A., Ravazzolo D., Rainato R., Lenzi M.A. Monitoring river island dynamics using aerial photographs and lidar data: the Tagliamento river study case. *Applied Geomatics*, 2015, 7, 163–170. URL: <https://doi.org/10.1007/s12518-014-0139-7>.
36. Kollmann J., Vieli M., Edwards P.J., Tockner K., Ward J.V. Interactions between vegetation development and island formation in the Alpine river Tagliamento. *Applied Vegetation Science*, 1999, 2(1), 25–36. URL: <https://doi.org/10.2307/1478878>.
37. Picco L., Mao L., Rigon E. Medium Term Fluvial Island Evolution In Relation With Flood Events In The Piave River. Proceedings from *WIT Transactions on Engineering Sciences. Monitoring, Simulation, Prevention and Remediation of Dense and Debris Flows*, 2012, IV, 73, 137–147. URL: <https://doi.org/10.2495/DEB120141>.
38. Moretto J., Rigon E., Mao L., Picco L., Delai F., Lenzi M.A. Channel adjustment and island dynamics in the Brenta river (Italy) over last 30 years. *River research and applications*, 2014, 30(6), 719–732. URL: <https://doi.org/10.1002/rra.2676>.
39. Reynard P.C. Explaining an Unstable Landscape: Claiming the Islands of the Early-Modern Rhône. *Environment and History*, 2013, 19(1), 39–61.
40. Müller J., Prati D., Fischer M. Applicability of the Island biogeography theory to river islands. *Conference PopBio*, University of Basel, 2007. URL: https://www.researchgate.net/publication/328019997_Applicability_of_the_Island_biogeography_theory_to_river_islands.
41. Vanbergen A.J., Woodcock B.A., Gray A., Andrews C., Ives S., Kjeldsen T.R., Laize C.L.R., Chapman D.S., Butler A., O'Hare M.T. Dispersal capacity shapes responses of river island invertebrate assemblages to vegetation structure, island area, and flooding. *Insect Conservation and Diversity*, 2017, 10(4), 1–13. URL: <https://doi.org/10.1111/icad.12231>.
42. Mikuš P., Wyzga B., Kaczka R.J. Islands in a European mountain river: Linkages with large wood deposition, flood flows and plant diversity. *Geomorphology*, 2013, 202, 115–127. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.09.016>.
43. Zogaris Z., Markogianni V., Özeren S.C., Dimitriou E. Assessment of Riparian zone and river Island conditions in a Trans-boundary greenbelt: The Evros/Meriç river (Greece-Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 2015, 24(1b), 269–277.
44. Schaan D. Long-Term Human Induced Impacts on Marajó Island Landscapes, Amazon Estuary. *Diversity*, 2010, 2, 182–206.
45. Valente C.R., Latrubesse E.M., Ferreira L.G. Relationships among vegetation, geomorphology and hydrology in the Bananal Island tropical wetlands, Araguaia River basin, Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 2013, 46, 150–160.
46. Schiffer A., Swan A., Mendes R.L.R., Sobrinho M.V. Looking to peripheral river islands in Brazil to develop an urban island water metabolism perspective. *Waterlines*, 2019, 38(2), 135–146. URL: <https://doi.org/10.3362/1756-3488.18-00010>.
47. Serrao L., Terrones L.E.B., Yupanqui H.A.H., Trigozo J.P.R., Brentari L., Zolezzi G. Agricultural colonization of dynamic riverine islands in a tropical wandering river. 2020. URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22124.10888>.
48. Laborda Á., Montes de Oca L., Pérez-Miles F., Useta G., Simó M. The spider fauna from Uruguay River islands: understanding its role in a biological corridor. *Biodiversity Data Journal*, 2018, 6: e27319. URL: <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e27319>.
49. Ding D., Jiang Y., Wu Y., Shi T. Landscape Character Assessment of Water-land Ecotone in an Island Area for Landscape Environment Promotion. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 259, 120934. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120934>.
50. Shi H., Cao C., Dong C., Xia C., Xu G. Variation of River Islands around a Large City along the Yangtze River from Satellite Remote Sensing Images. *Sensors*, 2017, 17(10), 2213, 1–20. URL: <https://doi.org/10.3390/s17102213>.
51. Shi H., Cao Y., Dong C., Xia C., Li C. The Spatio-Temporal Evolution of River Island Based on Landsat Satellite Imagery, Hydrodynamic Numerical Simulation and Observed Data. *Remote Sensing*, 2018, 10(12), 2046, 1–19. URL: <https://doi.org/10.3390/rs10122046>.
52. Sun J., Ding L., Li J., Qian H., Huang M., Xu N. Monitoring Temporal Change of River Islands in the Yangtze River by Remotely Sensed Data. *Water*, 2018, 10(10), 1484, 1–17. URL: <https://doi.org/10.3390/w10101484>.
53. Sun J., Xu N., Ding L., Ma Y., Liu Z., Huang Z. Continuous Expansions of Yangtze River Islands After the Three Gorges Dam Tracked by Landsat Data Based on Google Earth Engine. In *IEEE Access*, 2020, 8, 92731–92742. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2994628>.
54. Li B., Zhang W., Wang Z., Xie H., Yuan X., Pei E., Wang T. Effects of landscape heterogeneity and breeding habitat diversity on rice frog abundance and body condition in agricultural landscapes of Yangtze River Delta, China. *Current Zoology*, 2020, z0aa025, 1–22. URL: <https://doi.org/10.1093/cz/z0aa025>.
55. Moore J.E., Franklin S.B., Larsen D., Grubaugh J. W Short-term Assessment of Morphological Change on Five Lower Mississippi River Islands. *Southeastern naturalist*, 2011, 10(3), 459–476.
56. Tamminga K. Novel ecosystems or condos? Competing scenarios for Pittsburgh's river islands. Proceedings from *Novel Ecosystems Research Symposium*. The Ecology Institute, Penn State University, 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/302985695_Novel_ecosystems_or_condos_Competing_scenarios_for_Pittsburgh's_river_islands.
57. Nagel H.G., Geisler K., Cochran J., Fallesen J., Hadenfeldt B., Mathews J., Nickel J., Stec S., Walters A. Platte River Island Succession. *Transactions of the Nebraska Academy of Sciences and Affiliated Societies*, 1980, 8, 282. 77–90.
58. Wampler P.G., Schnitzer E.F., Cramer D., Lidstone C. A meander cutoff into a gravel extraction pond, Clackamas river, Oregon. *SME Annual Meeting*, Mar. 27-Mar.29, 2006, St. Louis, MO, 2007.
59. Cooperman M.S., Brewer C.A. Relationship between Plant Distribution Patterns and Process of River Island Formation. *Journal of Freshwater Ecology*, 2005, 20(3), 487–501.
60. Raslan Y., Salama R. Development of Nile River islands between Old Aswan Dam and new Esna barrages. *Water Science*, 2015, 29(1), 77–92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wsj.2015.03.003>.
61. Парнікоза І. Київські острови та прибережні урочища на Дніпрі – погляд крізь віки : монографія. Київ : Дніпро, 2012. 412 с.
62. Бондар О.І., Шевченко Р.Ю., Машков О.А., Пашков Д.П. Екологічний моніторинг та екологічна безпека рекреаційного природокористування Дніпровських островів міста Києва. *Екологічні науки*. 2018. № 1(20). С. 5–11.
63. Starodubtsev V.M. Deltaic landscapes changes investigation in the Dnopro river basin with remote sensing data use. *SWorld. Modern derrection of theoretical and applied researches*. 19-30 March 2013. URL: <https://sworld.com.ua/konfer30/789.pdf>.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ УРБОСИСТЕМ НА ЯКІСТЬ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Скок С.В.

ДВНЗ «Херсонський державний аграрно-економічний університет»
вул. Стрітєська, 23, 73009, м. Херсон
skok_sv@ukr.net

Внаслідок інтенсивного розвитку урбанізаційних процесів відбувається забруднення поверхневих та підземних вод нітритним, амонійним азотом, сполуками важких металів, фенолом, нафтопродуктами. Найгірший екологічний стан поверхневих вод спостерігається у пониззі Дніпра, Сіверського Дінця, річках Приазов'я, які не відповідають екологічним нормативам за рибогосподарськими та культурно-побутовими критеріями. Встановлено, що основним негативним фактором впливу на якість поверхневих вод є скид забруднених стічних вод з урбанізованих територій, з яких 30% становлять промислові стічні води великих міст, господарсько-побутові – 69%, стічні води сільського господарства – 0,1%. Найбільша кількість забруднених стічних вод потрапляє у поверхневі води через централізовану систему водовідведення міст Дніпропетровської (23%), Львівської (7,1%), Запорізької (6,4%), Одеської (3,2%) областей. Перевищення граничнодопустимої концентрації нафтопродуктів, фенолів, заліза в десятки разів призвело до антропогенно зумовленої трансформації руслових систем, деструкції річкових гідроєкосистем та суттєвого зниження їх водогосподарського та рекреаційного значення. Із усього обсягу стічних вод міста Херсона близько 12% надходять без очистки до гідроєкосистем пониззя Дніпра. Встановлено перевищення рівня мінералізації, сульфатів, хлоридів, амонійного азоту, фосфатів у 2–6 разів.

Інтенсивна експлуатація водозабірних свердловин, понаднормативний водовідбір призвів до порушення зони активного водообміну, посиленої міграції забруднюючих речовин з верхніх горизонтів у нижні. Внаслідок цього протягом останніх 5 років спостерігається чітка тенденція погіршення якісних показників питної води у містах України.

Згідно з оцінками рівнів забруднення підземних вод встановлено, що для західної та центральної частини міста Херсона рівень забруднення за мінералізацією є високим. Для артезіанських свердловин північної, північно-східної та північно-західної частин Херсона встановлено низький рівень забруднення за мінералізацією та за вмістом токсичних речовин I, II, III класів небезпеки. Виявлено просторово-часову диференціацію вмісту хлоридів, сульфатів, нітратів, жорсткості та мінералізації. Здійснено оцінку впливу водовідбору на стан підземних вод, внаслідок чого зменшення загального видобутку підземних вод призвело до підвищення динамічних їх рівнів та погіршення якості води. *Ключові слова:* поверхневі води, підземні води, каналізаційні стоки, деструкція гідроєкосистем, міграція забруднюючих речовин, артезіанські свердловини.

Ecological evaluation of the impact of urban systems on the quality of water resources. Skok S.

The intense development of urbanization processes results in polluting surface water and groundwater with nitrite and ammonium nitrogen, compounds of heavy metals, phenol and petrochemical products. The worst ecological condition of surface water is detected in the lower reaches of the Dnieper, Siverskyi Donets, the rivers of Pryazovia, which do not meet the environmental requirements by fishery and household criteria. The study determines that the main negative factor of the impact on the quality of surface water is dumping polluted sewage of the urbanized territories, 30% of them is industrial sewage of big cities, 69% is domestic sewage, 0.1% is agricultural wastewater. The largest amount of polluted sewage has been dumped into surface water through the centralized water passage by the cities of Dnipro (23%), Lviv (7.1%), Zaporizhzhia (6.4%) and Odesa (3.2%) regions. Exceeding the threshold limit value of petrochemical products, phenols and iron dozens of times has caused anthropogenic transformation of riverbed systems, destruction of hydro-ecosystems and a considerable reduction in their water economy and recreation importance.

About 12% of the total volume of Kherson untreated sewage comes to the hydro-ecosystems of the Lower Dnipro. The study determines that the level of mineralization, sulfates, chlorides, ammonium nitrogen and phosphates exceeds the standards 2–6 times.

Intensive exploitation of water wells and excessive water intake have caused the disruption of the zone of active water cycle and intensified migration of pollutants from higher levels into lower ones. As a result, over the past five years there has been a clear tendency to deterioration of quality indexes of drinking water in the cities of Ukraine.

The evaluation of the levels of groundwater pollution makes it possible to determine that the pollution level by mineralization is high in the western and central parts of Kherson. The research determines that the pollution level by mineralization and the content of toxic substances of the 1st, the 2nd and the 3rd classes of hazards is low in the artesian wells of the northern, northeastern and northwestern parts of Kherson. It establishes space-time differentiation of the content of chlorides, sulfates, nitrates, water hardness and mineralization. The study evaluates the impact of water intake on the condition of groundwater, resulting in a reduction in the total groundwater extraction causing an increase in its dynamic levels and water quality deterioration. *Key words:* surface water, groundwater, sewage, destruction of hydro-ecosystems, migration of pollutants, artesian wells.

Постановка проблеми. Водні ресурси є головним екологічним фактором, який визначає соціальний, економічний, екологічний розвиток суспільства. Систематичне інтенсивне антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище

спричинило погіршення еколого-гігієнічного стану поверхневих та підземних вод. Щороку близько 3,5 мільйона випадків смертей пов'язані з неякісним водопостачанням, санітарією та гігієною [1]. Саме тому на Конференції ООН зі сталого розвитку

(Pio+20) було акцентовано на питанні якості води як лімітуючого чинника безпеки питного і господарського водопостачання.

Актуальність дослідження. Континентальні поверхневі води є найбільш уразливою ланкою гідросфери стосовно зовнішнього негативного впливу, що призводить до загального дефіциту, поступового виснаження та інтенсивного забруднення поверхневих вод. До причин, які викликають ці явища, належать: скид неочищених комунально-господарських та промислових стічних вод, втрата природних водозбірних площ, зникнення лісових масивів, екстенсивні методи ведення сільського господарства, екологічно необґрунтовані гідротехнічні та меліоративні заходи. Саме тому у більшості країн Західної Європи (Австрія, Великобританія, Данія, Німеччина, Франція) основним джерелом водопостачання є підземні води.

Особливе занепокоєння викликає якісний стан водних ресурсів у зоні впливу міських систем, які використовують великі об'єми поверхневих та підземних вод для господарсько-побутових та промислових потреб, з яких 80% потрапляє до природних вод у неочищеному стані [2; 3].

Інтенсивний антропогенний пресинг на водно-ресурсний потенціал, низькі темпи розвитку водопровідно-каналізаційного господарства призвели до деградації гідросфери, зниження якості води, втрати самоочисної та самовідновної здатності джерел води. Проблеми екологічного стану водних ресурсів набули глобальних масштабів і потребують невідкладних природоохоронних заходів з оптимізації водокористування для їх відновлення [4; 5].

Особливо небезпечними є скид забруднених промислових стічних вод, несанкціоноване утворення звалищ твердих побутових відходів, відсутність організованого управління поверхневим стоком. Незважаючи на зменшення використання води у промисловості на 25% протягом 8 років та скиду стічних вод до водних об'єктів на 33,4%, кількість скиду забруднених стічних вод зростає внаслідок застарілого технічного стану водогосподарського комплексу та низького рівня очистки стічних вод від забруднюючих речовин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми водоспоживання, раціонального використання, охорони, інтегрованого управління водними ресурсами відображено у наукових працях вітчизняних та зарубіжних учених [6–13].

Особливий науковий інтерес являє вивчення гідрогеологічного та гідрохімічного режиму підземних вод. Незважаючи на їх природну захищеність від впливу зовнішніх факторів та незалежність загального обсягу вод від сезонних змін клімату, вони зазнають інтенсивного антропогенного пресингу. Причому темпи порушення підземних вод найбільш інтенсивні у великих містах та агломераціях з переважанням обсягів видобутку над експлу-

атаційними запасами [14]. Найбільший негативний вплив на якість підземних вод відзначено у містах західної частини України через залишкове забруднення нафтової промисловості, внаслідок чого спостерігається перевищення вмісту кишкової палички у 80 разів [15].

Згідно з дослідженнями С. Mikovits, Г.Г. Лютого [4; 6; 7] значний вплив на гідрохімічний склад підземних вод здійснюють аварійні витoki водогінних та каналізаційних мереж у зв'язку зі зношеністю металевих труб та схильністю їх до корозії. Із загальної довжини водогінних мереж протяжністю 124,7 тисячі кілометрів 39% перебувають у аварійному стані, що призводить до 30% втрат питної води.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується зазначена стаття. В умовах інтенсивного розвитку урбанізації не досить вивчені питання впливу урбосистем на джерела водних ресурсів. Адже важливими індикаторами екологічного стану великого міста є якісний стан поверхневих та підземних вод, який змінюється внаслідок взаємного впливу абіотичних та антропогенних факторів [15–16]. З огляду на особливості функціонування кожного міста, спільним фактором впливу на формування якості водних ресурсів у межах урбосистем є інтенсивна антропогенна діяльність, що призводить до порушення екологічної рівноваги, виникнення незворотних процесів у навколишньому природному середовищі.

Зв'язок авторського доробку з важливими практичними завданнями. Результати дослідження доцільно впроваджувати та використовувати у сфері водного господарства, екології та природних ресурсів з метою ліквідації еколого небезпечних аварійних ситуацій систем каналізації, повторного використання стічних вод, покращення екологічного стану приміських акваторій річок, удосконалення моніторингових досліджень якості підземних вод, оптимізації використання водних ресурсів з метою зменшення негативного впливу джерел забруднення на водне середовище.

Новизна. Встановлено сумарний урбанізований вплив на якість водних ресурсів у межах міста Херсона, визначено можливості зниження антропогенного навантаження в зоні впливу урбосистем.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилися на основі ретроспективного, системного аналізу стану водних ресурсів, аналізу статистичних даних об'ємів водокористування та водовідведення. Визначення якості питної води здійснено за 400 пробами у різних районах м. Херсона. Якість питної води визначалася за 24 гідрохімічними показниками відповідно до державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (2010 р.) Оцінка еколого-гідрогеологічних умов та рівнів забруднення підземних вод здійснена згідно зі шкалами співставлення концентрацій токсичних речовин

та мінералізації до їх граничнодопустимої концентрації (таблиця 1) [17]. Рівень впливу водовідбору на стан підземних вод здійснювався згідно з коефіцієнтом прогнозних ресурсів підземних вод [18].

Застосовані методи абстракції, аналогії, порівнянь, інтегративного підходу щодо впливу функціонування урбосистем на якісний стан водних ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Територія України є однією з найменш водозабезпечених країн Європи. Запаси місцевих водних ресурсів для нашої держави становлять 1 тис. м³ на одного жителя за рік. Територіальний розподіл водних ресурсів є нерівномірним та не забезпечує промислові потреби водоемних галузей господарства. Найбільша кількість водних ресурсів зосереджена в річках водозбірного басейну Дунаю у прикордонних районах України, де потреба у воді не перевищує 5% її загальних запасів. Найменш забезпечені водою Кривий Ріг та південні області, де зосереджені основні споживачі води.

Водні ресурси у державі формуються за рахунок атмосферних опадів, притоку транзитних вод із зарубіжних країн, місцевого стоку та підземних вод (таблиця 2).

Близько 80% становлять ресурси ріки Дніпро, що забезпечують водою майже 30 млн осіб, 2/3 всього населення України [19]. Однак внаслідок екстенсивного розвитку промисловості, низького технологічного рівня виробництва спостерігається забруднення поверхневих вод нітритним, амонійним азотом, сполуками важких металів, фенолом, нафтопродуктами, що потрапляють внаслідок скиду забруднених стічних вод.

Найгірший екологічний стан поверхневих вод спостерігається у пониззі Дніпра, Сіверського Дінця, річках Приазов'я, які є забрудненими та брудними

4–5 класу (рисунок 1), спостерігається перевищення ГДК нітратів, фосфатів, нафтопродуктів у 15 разів, внаслідок скиду стічних вод із приватних забудов, сільськогосподарських полів, промислових підприємств [18].

Більшість поверхневих вод України не відповідають екологічним нормативам за рибогосподарськими та культурно-побутовими критеріями. Тому вони стають небезпечним джерелом питного водопостачання.

Основним негативним фактором впливу на якість поверхневих вод є скид забруднених стічних вод з урбанізованих територій, з яких 30% становлять промислові стічні води великих міст, господарсько-побутові – 69%, стічні води сільського господарства – 0,1%. Найвищий ступінь очистки 97% мають господарсько-побутові стоки, промислові – 2,9%, інші – 0,1% [20]. Проблема ускладнюється низькою ефективністю очистки стічних вод, незадовільним технічним станом очисних споруд та повною відсутністю очистки поверхневих та дренажних стоків.

Найбільшу кількість забруднених стічних вод скинуто у поверхневі води через централізовану систему водовідведення містами Дніпропетровської, Львівської, Запорізької, Одеської областей (таблиця 3, рисунок 2).

Інтенсивний розвиток урбанізації супроводжується утворенням міських агломерацій, збільшенням кількості населення, концентрацією водоемних промислових комплексів та об'єктів енергетики, що здійснюють значний негативний вплив на якість поверхневих та підземних вод.

Близько половини міських стічних вод є не досить очищеними, 15% скидаються до поверхневих вод без очистки. При цьому більшість промислових

Таблиця 1

Оцінка рівня забруднення підземних вод

Гідрогеохімічний стан води	Рівні забруднення	Показники якості			
		Мінералізація	ГДК речовин за класом небезпеки		
			I	II	III
Прийнятний	Низький	<1	<1	<1	<1
Обмежено прийнятний	Середній	1–1,5	1–2	1–5	1–10
Неприйнятний	Високий	1,5–3,0	2–3	5–10	10–20
Небезпечний	Дуже високий	> 3	> 3	> 10	> 20

Таблиця 2

Водні ресурси України

Вид ресурсів	Водні ресурси в роки за водністю, км ³	
	середній	дуже маловодний
Приток транзитного річкового стоку	280,1	217,2
Місцевий річковий стік	52,4	29,7
Загальні ресурси річкового стоку	332,5	246,9
Прогнозні ресурси підземних вод	21,0	21,0
у тому числі гідравлічно не зв'язані з поверхневим стоком	7,0	7,0
Загальні ресурси прісних вод	339,5	253,9



Рис. 1. Оцінка поверхневих вод

підприємств не мають локальних очисних споруд, тому 70% виробничих стоків потрапляють до загальнономіської системи водовідведення без очистки.

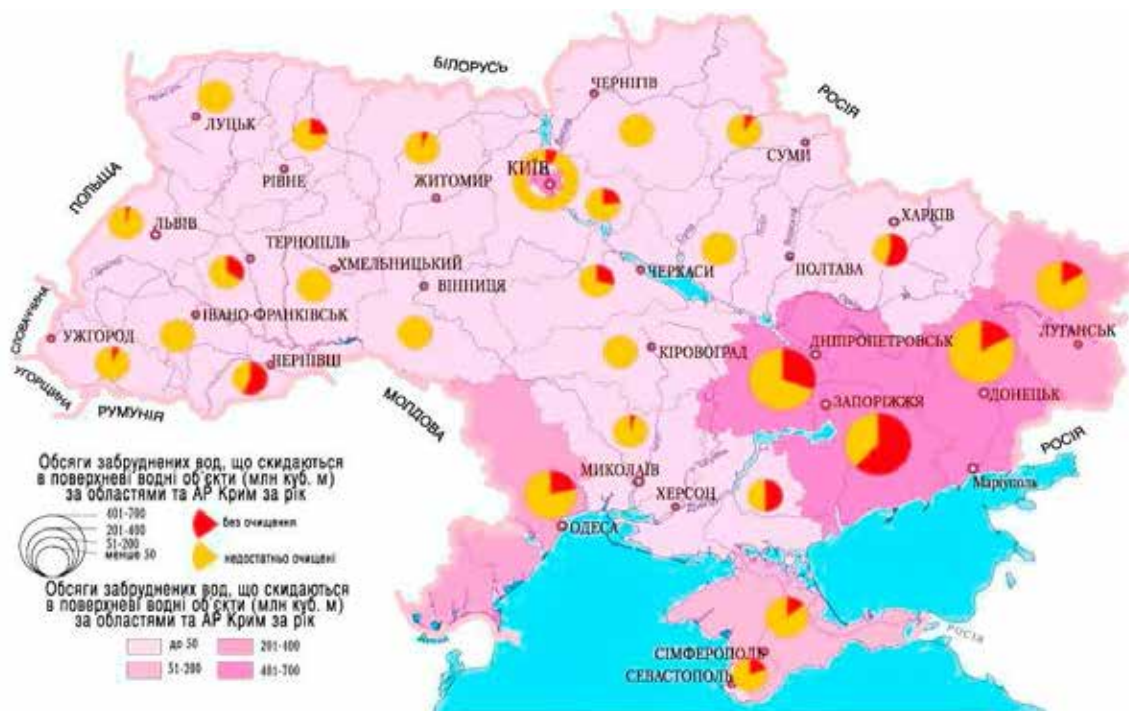
З огляду на застарілий технічний стан очисних споруд більшості міст України промислові стоки змішуються з господарсько-побутовими стоками та потрапляють до поверхневих вод з перевищенням граничнодопустимої концентрації нафтопродуктів, фенолів, заліза в десятки разів.

Серед забруднюючих речовин у стоках переважають фосфати (42,5%), що є причиною широкого

застосування у побуті фосфатовмісних мийних засобів та відсутності дієвих методів їх повної очистки на очисних спорудах.

Багаторічне господарське використання водотоків у містах як джерела скидних і стічних вод призвело до акумуляції в донних відкладеннях хімічних речовин та токсичних сполук, небезпечних для природних екосистем і здоров'я людини.

Великий вплив на річкові гідроекосистеми здійснює поверхневий стік із сільськогосподарських угідь, міських територій, забруднюючи їх пестицидами,

Рис. 2. Обсяги скидів стічних вод, млн м³ за рік

фосфором, калієм, хлоридами протягом періоду від сніготанення до періоду припинення поверхневого стоку восени [21]. Це призводить до антропогенно зумовленої трансформації руслових систем, деструкції річкових гідроекосистем та суттєвого зниження їх водогосподарського та рекреаційного значення. При цьому одночасність і різноманітність форм впливу урбосистем на русла річок у приміських територіях викликає незворотний процес порушення екологічної рівноваги водних ресурсів.

Особливо інтенсивний антропогенний вплив спостерігається у пониззі Дніпра. Зміна гідрологічного режиму вплинула на процеси формування якості води та біопродуктивності гідроекосистеми Дніпра. Протягом останніх 30 років об'єм водного стоку зменшився на 20%, становить 42,1–42,5 км³ за рік. Крім того, погіршення екологічного стану пониззя Дніпра спричинене щорічним скидом стічних шахтних, промислових, господарсько-побутових вод міст верхньої течії у кількості 360 млн м³, які разом зі зливовим поверхневим та частково-очищеними каналізаційними стоками міста Херсона несуть значні обсяги змитих і розчинених забруднюючих речовин [20] (рисунк 3).

Із всього обсягу стічних вод міста Херсона близько 12% надходять без очистки до гідроекосистем Нижнього Дніпра. Періодичні аварійні ситуації внаслідок високого рівня зношеності кана-

лізаційних мереж є причиною додаткового скиду неочищених вод. Незважаючи на незначний обсяг міських стоків у загальному стоці р. Дніпро, частка їх впливу на гідрологічні та хімічні показники якості поверхневих вод є великою. Спостерігається перевищення рівня мінералізації, сульфатів, хлоридів, амонійного азоту, фосфатів у 2–6 разів, що підтверджує наявність антропогенних факторів забруднення поверхневих вод Дніпра та зумовлює низьку якість води ріки Дніпро відповідно до нормативів рибогосподарського та культурно-побутового призначення.

Неочищені стічні каналізаційні, зливові води внаслідок аварійних ситуацій, несанкціонованого ґрунтового скиду фільтраційним шляхом потрапляють до ґрунтових та підземних вод, які є дуже цінними джерелами питного водопостачання, забезпечують 2/3 питних потреб населення. Із 185 великих міст України 50 повністю забезпечуються за рахунок підземних вод. Щорічно у державі використовується на різні потреби близько 5 млрд м³ підземних вод. Прогнозні ресурси їх становлять 22,5 млрд м³ на рік, експлуатаційні – 5,7 млрд м³ на рік [17]. З огляду на обмеженість та територіальну нерівномірність поширення запасів підземних вод, питне водопостачання з підземних джерел інтенсивно використовується у містах Києві, Львові, Рівному, Херсоні, Ужгороді, Сумах та інших містах. Зважаючи на природну захищеність підземних вод, до яких належить глибина

Таблиця 3

Скид забруднених стічних вод у водні об'єкти за 2017 рік

Область	Обсяг забруднених стічних вод, млн м ³	%
м. Київ	284,3	28,6
Дніпропетровська область	230,293	23,0
Львівська область	70,809	7,1
Запорізька область	64,173	6,4
Одеська область	32,657	3,2
Сумська область	23,033	2,3
Миколаївська область	22,357	2,2
Чернігівська область	13,944	1,4
Харківська область	9,818	1,1
Рівненська область	4,498	0,4
Черкаська область	4,487	0,4
Закарпатська область	4,235	0,4
Тернопільська область	2,604	0,3
Житомирська область	1,996	0,25
Київська область	1,959	0,2
Чернівецька область	1,873	0,2
Полтавська область	1,568	0,2
Кіровоградська область	1,328	0,2
Івано-Франківська область	1,102	0,1
Херсонська область	0,912	0,1
Вінницька область	0,833	0,1
Хмельницька область	0,609	0,1
Волинська область	0,106	0,05
Всього	997,35	100,0

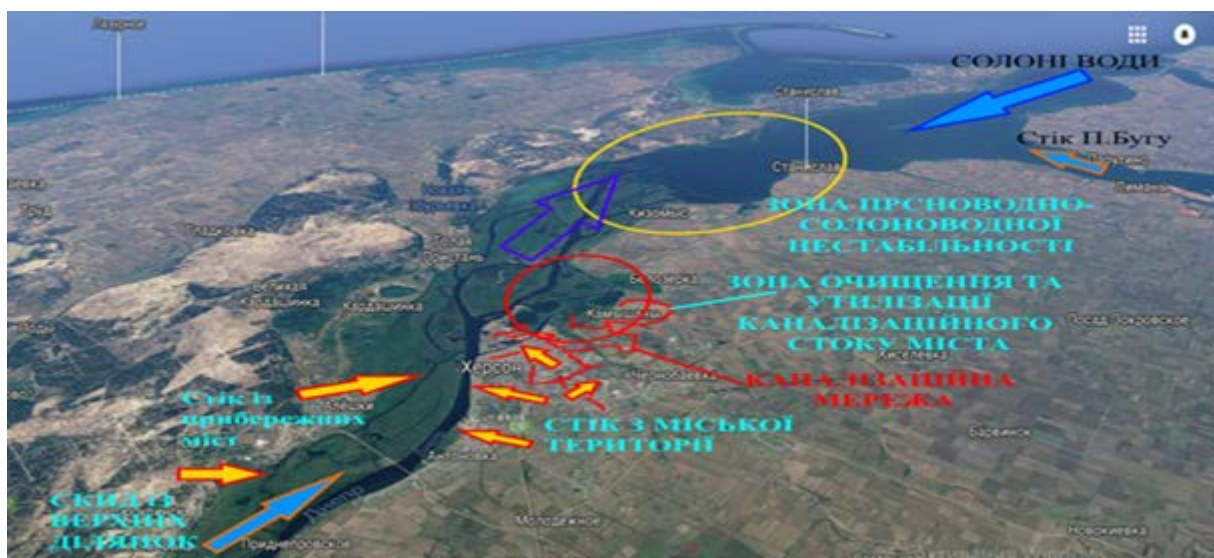


Рис. 3. Основні джерела водного забруднення пониззя Дніпра

їх залягання, потужність слабopроникних порід, літологія, сорбційні властивості порід, посилення техногенних факторів створюють несприятливі умови експлуатації ресурсів підземних, у результаті чого на урбанізованих територіях спостерігаються вичерпання та виснаження підземних вод з утворенням великих депресійних воронок, підтягування і проникнення солоних вод [18]. Протягом останніх 18 років обсяги відбору підземних вод скоротилися на 68,1% у зв'язку зі зменшенням кількості водоспоживачів та частки використання підземних вод у загальному балансі водокористування в містах України. Однак глобальна зміна клімату, посилення урбанізаційних процесів, збільшення площ водонепроникних покриттів у містах порушують природний механізм поповнення ґрунтових та підземних вод дощовими водами, внаслідок чого видобуток перевищує їх утворення в 3,5 рази. Під впливом інтенсивної експлуатації водозабірних свердловин, понаднормативного водовідбору порушується зона активного водообміну, відбувається посилена міграція забруднюючих речовин з верхніх горизонтів у нижні з високою якістю води. Найгірший екологічний стан питної води з систем централізованого водопостачання за санітарно-хімічними показниками у 2018 році був у містах Миколаївській, Полтавській, Рівненській, Житомирській, Запорізькій областях, а за мікробіологічними показниками – у Рівненській, Закарпатській, Тернопільській, Вінницькій, Хмельницькій, Миколаївській, Одеській, Івано-Франківській областях (таблиця 4).

При цьому встановлено, що протягом останніх 5 років спостерігається чітка тенденція погіршення якісних показників питної води у містах України, що підтверджує тривалий та інтенсивний антропогенний пресинг на навколишнє природне середовище.

Сприятливі гідрогеологічні особливості міста Херсона полягають у формуванні якісних ресур-

сів підземних вод Причорноморської водоносної системи. У зв'язку із посушливими кліматичними умовами міста Херсона внаслідок перевищення процесів випаровування над кількістю опадів на 100 мм у ґрунтах формується не промивний тип водного режиму, завдяки якому збільшується фільтраційний час надходження забруднених зливових вод до ґрунтових вод. Крім того, глибина залягання підземних вод на рівні 60–100 м та потужність слабopроникних відкладів зони аерації (5–30 м) сприяють високому рівню природної їх захищеності від надходження забруднюючих речовин з вище розташованих водних горизонтів. Тому господарсько-питне водопостачання здійснюється з підземних джерел, які експлуатуються водозабірними свердловинами з верхньосарматського водоносного комплексу у кількості 389 штук, середньосарматського – 4 штук, середнього міоцену – 9 штук.

Подається та розподіляється вода насосними станціями водопроводу (6 одиниць), що мають енергоємне морально застаріле обладнання. Щодо подачі для міста питної води становить 55 тис. м³. Із них 55 свердловин подають воду з відхиленням від Державних санітарних норм 2.2.4-171-10 за солевим складом.

Режим водопостачання мешканців міста Херсона становить 24 години. Для підтримання подачі води на рівні 150–200 л/добу на 1 людину вважається цілком достатнім для створення комфортних умов її проживання. Норма споживання послуг централізованого питного водопостачання для населення становить 171 л/добу для приватних будинків, 178 л/добу – для багатоквартирних будинків.

При цьому специфіка водоспоживання визначається нестійкою динамікою виробництва, запровадження ресурсозберігаючих технологій, міграційними та депопуляційними процесами в досліджуваній урбосистемі.

Відхилення кількості проб від нормативів, %

Нестандартні проби води з	Кількість (%) нестандартних проб				
	Роки				
	2014	2015	2016	2017	2018
джерел централізованого водопостачання, в т.ч. водогони за:					
мікробіологічними показниками	2,9	4,6	6,4	6,7	7,7
санітарно-хімічними показниками	14,7	15,7	18,4	20,0	22,7
в тому числі з комунальних водопроводів за:					
мікробіологічними показниками	2,2	3,1	4,3	4,6	5,1
санітарно-хімічними показниками	8,4	12,4	13,7	16,2	18,5
з водопровідної мережі					
мікробіологічними показниками	2,9	4,4	6,5	6,7	7,8
санітарно-хімічними показниками	11,5	13,5	16,2	17,8	18,5
джерел нецентралізованого водопостачання за:					
мікробіологічними показниками	15,5	18,0	23,1	20,4	23,4
санітарно-хімічними показниками	31,4	32,7	33,2	32,6	34,4

Встановлено, що питна вода найбільше використовується на господарсько-побутові потреби вранці, в обідні часи та після закінчення робочого часу. При цьому споживається близько 80–85% добового обсягу води з максимальною її витратою 3535,1 м³/год. Найменше вода використовується у нічний час, приблизно 5–6% від загальної подачі.

Показники водовикористання у Херсоні переважають загальнодержавні вдвічі. Погіршується ситуація відсутністю лічильників у 12,4% мешканців урбосистеми, особливо в секторі приватної забудови [22].

Гідрохімічний стан на території Херсона формується внаслідок взаємного впливу абіотичних та антропогенних факторів. Серед антропогенних факторів особливо небезпечними є скид не досить

очищених стічних вод, втрати води у водогінних мережах водопостачання та водовідведення, надмірна міська забудова території, понаднормативний водовідбір, інтенсивна експлуатація артезіанських свердловин [23].

Внаслідок міського будівництва відбувається ущільнення ґрунту, розчинення і винос солей ґрунтовими водами, утворюється суфозія, наслідком чого є локальне просідання ґрунту. Депресивні форми рельєфу у вигляді невеликих замкнутих улоговин концентрують поверхневий дощовий стік, внаслідок чого погіршується загальний гідрогеологічний та гідрохімічний стан міста.

Понаднормативний відбір підземних вод призвів до порушення зони активного водообміну



Рис. 4. Картосхема розташування свердловин водно-каналізаційного господарства міста Херсона

Херсонського родовища та до активної міграції забруднюючих речовин з верхніх горизонтів у нижні продуктивні водоносні горизонти. Найявна тенденція нераціонального використання води в умовах гострого дефіциту призведе до неспроможності якісного водозабезпечення населення міста Херсона в найближчі роки.

Згідно з еколого-гідрогеологічними умовами та рівнями забруднення встановлено, що для західної та центральної частини міста гідрогеохімічний стан за мінералізацією є неприйнятним. Для артезіанських свердловин північної, північно-східної та північно-західної частин міста Херсона встановлено низький рівень забруднення за мінералізацією та за вмістом токсичних речовин I, II, III класів небезпеки. При цьому виявлено просторово-часову диференціацію вмісту хлоридів, сульфатів, нітратів, жорсткості та мінералізації. Встановлено, що протягом останніх 40 років обсяги ресурсів прісних підземних вод з мінералізацією 1 г/дм³ скоротились на 20%.

Певною особливістю водопостачання Херсона є локальні свердловини окремих будинків, які не з'єднані з міською мережею (рисунок 4).

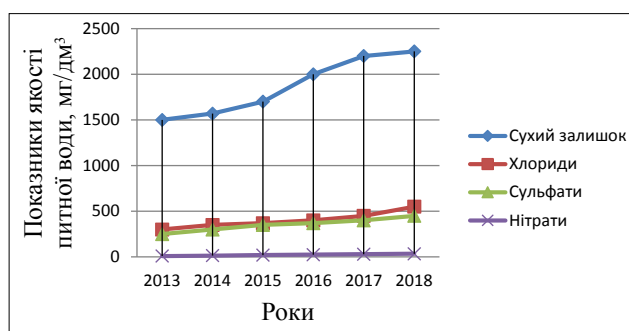


Рис. 5. Динаміка показників якості питної води

У таких свердловинах спостерігається неглибоке залягання питної води (28–40 м) на території різних районів м. Херсона, які характеризуються нижчими показниками якості води, ніж міська мережа централізованого водопостачання, внаслідок фекального та техногенного забруднення. Це є причиною органолептичних відхилень проб води з характерним запахом та присмаком.

При цьому спостерігається чітка тенденція збільшення мінералізації, хлоридів, сульфатів протягом останніх 5 років (рисунок 5).

Таблиця 5

Експлуатаційні запаси підземних вод для міста Херсона

Найменування ділянок	Водоносний горизонт	Категорії запасів, тис. м ³ /добу			
		A	B	C	C ₁
Кіндійська	верхньосарматський	59,6	79,2	21,8	–
I майданчик	верхньосарматський	10,0	–	–	–
II майданчик	верхньосарматський	49,6	–	21,8	–
Свердловини міськводопроводу	верхньосарматський	–	32,8	–	–
Свердловини промпідприємств	верхньосарматський	–	46,4	–	–
Підstepенська	Понт-меотис-верхньосарматський	43,3	38,7	17,6	49,7
Всього		102,9	117,9	39,4	49,7

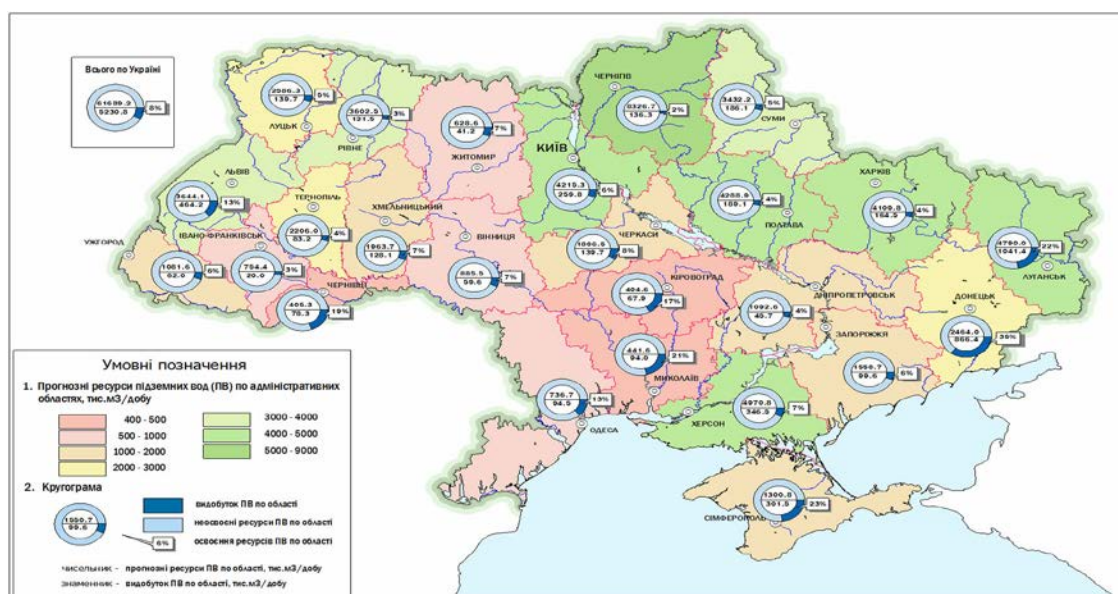


Рис. 6. Прогнозні ресурси підземних вод

Висока щільність міської забудови та систем комунікації у центрі міста Херсона через навантаження на верхній лесовий шар ґрунту сприяють проникненню забруднених нітратами фільтраційних вод до приповерхневих та глибоких водоносних пластів карстових масивів на територіях складування азотомісних добрив та місцях аварійних витоків каналізаційних мереж.

Важливим критерієм оцінки впливу на стан підземних вод є обсяг водовідбору згідно з експлуатаційними та прогнозними запасами, які для верхньосарматського водоносного горизонту Херсонського родовища становлять 198,7 тис. м³/добу та 4000 тис. м³/добу відповідно (таблиця 5, рисунок 6).

Відзначено, що в розрізі адміністративних областей України місто Херсон займає лідируючі позиції щодо наявності прогнозних ресурсів підземних вод. При цьому встановлено, що видобуток підземних вод у кількості 55 тис. м³/добу не перевищує експлуатаційні та прогнозні запаси та не виснажує нижні водоносні горизонти.

Однак було відзначено, що зменшення загального видобутку підземних вод у 2018 році на 0,25% призвело до підвищення динамічних їх рівнів та погіршення якості води.

В умовах антропогенного навантаження на всі складники навколишнього природного середовища, яке найбільше спостерігається у містах, великого значення набуває створення системи постійного моніторингу балансових експлуатаційних та прогнозних запасів підземних вод, зміни їх якості під впливом інтенсивної експлуатації артезіанських свердловин [15].

З огляду на головну особливість підземних вод відновлюватися протягом певного часу за рахунок живлення поверхневими та підземними водами суміжних водоносних горизонтів вод необхідним заходом є обґрунтування меж їх використання згідно з розробленими схемами прогнозних водозаборів.

Особливої охорони потребують поверхневі води як найбільш уразливі до негативного антропогенного впливу із застосуванням організаційно-правових заходів покращення їх екологічного стану. При цьому пріоритетним напрямом має бути модернізація міських очисних споруд із збільшенням їх проектної потужності, будівництво локальної системи очистки стічних вод на підприємствах, здійснення організованого управління міських поверхневих

стоків, посилення контролю підприємств за дотриманням граничнодопустимого скиду стічних вод до поверхневих водних об'єктів.

Головні висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що до поверхневих вод потрапляють 15% стічних вод без очистки. Серед забруднюючих речовин у стічних водах переважають фосфати (42,5%).

Погіршення екологічного стану пониззя Дніпра спричинене зменшенням об'єму водного стоку на 20%, щорічним скидом стічних шахтних, промислових, господарсько-побутових вод міст верхньої течії у кількості 360 млн м³, які разом зі зливовими поверхневими та частково-очищеними каналізаційними стоками міста Херсона несуть значні обсяги змитих і розчинених забруднюючих речовин.

Інтенсивна експлуатація ресурсів підземних вод, понаднормативний їх водовідбір на урбанізованих територіях призвели до виснаження підземних вод з утворенням великих депресійних воронки та погіршенням якості води внаслідок порушення зони активного водообміну, посиленої міграції забруднюючих речовин з верхніх горизонтів у нижні з високою якістю води.

Найгірший екологічний стан питної води з систем централізованого водопостачання за санітарно-хімічними показниками у 2018 році спостерігається у містах Миколаївської, Полтавської, Рівненської, Житомирської, Запорізької областях, а за мікробіологічними показниками – у Рівненській, Закарпатській, Тернопільській, Вінницькій, Хмельницькій, Миколаївській, Одеській, Івано-Франківській областях.

У м. Херсоні виявлено просторово-часову диференціацію вмісту хлоридів, сульфатів, нітратів, жорсткості та мінералізації внаслідок тривалого антропогенного впливу на підземні джерела. Визначений рівень забруднення та стан еколого-гідрогеологічних умов водозаборів. Згідно з оцінками впливу водовідбору на еколого-гідрологічні умови підземних вод встановлено, що загальний їх видобуток вище та нижче норми негативно впливає на якісний стан артезіанських вод у зоні дії урбосистем.

Виявлення систематичного сумарного урбанізаційного впливу сприятиме розробці ефективних заходів зменшення антропогенного навантаження на водне середовище в межах урбосистем на основі вдосконалення системи моніторингових досліджень якості водних ресурсів.

Література

1. Halder J.N., Islam M.N. Water pollution and its impact on the human health. *Journal of environment and human*. 2015. Vol. 2(1). Pp. 36–46.
2. Rietveld L.C., Siri J.G., Chakravarty I. Improving health in cities through systems approaches for urban water management. *Environ. Health*. 2016. 15(Suppl 1). Vol. 31. Pp. 152–171. DOI: 10.1186/s12940-016-0107-2.
3. Scott J., McGrane. Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. *Hydrological Sciences Journal*. 2016. Vol. 61:13. Pp. 2295–2311. DOI: 10.1080/02626667.2015.112808.
4. Mikovits C., Rauch W., Kleidorfer M. Dynamics in urban development, population growth and their influences on urban water infrastructure. *Procedia Engineering*. 2014. Vol. 70. Pp. 1147–1156.

5. Eshtawi T., Evers, M. Tischbein, B. Quantifying the impact of urban area expansion on groundwater recharge and surface runoff. *Hydrological Sciences Journal*. 2016. Vol. 61. Pp. 826–843. DOI:10.1080/02626667.2014.1000916.
6. Лютий Г.Г., Люта Н.Г., Саніна І.В. Шляхи розвитку моніторингу експлуатаційних запасів питних підземних вод. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. 2017. Вип. 1–2. С. 209–217.
7. Лютий Г.Г., Саніна І.В. Фактори погіршення якості підземних вод у процесі експлуатації водозаборів в Україні. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. 2011. № 1. С. 91–103.
8. Kometa S.S., Akoh N.R. The hydro-geomorphological implications of urbanisation in Bamenda, Cameroon. *Journal of Sustainable Development*. 2012. Vol. 5 (6) Pp. 64–73. DOI:10.5539/jsd.v5n6p64.
9. Pawari M.J., Gawande S. Ground water pollution and its consequence. *International journal of engineering research and general science*. 2015. Vol. 3(4), Pp. 773–776.
10. Md. Khalid Hasan, Abrar Shahriar, Kudrat Ullah Jim. Water pollution in Bangladesh and its impact on public health. *Heliyon*. 2019. Vol. 5(8). Pp. 1–23. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02145.
11. Glińska-Lewczuk K., Golaś I., Koc J.. The impact of urban areas on the water quality gradient along a lowland river. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016. Vol. 188(11): Pp. 624, 1–15. DOI: 10.1007/s10661-016-5638-z.
12. Zereg S., Boudoukha A., Benaabidate L. Impacts of natural conditions and anthropogenic activities on groundwater quality in Tebessa plain, Algeria. *Sustainable Environment Research*. 2018. Volume 28. Issue 6. Pp. 340–349.
13. Yang Q., Wang L., Martin J.D. Hydrochemical characterization and pollution sources identification of groundwater in salawusu aquifer system of Ordos basin, China. *Environmental. Pollution*. 2016. Vol. 216. Pp. 340–349. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.05.076.
14. Selvakumar S., Ramkumar K., Chandrasekar N. Groundwater quality and its suitability for drinking and irrigational use in the Southern Tiruchirappalli district, Tamil Nadu, India. *Appl Water Sci*. 2017. Vol. 7 Pp. 411–420.
15. Xueru Guo et al. Seasonal and Spatial Variability of Anthropogenic and Natural Factors Influencing Groundwater Quality Based on Source Apportionment. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018. Vol. 15(2). Pp. 1–19. DOI: 10.3390/ijerph15020279.
16. Khatri N., Tyagi S. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science*. 2015. Vol. 8. Pp. 23–29. DOI: org/10.1080/21553769.2014.933716.
17. Прибилова В.М. Підземні водні ресурси Харківської області та стратегія їх використання для водопостачання населення. *Вісник Харківського національного університету*. 2015. Т. 1157. С. 37–44.
18. Щербак О. Методичні аспекти антропогенного впливу на підземну гідросферу на прикладі Херсонської області. *Геологія*. 2013. Т. 1 (60). С. 59–63.
19. Пічура В.І., Потравка Л.О., Скок С.В. Екологічний стан акваторії ріки Дніпро у зоні впливу урбосистем (на прикладі міста Херсона). *Водні біоресурси та аквакультура*. 2019. № 2. С. 19–34.
20. Стрілецька О., Петровська М. Оцінка якості питної води міста Львова. *Proceedings*. 2016. № 1. С. 212–222.
21. Pichura V., Potravka L., Skok S., Vdovenko N. Causal regularities of effect of urban systems on condition of hydro ecosystem of Dnieper river. *Indian Journal of Ecology*. 2020. No. 47(2).
22. Скок С.В. Аналіз господарсько-питного водоспоживання у міському середовищі (на прикладі міста Херсона). *Екологічні науки*. 2018. № 20. С. 75–78.
23. Пічура В.І., Скок С.В. Вплив урбосистем на гідрогеологічні та гідрохімічні умови водоносних горизонтів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 6 (82). URL: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.06.001>.

ДО АНАЛІЗУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ЖОРСТКОГО ТИПУ

Кияшко В.Т.¹, Косарчук В.В.², Агарков О.В.², Ковальчук В.В.², Чаусов М. Г.³

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ;

²Державний університет інфраструктури та технологій
вул. Кирилівська, 9, 04071, м. Київ

³Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв оборони, 15, 03041, м. Київ

deahoronapraci@gmail.com, kosarchuk_vv@gsuite.duit.edu.ua,
agarcov@gmail.com, kovalchuk_vv@gsuite.duit.edu.ua, m.g.chausov@gmail.com

Мета роботи – чисельний аналіз напружено-деформованого стану (НДС) дорожнього одягу жорсткого типу. Актуальність дослідження зумовлена тим, що останнім часом у практиці проектування автомобільних доріг починають використовувати чисельні методи механіки деформівного твердого тіла, зокрема, метод скінченних елементів. У чинних нормативних документах для аналізу НДС дорожнього одягу використовують доволі спрощені розрахункові схеми, оскільки для складних за формою, способом навантаження, неоднорідних за природою і механічною поведінкою елементів конструкції, які, до того ж, контактують між собою, такі задачі надзвичайно складні й не мають аналітичного розв'язку. Тому в нормативних документах використовують різні схеми для визначення окремих розрахункових характеристик, а результати розрахунків залежать від великої кількості емпіричних поправочних коефіцієнтів. Використання методу скінченних елементів (МСЕ) дає змогу розглядати одночасний вплив усіх складників напружено-деформованого стану за єдиною розрахунковою схемою з урахуванням реальних геометричних форм об'єктів, що розглядаються. Проте використання складних (із точки зору математичного моделювання) схем призводить до значного збільшення обчислювальних витрат на розв'язання задачі або навіть робить неможливим її розв'язання за допомогою програмного забезпечення, що застосовується. Тому при розрахунку складних конструкцій доцільно поступово ускладнювати розрахункову модель із відповідним аналізом результатів. Такий підхід дає змогу відповісти на дуже важливе питання – які параметри розрахункової схеми суттєво впливають на результати обчислень, а якими можна знехтувати. Одержані результати дають змогу стверджувати, що при правильному виборі розрахункової схеми метод скінченних елементів дає досить точні оцінки напружень і деформацій у такій складній конструкції, як багат шаровий дорожній одяг. *Ключові слова:* напружено-деформований стан, дорожній одяг жорсткого типу, метод скінченних елементів.

To the stress-strain state of road pavement of hard type. Kiyashko V., Kosarchuk V., Agarcov O., Kovalchuk V., Chausov M.

The purpose of this paper is a numerical analysis of the stress-strain state of the road pavement of hard type. The relevance of the study is since that recently in the practice of designing roads begin to use numerical methods of mechanics of deformable solids, in particular, the finite element method. In the current regulations for the analysis of the stress-strain state of the pavement, use fairly simplified design models. This is because for structural elements that are complex in shape, method of loading and are also heterogeneous in nature and mechanical behavior, such problems are extremely complex and have no analytical solution. Therefore, regulations use different schemes to determine separate calculation characteristics, and the results of calculations depend on a large number of empirical correction factors. The finite element method (FEM) makes it possible to consider the simultaneous influence of all components of the stress-strain state in a single design model, taking into account the real geometric shapes of the studied objects. However, the usage of complex (in terms of mathematical modeling) schemes leads to a significant increase in the computational costs of solving the problem or even makes it impossible to solve it using the software used. When calculating complex structures, it is advisable to gradually complicate the calculation model, taking into account the relevant analysis of the results. This approach makes it possible to determine which parameters of the design model significantly affect the results of calculations, and which can be neglected. The obtained results show that with the correct choice of the design model, the finite element method gives sufficiently accurate estimates of stresses and strains in such a complex structure as multilayer road pavement. *Key words:* stress-strain state, road pavement, finite element method.

Постановка проблеми. Як і будь-яка інженерна споруда, конструкція дорожнього одягу має бути міцною, надійною, довговічною та відповідати певним експлуатаційним вимогам. Саме тому розробці нових і розвитку наявних методів розрахунку дорожніх конструкцій приділяють значну увагу дослідники.

Послідовність етапів проектування дорожнього одягу можна відобразити у вигляді структурної схеми (рис. 1). На першому етапі визначають можливу навантаженість дороги (враховують особливості промислового і сільськогосподарського виробництва в певних регіонах країни та обсяги товарообміну між ними, а також переважні типи

транспортних засобів). До того ж враховують кліматичні умови, переважний рельєф місцевості, наявність місцевих будівельних матеріалів тощо. Ці дані використовують для вибору категорії дороги і типу покриття (жорсткого цементобетонного або нежорсткого асфальтобетонного чи іншого).

Далі визначаються з кількістю шарів дорожнього одягу і матеріалами для їх облаштування, а також з особливостями конструкції покриття. Так формується початковий варіант розрахункової моделі (схеми) конструкції дороги.

На наступному етапі визначають механічні і теплофізичні властивості матеріалів, які будуть використані при будівництві. Цей етап є одним із найскладніших, оскільки для визначення наведених характеристик необхідним є проведення різноманітних експериментальних досліджень. Для деяких матеріалів, які вже використовували для будівництва інших доріг, такі дані можна знайти в нормативних документах або інших джерелах. Але щодо багатьох місцевих будівельних матеріалів (зокрема відходів гірничодобувної або металургійної промисловості) інформація про їхні фізико-механічні властивості практично відсутня.

Одним із найважливіших етапів проєктування є розрахунок напружено-деформованого стану (далі – НДС) конструкції. На цьому етапі розробляють розрахункові схеми, обирають методи розрахунку та програмне забезпечення для їх реалізації. Після перевірки міцності і жорсткості конструкції за встановленими критеріями розрахунковим шляхом оцінюють довговічність конструкції дороги. У разі задовільного результату цей варіант конструкції приймають за остаточний. В іншому випадку розглядають інший варіант конструкції (наприклад, змінюють товщину шарів покриття та їхню кількість, вибирають інші матеріали тощо).

Актуальність дослідження. У нормативних документах [1–3] для аналізу НДС елементів дорожнього одягу використовують доволі спрощені розрахункові схеми. Це пов'язано з тим, що для конструкцій, елементи яких мають різну мікро- і макроструктуру, різну механічну поведінку та ще й контактують між собою, вказана задача є надзвичайно складною і нині не має теоретичного вирішення. Тому нормативні розрахунки містять велику кількість емпіричних коефіцієнтів, які суттєво впливають на остаточний результат, наприклад, на величину нормального напруження на підшві бетонної плити (за нею оцінюють міцність верхнього покриття). Для розрахунку НДС елементів конструкції дорожнього одягу можна використовувати чисельні методи механіки деформівного твердого тіла, наприклад МСЕ [4]. Зазначимо, що єдиної методики розрахунку напружено-деформованого стану елементів конструкції дорожнього одягу за допомогою МСЕ, яка була б регламентована в Україні або в інших країнах, поки що не існує. Тому для розрахунку складних (із точки зору

математичного моделювання) конструкцій доцільним є поступове ускладнення розрахункової моделі з відповідним аналізом результатів. Такий підхід дає змогу відповісти на важливе питання: які фактори чи параметри розрахункової схеми суттєво впливають на результати обчислень, а якими можна знехтувати?

Дослідження проведено в межах виконання етапу «Аналітичні та теоретичні дослідження основ проєктування дорожнього одягу жорсткого типу з використанням відходів гірничодобувної промисловості» НДР «Розроблення екологічно прийнятних технологій поводження з відходами гірничорудної та металургійної промисловості», номер Державної реєстрації 0120U101148.

Виклад основного матеріалу. Для того, щоб чисельний розрахунок відповідав нормативному за основними параметрами, прийmemo наведені нижче

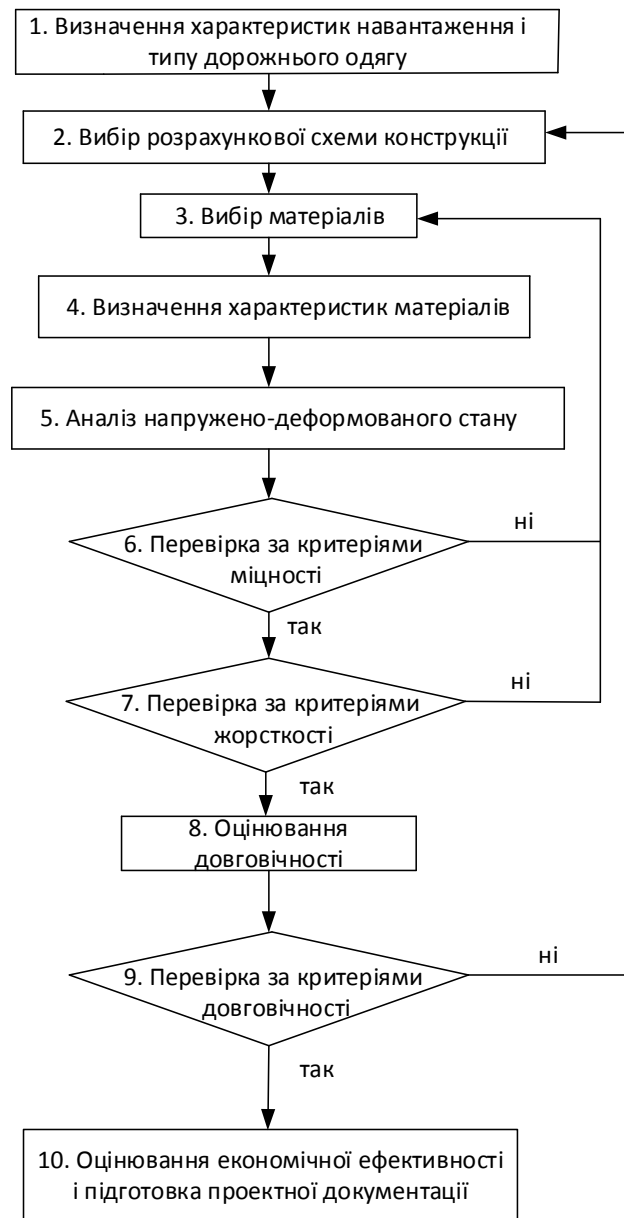


Рис. 1. Послідовність проєктування дорожнього одягу

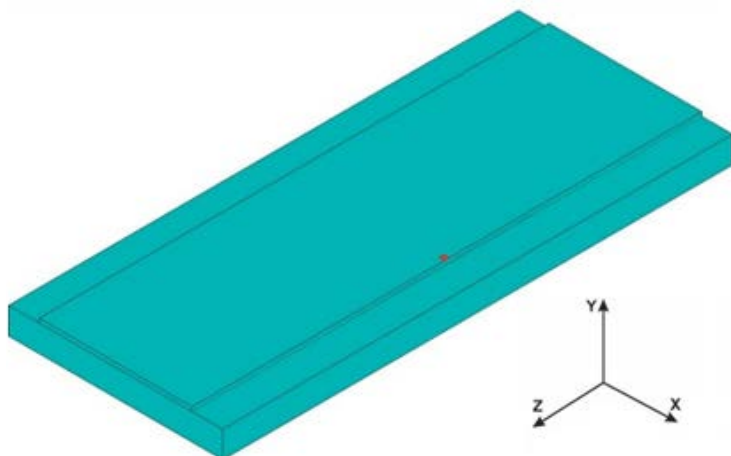


Рис. 2. Загальний вигляд моделі дорожнього одягу

характеристики розрахункової схеми МСЕ, яка складається з трьох основних моделей: геометричної, фізичної та моделі крайових умов.

Геометрична модель: покриття дороги складається із двох шарів – монолітної бетонної плити товщиною 20 см і шару основи товщиною 130 см. Загальна довжина бетонної плити становить 25 м, ширина 7,5 м. Шар основи з усередненими механічними характеристиками має довжину 25 м, ширину 10,5 м. Між цими двома шарами змодельовано контакт площею 187,5 м². Шар основи розташований на абсолютно жорстких опорах. Коефіцієнт тертя між бетоном і основою дорівнює 0,8. Після розбивки на скінченні елементи розрахункова геометрична модель складатиметься з 1 397 500 елементів та 1 509 012 вузлів. На рис. 2 показаний загальний вигляд геометричної моделі.

Модель крайових умов: нормативне статичне навантаження на одну вісь транспортного засобу для

дороги категорії Ia групи розрахункового навантаження А1 становить 130 кН (або 65 кН на одне колесо) [2]. Це навантаження вважали рівномірно розподіленим по прямокутній площадці розмірами 268 мм×272 мм, яка моделювала відбиток колеса. При визначенні напружень при згині монолітного цементобетонного покриття розрахункове місце прикладення навантаження до дорожнього покриття – поздовжній зовнішній край у центрі по довжині плити [1]. На рис. 2 місце прикладення навантаження показане червоною плямою.

Фізична модель: задача розв’язується у пружній постановці, тому в якості характеристик механічних властивостей використовували модулі пружності I-го роду E і коефіцієнти Пуассона μ . Відповідно до рекомендацій нормативних документів для плити верхнього шару вибрали марку бетону із класом міцності на розтяг при згині $B_{btb}4.4$, для якого $E = 3,53 \cdot 10^4$ МПа, $\mu = 0,02$. Для плити основи приймали мінімальний потрібний (розрахунковий) модуль пружності 250 МПа і коефіцієнт Пуассона 0,25. Зазначимо, що для виконання розрахунків використовували розрахункові значення механічних характеристик будівельних матеріалів, тобто такі, за яких цей матеріал буде задовольняти певним умовам міцності всієї конструкції дорожнього одягу.

Для однієї й тієї самої геометричної моделі проводили два варіанти розрахунків – без урахування власної ваги бетонної плити та з її урахуванням. В останньому випадку значення густини бетону приймали рівним 2000 кг/м³.

Розглянемо деякі результати розрахунків за першим варіантом.

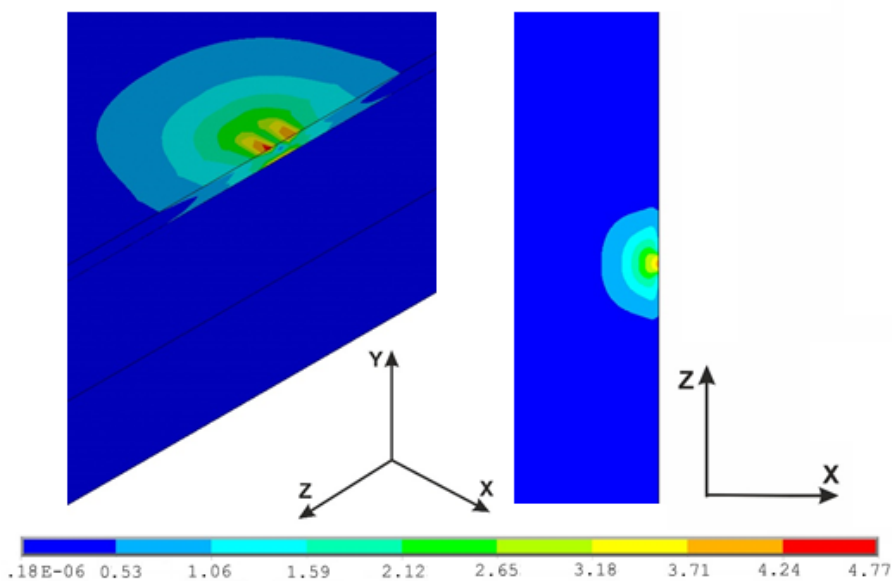


Рис. 3. Розподіл еквівалентних напружень (справа – вигляд знизу)

Оскільки матеріал плити перебуває у складному напруженому стані, для розрахунків на міцність використовуються відповідні теорії міцності. На рис. 3 показані поля еквівалентних напружень за четвертою теорією міцності:

$$\sigma_{eqv} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \leq [\sigma_p].$$

Тут і далі по тексту «вигляд знизу» означає розподіл розрахованих напружень і переміщень на нижній поверхні цементобетонної плити в зоні контактної взаємодії.

Рівень еквівалентних напружень дещо перевищує граничне значення величини міцності цієї

марки бетону на розтяг при згині, що може свідчити про появу невеликих пластичних деформацій. Але в інженерних методиках розрахунку (нормативних) використовують не четверту теорію міцності, а першу – теорію максимальних нормальних напружень. У цьому випадку найбільшими за величиною (в математичному сенсі) є нормальні напруження σ_z , розподіл яких показаний на рис. 4.

Максимальні розтягуючі напруження діють на нижній стороні бетонної плити під площадкою, до якої було прикладено навантаження. Зона дії цих напружень є порівняно невеликою (близько 4–5 м). Проте варто зважити на те, що у цьому розрахунку

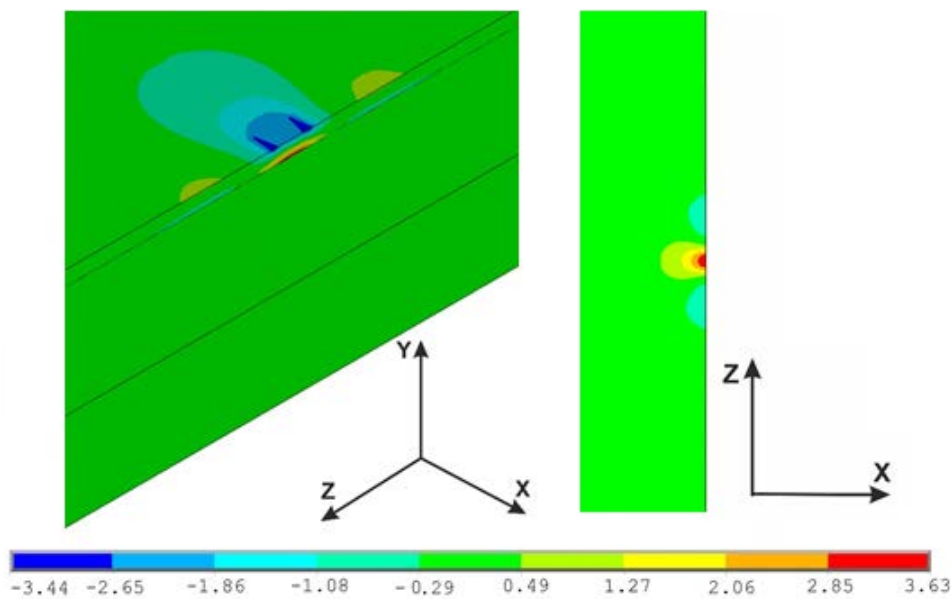


Рис. 4. Розподіл нормальних напружень σ_z (справа – вигляд знизу)

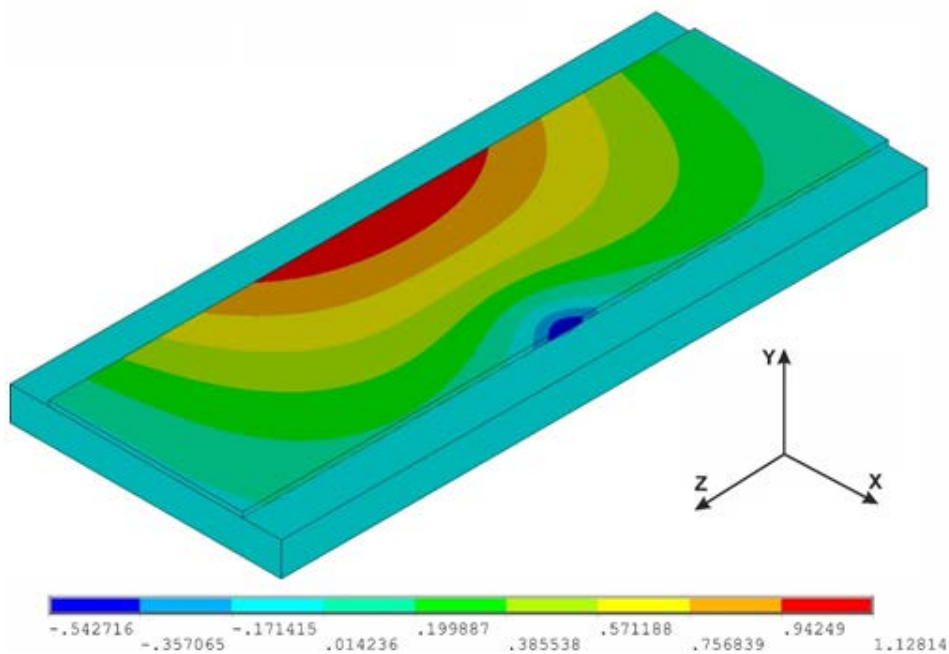


Рис. 5. Еюра вертикальних переміщень Δ_y

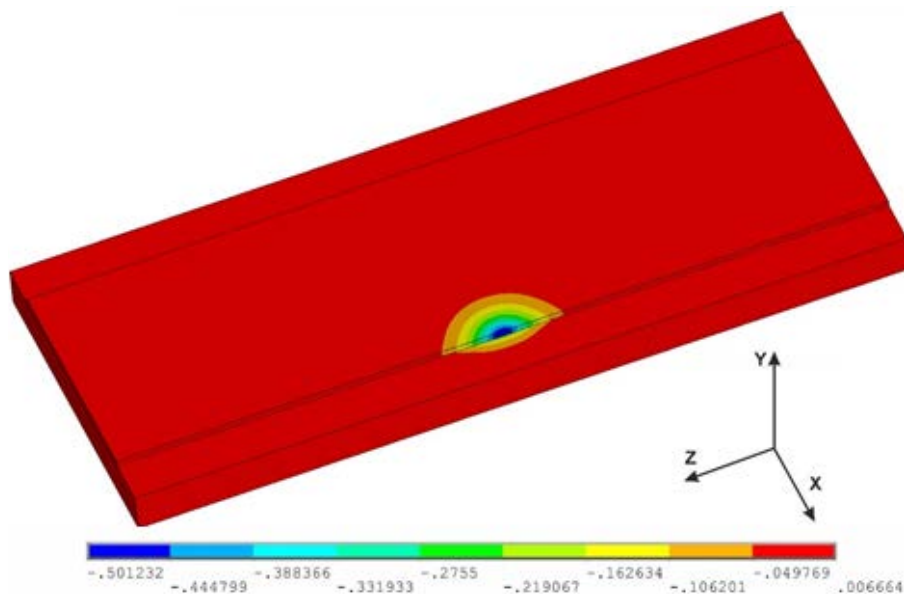


Рис. 6. Етюра вертикальних переміщень Δ_y з урахуванням власної ваги цементобетонного покриття

з метою забезпечення нормативним вимогам навантаження прикладали лише на одній площадці. Тому з урахуванням реальних габаритів транспортних засобів характер розподілу характеристик напружено-деформованого стану буде іншим.

Як видно з наведених епюр, міцність бетону у цьому випадку забезпечується, проте коефіцієнт запасу міцності невеликий і дорівнює 1,2.

Нормальні розтягуючі напруження σ_x , що діють у поперечному напрямі конструкції, є втричі меншими за величиною. Вони також змінюють свій знак, проте розміри ділянки, де вони діють, порівняно невеликі. Нормальні напруження σ_y , що діють у вертикальному напрямі (по товщині плити), в зоні дії навантаження є стискаючими. Максимальний рівень дотичних напружень не перевищує 1,5 МПа. Отже, на нижній стороні бетонної плити виникає складний напружений стан із двома компонентами розтягуючих нормальних напружень. Якщо врахувати циклічність прикладання навантаження, то така ситуація є доволі небезпечною з точки зору забезпечення довготривалої міцності верхнього покриття, адже умови двовісного розтягу стимулюють накопичення пошкоджень у матеріалі при циклічному навантаженні.

Під час проектування дорожнього одягу також визначають вертикальні прогини кожного шару конструкції. На відміну від розрахункових напружень, їх досить легко порівняти з даними натурних експериментів із вимірювання прогинів на діючих або експериментальних відрізках доріг.

Максимальний прогин бетонної плити спостерігається в зоні прикладання навантаження і не перевищує 0,6 мм (рис. 5). Цей результат добре узгоджується з опублікованими даними інших дослідників

[5]. Проте дещо несподіваним результатом є поява доволі великих (близько 1 мм) переміщень на протилежному боці плити. Знак цих переміщень вказує на те, що протилежний бік плити верхнього покриття відривається від основи і піднімається вгору. Вочевидь, такий ефект пов'язаний із нехтуванням власної ваги конструкції.

Урахування власної ваги верхнього покриття дає цілком реалістичну картину вертикальних переміщень: у зоні прикладання навантаження переміщення приблизно дорівнюють 0,5 мм, а протилежний край бетонної плити не відривається від основи (рис. 6).

Урахування власної ваги бетонної плити майже не вплинуло на рівень еквівалентних (за Мізесом) напружень, вони дещо перевищують допустимі. Навіть незначне збільшення модуля пружності основи дасть позитивний результат щодо зменшення їх рівня. Щодо складників тензору напружень спостерігається незначний перерозподіл їхніх величин.

Висновки і перспективи використання результатів дослідження. Розроблена тривимірна скінченно-елементна модель дорожнього одягу жорсткого типу загалом відповідає даним нормативних розрахунків у частині визначення розрахункових напружень і переміщень. Ця модель може бути використана для проведення низки чисельних експериментів, метою яких є:

- оцінювання впливу положення на проїзній частині дороги великогабаритних транспортних засобів на характеристики напружено-деформованого стану (НДС) елементів конструкції дороги;

- оцінювання впливу величини коефіцієнта тертя між бетонною плитою і основою на величини характеристик НДС;

– оцінювання впливу величин характеристик пружності основи на рівні максимальних напружень і вертикальних переміщень верхнього покриття;

– оцінювання впливу розмірів і положення можливих пустот і нерівностей на площинах контакту шарів на величини характеристик НДС.

Наступним етапом розвитку запропонованої розрахункової схеми дорожнього одягу є врахування

нелінійної механічної поведінки складових матеріалів конструкції дороги. Це дасть змогу прогнозувати довговічність покриття з урахуванням циклічності прикладання транспортного навантаження. Ці уточнення будуть внесені в розроблену модель залежно від того, які обчислювальні витрати будуть потрібні для їх урахування з огляду на можливості наявної комп'ютерної техніки.

Література

1. ГБН В.2.3-37641918-557:2016. Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування. Київ, 2016. 71 с.
2. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Київ, 2015. 104 с.
3. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. Київ: Міністерство інфраструктури України, 2019.
4. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The Finite Element Method. Vol. 1–3. Oxford, Auckland, Boston, Johannesburg, Melbourne, New Delhi, 2000. 1482 p.
5. Демьянушко И.В., Носов В.П., Стаин В.М., Стаин А.В. Конечнорезультантные модели для расчета плиты жесткого дорожного покрытия. *Транспортное строительство*. 2012. № 4. С. 5–8.

ОЦІНКА ЙМОВІРНИХ ВПЛИВІВ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА ЗДІЙСНЕННЯ ПЛАНУ ДІЙ З РЕАЛІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У КРИВОРІЗЬКОМУ ПРОМИСЛОВОМУ РЕГІОНІ

Бондар О.І., Риженко Н.О., Салій І.В.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
dei2005@ukr.net

Одним із найбільш вагомим чинників забруднення навколишнього середовища у Кривому Розі є значна кількість промислових об'єктів, унаслідок діяльності яких утворюється багато відходів. Подальше накопичення металургійних шлаків як відходів завдає серйозної шкоди довкіллю і здоров'ю людини. Вони займають величезні площі, забруднюють токсичними речовинами компоненти екосистеми, підвищують собівартість готової продукції підприємств через значні витрати на їх транспортування, розміщення і зберігання. Використання металургійних шлаків як заміника природних дорожньо-будівельних матеріалів може вирішити одне з найактуальніших екологічних прикладних завдань та забезпечити зниження обсягів відходів – шлакових відвалів, сприяти збереженню природних ресурсів, скоротити забруднення атмосферного повітря й утворення кислотних опадів, уникнути зміни гідрохімічного режиму водних об'єктів регіону та ґрунтових вод, мінімізувати вплив на гідробіотів, вивільнити площі від відходів, зменшити вплив на структурні елементи ландшафту і мінімізувати формування нових штучних позитивних форм рельєфу під час роботи металургійних підприємств. Прогнозується ймовірне зниження інтенсивності накопичення та міграції у ґрунтовому профілі токсичних сполук зі шлаків, а також зменшення втрат родючості ґрунту, що спрямовано на збереження біопродуктивності флори та фауни і зменшення інтенсивності втрат біорізноманіття, підтримання територіальної та компонентної екологічної рівноваги. Позитивний вплив на здоров'я людини варто очікувати через зниження емісій поллютантів у повітря, води і продукти харчування, оскільки забруднення елементів екосистеми призводить до надходження токсикантів у трофічні ланцюги, останньою ланкою яких є людина. *Ключові слова:* промислові відходи, металургійні шлаки, вплив на довкілля, забруднення.

Assessment of environmental impacts of the action plan implementation of the industrial waste using in Kryvyi Rih region.

Bondar O., Ryzhenko N., Saliy I.

One of the most important factors of environmental pollution in Kryvyi Rih is the large number of industrial facilities generated a great amount of waste. Further accumulation of metallurgical slag as waste will lead to occupy larger areas and will cause serious damage to the environment and human health. Slags could impact all components of ecosystems with toxic substances and requires high cost transportation and storage. The technologies implementation of the use of metallurgical slag will lead to reduce the volume of slag dumps, as well as contribute to the preservation of natural resources used for the production of traditional building materials. As a result, the load on the environment components from emissions of toxicants and other hazardous effects will be considerably reduced. This will lead to significant positive changes for both public health and biota. The positive effect of the using of metallurgical simlag as an alternative road construction material will be associated with decreasing air pollution, as well as reducing of risk for aquatic ecosystems, and minimization changes in the hydrochemical regime of water in the region. One of the most positive effects of the using of slag is the releasing of land from waste as well as reducing the impact on the landscape elements and minimizing the formation of new artificial positive landforms in the operation of metallurgical enterprises. A probable decrease in the intensity of accumulation of toxic slag compounds in soils is predicted. One of the key effects is to support the bioproductivity and reduce the intensity of biodiversity loss due, in particular, to the contamination of the soil-plant system. A positive impact on human health should be expected through the reduction of air, water and food pollution. *Key words:* industrial waste, metallurgical slag, environmental impact, pollution.

Постановка проблеми. Вагомим чинником забруднення навколишнього середовища і негативного впливу на всі компоненти довкілля є наявність численних промислових об'єктів у Кривому Розі, які утворюють великі обсяги відходів. Це відходи видобутку і збагачення залізної руди: розкриті та пусті породи, хвости збагачення, відходи металургійного виробництва – шлаки доменні, сталеплавильні, шлами, окалина тощо [1–4]. За даними головного управління статистики у Дніпропетровській області,

станом на 1 січня 2016 р. промисловими підприємствами Кривого Рогу накопичено приблизно 9,8 млрд тонн промислових відходів, або 95% усіх відходів Дніпропетровської області, які заскладовані на величезних площах у відвалах та хвостосховищах [5; 6]. Найбільшу питому вагу (96,8%) становлять відходи гірничо-металургійної промисловості. На підприємствах України загалом накопичено 240 млн тонн шлаків, 128 із яких сталеплавильні [7–9]. Подальше накопичення металургійних шлаків як відходів зав-

даватиме серйозної шкоди довкіллю і здоров'ю людини через забруднення токсичними речовинами компонентів екосистеми, підвищення собівартості готової продукції підприємств за значних витрат на їх транспортування, розміщення і зберігання. Перспективним напрямом поводження із промисловими відходами на гірничорудних підприємствах міста має бути перехід від їх видалення у спеціально відведених місцях чи об'єктах (відвали, хвоста шламосховища) до комплексного промислового перероблення, повторного використання й утилізації, зокрема як будівельних матеріалів. Саме технології переробки й утилізації промислових відходів дозволять значно зменшити обсяги відходів, що розміщуються в навколишньому природному середовищі.

Основну частину відходів металургійних підприємств становлять шлаки, які є багатоконпонентними системами і складаються із продуктів високотемпературної взаємодії руди, порожньої породи, флюсів, палива та штучних мінералів, містять оксиди (SiO_2 , CaO , FeO , MgO , Al_2O_3 , рідше ZnO) змінного складу. Вони є нестійкими в довкіллі, а в разі відкритого способу складування відвалів шлак стає джерелом забруднення атмосфери через емісію забруднюючих речовин у повітря, об'єкти гідросфери і ґрунт, впливає на стан флори, фауни і здоров'я людей [2; 3]. У зв'язку

із цим дослідження ймовірних наслідків використання шлаків як відходів для компонентів довкілля є важливим екологічним прикладним завданням.

Мета дослідження – оцінити ймовірні впливи на довкілля за здійснення плану дій із реалізації використання металургійних шлаків у Криворізькому регіоні.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано в рамках НДР «Розроблення екологічно прийнятних технологій поводження з відходами гірничорудної та металургійної промисловості» за номером державної реєстрації 0120U101148.

Матеріали і методи. Шлак є металургійним розплавом (після твердіння – каменевидна або склоподібна речовина), що покриває поверхню рідкого металу під час металургійних процесів – плавка сировини, обробка розплавлених проміжних продуктів і рафінування металів. Як сплав оксидів змінного складу шлак головним компонентом має кислотний оксид SiO_2 і основні оксиди CaO , FeO , MgO , а також амфотерні Al_2O_3 (табл. 1).

Значно впливають на довкілля побічні, кумулятивні, синергетичні, коротко-, середньо- та довгострокові, постійні та тимчасові, позитивні та негативні наслідки [10–12]. До критеріїв визначення

Таблиця 1

Хімічний склад шлаків ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Компоненти	Шлак відвальний доменний						Шлак сталеплавильний перероблений					
	Фракція >70 мм	Фракція 40-70 мм	Фракція 20-40 мм	Фракція 10-20 мм	Фракція 5-10 мм	Фракція 0-5 мм	Фракція >70 мм	Фракція 40-70 мм	Фракція 20-40 мм	Фракція 10-20 мм	Фракція 5-10 мм	Фракція 0-5 мм
SiO_2	0,396	0,3916	0,3938	0,3941	0,3939	0,3937	0,166	0,2538	0,2529	0,2532	0,2449	0,2976
Al_2O_3	0,0687	0,0692	0,0679	0,0686	0,0686	0,0643	0,0227	0,0273	0,0407	0,0402	0,036	0,0452
CaO	0,4756	0,4651	0,4649	0,4619	0,4665	0,4725	0,3633	0,4453	0,4635	0,4352	0,4295	0,3553
MnO	0,0031	0,0042	0,004	0,0038	0,0042	0,0037	0,0461	0,0641	0,0481	0,0592	0,0528	0,0411
MgO	0,0498	0,0625	0,0597	0,0617	0,0588	0,053	0,0389	0,0486	0,0518	0,0583	0,0594	0,0803
S	0,0082	0,0094	0,0098	0,0099	0,0092	0,01	0,0061	0,0053	0,0056	0,0055	0,0057	0,006
TiO_2	0,0022	0,0025	0,0024	0,0025	0,0026	0,24	0,0033	0,0038	0,006	0,0042	0,0043	0,0049
Fe	0,0086	0,0054	0,0083	0,0086	0,0056	0,0103	0,385	0,1914	0,1655	0,1695	0,1923	0,1703

ймовірної суттєвості впливу, наведених у Додатку II Директиви про Стратегічну екологічну оцінку, віднесено: характеристику впливу та району, на який, імовірно, буде здійснено вплив, зважаючи, зокрема, на: імовірність, тривалість, частоту та зворотність впливу; кумулятивний характер впливу; транскордонний характер впливу; ризики для здоров'я людей та довкілля (наприклад, унаслідок аварійних ситуацій); силу та просторове охоплення впливу (географічна зона та чисельність населення, які можуть зазнати впливу); цінність і вразливість району, який може зазнати впливу, щодо особливих природних характеристик або культурної спадщини; перевищення стандартів якості довкілля або граничних показників впливу; інтенсивність землекористування; вплив на райони та місцевості, які мають визнаний охоронний статус на національному, міжнародному рівнях.

Оцінка ймовірних значних впливів на довкілля, зокрема здоров'я населення, у процесі здійснення плану дій із реалізації використання відходів у Криворізькому промисловому регіоні.

Клімат і якість повітря. Вплив на клімат визначатиметься зменшенням теплого ефекту від утворення відвалів, що супроводжуватиметься виникненням парникового ефекту. Безперечний позитивний вплив використання металургійних шлаків як альтернативних дорожньо-будівельних матеріалів буде пов'язаний зі зменшенням забруднення атмосферного повітря в місцях відвалів. У разі використання шлаків як відходів зменшиться забруднення атмосферного повітря внаслідок відсутності емісії поллютантів в атмосферне повітря у процесі висипання металургійних шлаків із кузова автомобіля та в період знаходження їх у відвалах. За умови використання металургійних шлаків як альтернативних дорожньо-будівельних матеріалів не буде викидів в атмосферне повітря оксидів сульфуру з відвалів, які в разі сполучення з водяною парою в атмосфері утворюють аерозолі сульфатної, сульфідної кислот, що призводить до випадання кислотних опадів. Зменшення в атмосфері значних концентрацій забрудників сприятиме поліпшенню прозорості атмосфери та, за певних умов, зменшить утворення смогу. Таблиця 2 містить параметри ймовірних впливів на атмосферне повітря та клімат використання металургійних шлаків як заміника природних будівельних матеріалів у дорожньому будівництві.

Поверхневі та підземні води. Використання металургійних шлаків як заміника природних будівельних матеріалів у дорожньому будівництві матиме значний позитивний вплив на поверхневі та підземні води на локальному та регіональному рівнях. Значний позитивний вплив на якість поверхневих вод унаслідок уникнення зміни фізико-хімічних властивостей поверхневих вод (вилуговування до рН 10,4–11,0 або підкислення до рН 4,4) відбувається через вимивання хімічних речовин із шлаків

у відвалах Криворіжжя. Прогнозується ймовірне зменшення небезпеки зростання хімічних сполук зі шлаків (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al, Cl, SO_4 , NOx, PO_4 , NH_4) під час змиву їх із поверхні відвалу, що є шкідливим для гідробіотів водних екосистем, уникнення зміни гідрохімічного режиму водних об'єктів Криворізького регіону внаслідок вимивання цих хімічних сполук із відвалів. Може зменшитися негативний вплив щодо обсягів надходження поверхневого стоку до водотоків і дренажних систем унаслідок порушення ґрунтового покриву. Головним позитивним ефектом використання шлаків-відходів є підтримання територіальної та компонентної екологічної рівноваги стану річок та ставків Криворіжжя, адже зменшення накопичення та впливу токсичних речовин у шлаках як відходах буде спричиняти зменшення енергетичного дисбалансу гідроекосистем. Водночас знижуватиметься вплив на ресурс підземних вод унаслідок зменшення порушення ґрунтового покриву й уникнення погіршення якості підземних вод унаслідок надходження забрудників у підземні води (табл. 3).

Ландшафти і ґрунти. Використання металургійних шлаків як заміника природних будівельних матеріалів у дорожньому будівництві матиме значний позитивний вплив на ландшафти і ґрунти на локальному та регіональному рівнях. Одним із найбільш позитивних ефектів від використання шлаків як альтернативного заміника будівельних матеріалів є вивільнення площ від відходів. Також зменшиться вплив на функціонування ландшафтоутворювальних чинників. Позитивних змін загалом варто очікувати в результаті зменшення впливу на структурні елементи ландшафту і, як наслідок, зниження впливу на його матеріально-енергетично-інформаційний баланс. Прогнозуються запобігання формуванню нових штучних позитивних форм рельєфу під час роботи металургійних підприємств та мінімізація знищення елементарних морфологічних одиниць ландшафту (фацій) у результаті зникнення необхідності складування відходів у відвалах. Відбудеться покращення фізіономічних характеристик ландшафту у зв'язку з ліквідацією шлаків у відвалах техногенного ландшафту, а також поліпшення якості земель у зоні відвалів після змиву з них токсичних порід, видування пилу, зниження інтенсивності накопичення у ґрунтах токсичних сполук зі шлаків. Очікувано зменшиться інтенсивність забруднення та міграції поллютантів за ґрунтовим профілем та інтенсивність засолення й осолонцювання різних типів ґрунтів унаслідок високої мінералізації вод через вимивання хімічних речовин із шлаків. Імовірним є зменшення інтенсивності знищення родючого шару ґрунту в результаті ліквідації відвалів та утилізації шлаків як відходів. Таблиця 4 містить параметри ймовірних впливів використання металургійних шлаків як заміника природних будівельних матеріалів у дорожньому будівництві на ландшафти та ґрунти.

Таблиця 2

Клімат і якість повітря

Об'єкт впливу	Характеристика впливу	Прямий чи опосередкований; далекосяжний, кумулятивний	Імовірність (висока / середня / низька) (В/С/Н)	Тривалість (довга / середня / коротка) (Д/С/К)	Незворотний / зворотний. Тимчасовий / постійний	Інтенсивність (висока / середня / низька) (В/С/Н)	Просторове охоплення та транскордонний статус	Позитивний, негативний	Значний (так / ні)
Клімат	Відсутність теплового забруднення від відвалів у металургійному виробництві внаслідок утилізації шлаків як відходів Криворіжжя.	Прямий.	В	Д	Незворотний, постійний.	Н	Локальний	Позитивний	Так
	Утворення островів тепла від наявності доріг, у яких використано шлаки як альтернативні дорожньо-будівельні матеріали.	Опосередкований, кумулятивний.	В	Д	Незворотний, постійний.	Н	Локальний	Негативний	Так
Якість повітря	Емісії забрудників в атмосферне повітря у процесі висипання металургійних шлаків із кузова автомобіля під час виробництва дорожньо-будівельних матеріалів.	Прямий, кумулятивний.	В	К	Незворотний, тимчасовий	Н	Локальний	Негативний	Ні
	Зменшення створення кислотних дощів у Криворізькому регіоні.	Прямий, далекосяжний, кумулятивний.	С	Д	Зворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Ні
	Поліпшення прозорості атмосфери та запобігання створенню смогу.	Прямий, далекосяжний, кумулятивний.	С	С	Зворотний, тимчасовий	С	Локальний	Позитивний	Так
	Зменшення забруднення атмосфери внаслідок пилозотворення через здування пилу з поверхні відвалів у Криворіжжі.	Прямий, далекосяжний.	В	Д	Зворотний, постійний.	В	Регіональний	Позитивний	Так
	Емісії забрудників в атмосферне повітря в результаті будівництва й експлуатації дороги.	Опосередкований, кумулятивний.	Н	К	Незворотний, тимчасовий.	Н	Локальний	Негативний	Ні

Таблиця 3

Поверхневі та підземні води

Об'єкт впливу	Характеристика впливу	Прямий чи опосередкований; далекосяжний, кумулятивний	Імовірність (висока / середня / низька) (В/С/Н)	Тривалість (довга / середня / коротка) (Д/С/К)	Незворотний / зворотний. Тимчасовий / постійний	Інтенсивність (висока / середня / низька) (В/С/Н)	Просторове охоплення та транскордонний статус	Позитивний, негативний	Значний (так / ні)
Якість поверхневих вод	Уникнення зміни фізико-хімічних властивостей поверхневих вод (вилугочування до рН 10,4-11,0 або підкислення до рН 4,4) внаслідок вимивання хімічних речовин із шлаків у відвалах Криворіжжя.	Прямий, далекосяжний, кумулятивний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зміна рН поверхневих вод унаслідок вимивання сполук із дорожньо-будівельних матеріалів під час експлуатації доріг.	Опосередкований, кумулятивний.	Н	К	Незворотний, тимчасовий.	Н	Локальний	Негативний	Ні
	Вимивання хімічних сполук-домішок із дорожньо-будівельних матеріалів, виготовлених зі шлаків, під час експлуатації доріг.	Опосередкований, кумулятивний.	Н	К	Незворотний, тимчасовий.	Н	Локальний	Негативний	Ні
	Зменшення небезпеки зростання хімічних сполук шлаків (Fe^{2+} , Al , Cl , SO_4 , NO_x , PO_4 , NH_4 , тощо) у разі змиву їх із поверхні відвалу, що є шкідливим для гідробіотів водних екосистем.	Прямий Далекосяжний	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
Ресурси поверхневих вод	Запобігання зміні гідрохімічного режиму водних об'єктів Криворізького регіону внаслідок вимивання хімічних сполук (Fe^{2+} , Al , Cl , SO_4 , NO_x , PO_4 , NH_4) із відвалів.	Прямий, далекосяжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зменшення негативних впливів щодо обсягів надходження поверхневого стоку до водотоків і дренажних систем унаслідок порушення ґрунтового покриву	Прямий	С	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
Водні екосистеми	Використання водних ресурсів для виробництва дорожньо-будівельних матеріалів зі шлаків як відходів.	Прямий, кумулятивний.	В	К	Незворотний, тимчасовий.	Н	Локальний, регіональний.	Негативний	Так
	Зменшення порушення територіальної та компонентної екологічної рівноваги стану річок та ставів Криворіжжя.	Прямий, далекосяжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Регіональний	Позитивний	Так
Ресурси підземних вод	Зниження впливу на ресурс підземних вод у результаті зменшення порушення ґрунтового покриву.	Прямий, далекосяжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Регіональний	Позитивний	Так

Продовження таблиці 3

Якість підземних вод	Уникнення погіршення якості підземних вод унаслідок надходження забрудників у підземні води.	Прямий, далекосяжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Регіональний	Позитивний	Так
	Забруднення ґрунтових вод хімічними речовинами внаслідок їх інфільтрації та міграції за ґрунтовим профілем у разі використання шлаків як дорожньо-будівельного матеріалу.	Опосередкований, кумулятивний.	Н	К	Незворотний, постійний.	Н	Локальний	Негативний	Ні

Таблиця 4

Ландшафти і ґрунти

Об'єкт впливу	Характеристика впливу	Прямий чи опосередкований; далекосяжний, кумулятивний	Імовірність (висока / середня / низька) (В/С/Н)	Тривалість (довга / середня / коротка) (Д/С/К)	Незворотний / тимчасовий / постійний	Інтенсивність (висока / середня / низька) (В/С/Н)	Просторове охоплення та транскордонний статус	Позитивний, негативний	Значний (так / ні)
Ландшафти	Збільшення земельних угідь унаслідок уникнення створення відвалів металургійних підприємств.	Прямий, далекосяжний.	В	Д	Зворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зменшення впливу на енергетичний баланс (упорядкованість) ландшафту внаслідок утилізації відходів; зменшення впливу на функціонування ландшафтоутворювальних чинників.	Прямий, далекосяжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Уникнення створення нових штучних позитивних форм рельєфу під час роботи металургійних підприємств; зменшення ступеня трансформації ландшафту.	Прямий, далекосяжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Уникнення знищення елементарних морфологічних одиниць ландшафту (фаці) унаслідок зникнення необхідності складування відходів у відвалах.	Прямий, далекосяжний, кумулятивний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Знищення елементарних морфологічних одиниць ландшафту під час побудови дороги.	Опосередкований, кумулятивний.	В	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Негативний	Так
	Вплив на екологічну рівновагу дорожнього полотна за його експлуатації.	Опосередкований, кумулятивний.	С	Д	Незворотний, постійний.	С	Регіональний	Негативний	Так
	Втрата естетичної цінності ландшафту в результаті побудови й експлуатації дороги.	Опосередкований, кумулятивний.	В	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Негативний	Так
	Збереження природних ресурсів для виробництва дорожньо-будівельних матеріалів.	Опосередкований, кумулятивний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний, національний.	Позитивний	Так
	Покращення фізіономічних характеристик ландшафту у зв'язку з утилізацією шлаків у відвалах.	Прямий, далекосяжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так

Продовження таблиці 4

Утворення антропогенних (ендемі) геохімічних аномалій	Зменшення погіршення якості земель у зоні відвалів через змив із них токсичних порід та видування пилу.	Прямий, далекосязжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зниження інтенсивності накопичення у ґрунтах токсичних сполук зі шлаків.	Прямий, далекосязжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зменшення інтенсивності міграції полугантів за ґрунтовим профілем.	Прямий, далекосязжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зменшення інтенсивності заселення й осолонцювання різних типів ґрунтів унаслідок високої мінералізації вод.	Прямий, далекосязжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зменшення інтенсивності знищення плодоносного шару ґрунту.	Прямий, далекосязжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так

Таблиця 5

Рослинний і тваринний світ

Об'єкт впливу	Характеристика впливу	Прямий чи опосередкований; далекосязжний, кумулятивний	Імовірність (висока / середня / низька) (В/С/Н)	Тривалість (довга / середня / коротка) (Д/С/К)	Незворотний / зворотний. Тимчасовий / постійний	Інтенсивність (висока / середня / низька) (В/С/Н)	Просторове охоплення та транскордонний статус	Позитивний, негативний	Значний (так / ні)
Рослинний і тваринний світ	Зменшення загинелі лісів (збіднення видового складу, зниження продуктивності, руйнування хлорофілу, вимивання біогенів, пошкодження коренів) унаслідок кислотних дощів.	Опосередкований, далекосязжний.	С	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зменшення заростання водойм водоростями внаслідок надходження біогенних сполук зі шлаків та порушення кисневого балансу, що створює загрозу для життя мешканців річок і озер.	Прямий, далекосязжний.	С	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зменшення втрати врожайності агрокультур на територіях, які прилягають до металургічних підприємств, унаслідок порушення гідрологічного ґрунту.	Прямий, далекосязжний.	С	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зменшення впливу на біоту через забруднення повітря, води та їжі.	Прямий, далекосязжний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зменшення порушення міграційних коридорів видів тварин на території розміщення відвалів металургічних підприємств.	Прямий, далекосязжний.	С	С	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
Підтримання біопродуктивності флори та фауни.	Прямий, кумулятивний.	С	С	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так	

Продовження таблиці 5

Зменшення інтенсивності втраг біорізноманіття через знищення ареалів видів.	Прямий, кумулятивний.	С	С	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
Зменшення інтенсивності засилля інвазійними видами та синантропізації фітоценозів.	Опосередкований, кумулятивний.	С	С	Зворотний, постійний.	С	Локальний	Позитивний	Так
Втрата частин ареалів видів унаслідок побудови й експлуатації доріг.	Опосередкований, кумулятивний.	В	К	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Негативний	Так

Таблиця 6

Здоров'я населення

Об'єкт впливу	Характеристика впливу	Прямий чи опосередкований; далекосяжний, кумулятивний	Імовірність (висока / середня / низька) (В/С/Н)	Тривалість (довга / середня / коротка) (Д/С/К)	Незворотний / зворотний. Тимчасовий / постійний	Інтенсивність (висока / Середня / низька) (В/С/Н)	Просторове охоплення та транскордонний статус	Позитивний, негативний	Значний (так / ні)
Здоров'я населення	Зменшення впливу на здоров'я людини через забруднення повітря, води і продуктів харчування.	Прямий, кумулятивний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний, національний.	Позитивний	Так
	Зменшення порушень серцево-судинної діяльності й отруєння дихальних шляхів організму сполуками, що утворюються внаслідок смогу.	Прямий, кумулятивний.	В	Д	Незворотний, тимчасовий.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зниження рівня захворювання легень унаслідок тривалого попадання в легені виробничого пилу (пневмокніози).	Прямий, кумулятивний.	В	Д	Незворотний, постійний.	В	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Зниження шумового забруднення від експлуатації устаткування на підприємстві.	Прямий, кумулятивний.	С	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний	Позитивний	Так
	Зменшення ступеня захворюваності, травматизму і смертності на виробництві.	Прямий	С	С	Незворотний, постійний.	С	Локальний	Позитивний	Так
	Онкозахворювання	Опосередкований, кумулятивний.	С	Д	Незворотний, постійний.	С	Локальний, регіональний.	Позитивний	Так
	Шумове забруднення від виробництва будівельних матеріалів із шлаків металургійних підприємств та за побудови й експлуатації доріг.	Опосередкований, кумулятивний.	С	К	Зворотний, тимчасовий.	С	Локальний	Негативний	Ні
	Вплив на здоров'я людини через забруднення повітря, води і продуктів харчування в разі виробництва будівельних матеріалів зі шлаків.	Опосередкований, кумулятивний.	Н	К	Зворотний, тимчасовий.	Н	Локальний	Негативний	Ні

Рослинний і тваринний світ. Використання металургійних шлаків як замітника природних будівельних матеріалів у дорожньому будівництві матиме значний позитивний вплив на рослинний і тваринний світ на локальному та регіональному рівнях. Передбачається зменшення заростання водоїм водоростями внаслідок надходження біогенних сполук зі шлаків та порушення кисневого балансу, що створює загрозу для життя гідробіонтів. Імовірним є зменшення втрати врожайності агроценозів на територіях, які прилягають до металургічних підприємств, унаслідок порушення функціонування ґрунтів, а також впливу на біоту через забруднення повітря, води та їжі. Передбачається також зменшення порушення міграційних коридорів видів тварин на території розміщення відвалів металургійних підприємств. Одним із важливих позитивних ефектів є підтримання біопродуктивності флори та фауни і зменшення інтенсивності втрат біорізноманіття завдяки знищенню ареалів видів. У зв'язку з ліквідацією відвалів та утилізацією шлаків буде відбуватись зменшення синантропізації фітоценозів. Проте ймовірно є втрата частин ареалів видів унаслідок побудови й експлуатації доріг і роботи переробних підприємств (табл. 5).

Здоров'я населення. Використання металургійних шлаків як замітника природних будівельних матеріалів у дорожньому будівництві матиме значний позитивний вплив на здоров'я населення. Найбільш вірогідним позитивний вплив на здоров'я людини буде виявлятися через зменшення забруднення повітря, води і продуктів харчування, адже забруднення елементів екосистеми призводить до надходження токсикантів у трофічні ланцюги, останньою ланкою яких є людина. Через забруднення токсикантами виникають бластомогенні, ембріотоксичні тератогенні негативні ефекти. Зменшення забруднення позитивно впливатиме на перебіг вагітності, функціонування дитячого і дорослого організму. Очікується зменшення опосередкованого впливу смогу на серцево-судинну діяльність, а також прямий вплив токсикантів на дихальні шляхи. Прогнозується зменшення ризику рівня захворювання легень унаслідок тривалого надходження в них виробничого пилу (пневмокоіозу). Зниження шумового забруднення від експлуатації устаткування на підприємстві приведе до зменшення втомлюваності, нервових виснажень та розладів, а також гормональних дисбалансів. Таблиця 6 містить параметри ймовірних впливів використання металургійних шлаків як замітника природних будівельних матеріалів у дорожньому будівництві на здоров'я населення.

Головні висновки. Одним із найбільш вагомих чинників забруднення навколишнього середовища і негативного впливу на всі компоненти довкілля є велика кількість промислових відходів, зокрема шлаків металургійних підприємств. У разі відкритого способу складування відвалів шлак є джерелом забруднення атмосфери через емісію забруднюючих речовин у повітря, об'єкти гідросфери і ґрунт, впливає на стан флори, фауни і здоров'я людей.

Зменшення обсягів металургійних шлаків у відвалах підприємств Кривого Рогу приведе до поліпшення екологічного стану регіону. Позитивний вплив використання металургійних шлаків як альтернативних дорожньо-будівельних матеріалів буде пов'язаний зі зменшенням забруднення атмосферного повітря, небезпеки зростання хімічних сполук, які входять до складу шлаку ($Fe^{2+,3+}$, Al, Cl, SO_4 , NO_x , PO_4 та інших), у разі змиву їх із поверхні відвалу, що є шкідливим для гідробіонтів водних екосистем, а також уникнення зміни гідрохімічного режиму й евтрофікації водних об'єктів Криворізького регіону внаслідок вимивання цих хімічних сполук із відвалів. Одним із найбільш позитивних ефектів від використання шлаків як альтернативного замітника будівельних матеріалів є вивільнення площ від відходів. Позитивні зміни загалом очікуються в результаті зменшення впливу на структурні елементи ландшафту і, як наслідок, зменшення впливу на матеріально-енергетично-інформаційний баланс ландшафту. Прогнозується уникнення формування нових штучних позитивних форм рельєфу під час роботи металургійних підприємств та мінімізація знищення елементарних морфологічних одиниць ландшафту (фацій) у результаті зникнення необхідності складування відходів у відвалах. Прогнозується ймовірне зниження інтенсивності накопичення у ґрунтах токсичних сполук зі шлаків. Вірогідне зменшення інтенсивності забруднення та міграції поллютантів за ґрунтовим профілем та інтенсивності засолення й осолонцювання різних типів ґрунтів унаслідок високої мінералізації вод через вимивання хімічних речовин із шлаків. Одним із ключових позитивних ефектів є підтримання біопродуктивності флори та фауни і зменшення інтенсивності втрат біорізноманіття через знищення ареалів видів та забруднення системи «ґрунт – рослина». Позитивний вплив на здоров'я людини буде виявлятися через зменшення забруднення повітря, води і продуктів харчування, оскільки забруднення елементів екосистеми призводить до надходження токсикантів у трофічні ланцюги, останньою ланкою яких є людина.

Література

1. Губіна В.Г., Горлицький Б.О. Проблема залізовмісних відходів гірничо-металургійного комплексу України – системний підхід. *Екологічний вісник*. 2008. № 3. С. 26–28.
2. Спільник Н.В. Негативний вплив шлаків на навколишнє середовище. URL: http://www.rusnauka.com/9_SNP_2015/Ecologia/2_190025.doc.htm.
3. Макарова В.М. Вплив шлакових відвалів на стан навколишнього природного середовища Дніпропетровського району. URL: http://www.rusnauka.com/17_AVSN_2012/Ecologia.

4. Кірнос В.М., Кравчуновська Т.С., Радіонов М.О. Сучасний стан, досвід і проблеми використання відходів промисловості. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин* : збірник наукових праць. Київ : Київський національний технічний університет будівництва і архітектури, 2002. Вип. 10. С. 15–18.
5. Екологічний паспорт міста Кривий Ріг. Кривий Ріг, 2016, 56 с.
6. Регіональна доповідь 2018 / Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської ОДА. 2019, 319 с.
7. Носков В.А., Макогон В.Ф. Состояние и перспективы утилизации железосодержащих отходов в металлургическом производстве Украины. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2001. № 4. С. 98.
8. Использование отходов металлургических предприятий в строительной индустрии / Г.М. Каненко и др. *Экология и промышленность*. Харьков, 2005. № 1 (2). С. 41.
9. Крюковська Л.І., Скорченко В.Ф. Методи дослідження технічних характеристик шлаків для дорожнього будівництва. *Екологія промислових підприємств. Проблема утилізації відходів* : праці Міжнародної науково-технічної конференції, 13–17 вересня 2004 р., м. Ялта. Київ : Знання, 2004. 116 с.
10. Protocol on Strategic Environmental Assessment to the convention on environmental impact assessment in a transboundary context. URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/eia/documents/legaltexts/protocolenglish.pdf>.
11. Второй обзор осуществления Протокола по стратегической экологической оценке (2013–2015 гг.) / Европейская экономическая комиссия, United Nations. 2017. 46 с.
12. Directive 2001/42/EC on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment (SEA Directive). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32001L0042>.

УПРАВЛІНСЬКІ АСПЕКТИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ІНІЦІАТИВ НА ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Бордюг Н.С., Ращенко А.В., Марченко С.А., Козоріз Д.А.
Житомирський національний агроекологічний університет
бульвар Старий, 7, 10008, м. Житомир
natali-21@ukr.net, a.rashchenko@gmail.com

У роботі розроблено та теоретично обґрунтовано управлінські аспекти запровадження екологічних ініціатив на гірничодобувних підприємствах Житомирської області. Нові економічні та екологічні орієнтири гірничодобувних підприємств Житомирської області передбачають критичний перегляд існуючої системи управління підприємством з позиції її придатності для вирішення завдань з охорони навколишнього середовища.

Визначено сім основних екологічних ініціатив, запровадження яких на гірничодобувних підприємствах Житомирської області буде сприяти зменшенню негативного впливу виробництва на довкілля, раціональному природокористуванню й екологічній модернізації підприємства: впровадження інтегрованої системи управління якістю; запровадження заходів щодо охорони атмосферного повітря, ґрунтів, водного середовища; впровадження системи гірничо-екологічного моніторингу; проведення внутрішніх екологічних аудитів.

Встановлено, що від запровадження екологічних ініціатив підприємства гірничодобувної галузі отримують екологічний, виробничий і соціальний ефекти за витратами і доходами. Екологічний ефект вимагає здійснення витрат на ефективне використання природних ресурсів, відтворення і поліпшення якості природних ресурсів, ліквідацію наслідків негативного впливу на довкілля. Проте у результаті запровадження екологічних ініціатив можна отримати дохід в екологічному аспекті, зокрема додаткове зростання валової продукції в результаті якісного покращення природних ресурсів, зниження обсягів утворення відходів, їх рециклінг.

Виявлено, що при проведенні комплексної оцінки реалізації екологічних ініціатив необхідно враховувати рівень охоплення та тривалість їх реалізації. Результати дослідження будуть впроваджені на підприємствах гірничодобувної галузі, для яких вирішення екологічних проблем є одним із завдань подальшого розвитку, основною умовою ефективного виробничого екологічного управління є можливість отримати додатковий прибуток або інші переваги. *Ключові слова:* гірничодобувні підприємства, екологічні ініціативи, довкілля, природоохоронні заходи.

Administrative aspects of implementation of environmental initiatives at mining enterprises of Zhytomyr region. Bordiug N., Rashchenko A., Marchenko S., Kozoriz D.

The paper deals with the theoretical aspects of management and implementation of the environmental initiatives at mining enterprises in the Zhytomyr region. New economic and environmental guidelines of mining enterprises of the Zhytomyr region are presented. For providing them a critical review of the existing management system of the enterprise from the standpoint of its suitability for environmental protection was made.

The main seven environmental initiatives for the rational use of natural resources and the eco-modernization of the enterprise were systematized. In particular, they include the introduction of the integrated quality management system; introduction of measures for the protection of air, soils, water; introduction of a mining and environmental monitoring system; conducting internal environmental audits. It is established that, from the introduction of environmental initiatives, mining companies would receive environmental, production and social effects in terms of costs and revenues.

The ecological effect requires the implementation of costs for the efficient use of natural resources, reproduction and improvement of the quality of natural resources, elimination of the consequences of negative impact on the environment. However, as a result of the introduction of environmental initiatives, it is possible to obtain income in the environmental aspect, in particular: additional growth of gross output as a result of qualitative improvement of natural resources, reduction of waste generation, their recycling.

It was found that when conducting a comprehensive assessment of the implementation of environmental initiatives it is necessary to take into account the level of coverage and duration of their implementation. The results of the study will be implemented in the mining industry, for which the solution of environmental problems is one of the tasks of further development. In addition, the main condition for effective industrial environmental management is the ability to obtain additional profits or other benefits. *Key words:* mining enterprises, ecological initiatives, environment, nature protection measures.

Постановка проблеми. Екологічна ситуація в державі продовжує погіршуватися і набирати все більших обертів. Це спричинено тим, що в нашій країні відсутня ефективна система державного контролю за станом довкілля й управління всією природоохоронною діяльністю; низький рівень екологічної освіти населення; застарілість обладнання та тех-

нологій виробництва, що призводить до збільшення кількості і масштабу техногенних аварій; ефективність очисних споруд або повна їх відсутність [1].

Одним із головних джерел забруднення довкілля є гірничодобувна промисловість, що здійснює значний негативний вплив на стан довкілля, тому дослідження аспектів запровадження екологічних ініціатив

на підприємствах буде сприяти вирішенню проблем забруднення навколишнього природного середовища.

Актуальність дослідження. Натепер в усьому світі гостро стоїть проблема щодо забруднення навколишнього природного середовища. Для забезпечення своїх потреб людина використовує велику кількість природних ресурсів, у процесі переробки яких відбувається забруднення довкілля відходами виробництва. З кожним роком обсяги їх споживання людиною збільшуються, зростають і обсяги утворення різноманітних шкідливих речовин, які негативно впливають на стан довкілля.

Сучасна екологічна ситуація в Україні вважається тяжкою, оскільки вона спричинена нехтуванням екологічними законами, безвідповідальним споживанням природних ресурсів. У процесі розвитку держави значна перевага надавалася розвитку сировинно-видобувних галузей, які нині є найбільш екологічно небезпечними.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження екологізації діяльності гірничодобувних підприємств Житомирської області є актуальним науковим завданням, оскільки розроблені екологічні проблеми будуть сприяти впровадженню природоохоронних заходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато науковців досліджують питання формування екологічного підприємства. Значна роль відводиться екологічному інвестуванню гірничодобувних підприємств [2]. Механізм екологізації гірничодобувного виробництва досліджував [3], зокрема розглядав заходи щодо запобігання транскордонним економічним збиткам від забруднення довкілля.

У деяких працях розглядаються екологічні й соціальні наслідки від діяльності підприємств гірничодобувної галузі [4]. Частина досліджень присвячена питанням еколого-економічної оцінки, заходам, запровадження яких зменшить антропогенний вплив об'єктів промисловості гірничодобувної галузі [5]. Проте відсутні праці щодо виокремлення екологічних, технічних, організаційних заходів на гірничодобувному виробництві, запровадження яких дозволить сформувати екологічне підприємство.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Нові економічні та екологічні орієнтири гірничодобувних підприємств Житомирської області та шляхи їх досягнення насамперед передбачають критичний перегляд існуючої системи управління підприємством з позиції її придатності для вирішення завдань, у тому числі з охорони навколишнього середовища. Це потребує оцінки наявності та повноти керівних повноважень щодо підготовки та прийняття рішень; забезпечення діяльності матеріальними, фінансовими, інформаційними та трудовими ресурсами; балансування виконуваних заходів у часі та просторі; мотивації виконавців

тощо. Екологічний підхід до удосконалення виробництва полягає в системній екологізації всіх складників виробництва, тобто системи управління, технологічних процесів, господарської та інвестиційної діяльності підприємства.

Виклад основного матеріалу. Оскільки на гірничодобувних підприємствах Житомирської області екологічне управління характеризується значною гнучкістю та ініціативністю, пропонуємо запровадити такі екологічні ініціативи:

1. Впровадити інтегровану систему управління якістю (ISO 9001) і екологією (ISO 14001), яка має постійно контролюватися та вдосконалюватися.

2. Для очищення повітря на підприємстві впровадити системи аспірації, іригації і засоби пиловсмоктування. Оптимізувати, модернізувати та підвищити ефективність аспіраційних систем. Щорічно на промислових ділянках проводити комплекс робіт із озеленення, а також посадку дерев на відвалах і неробочих схилах кар'єра. Вживати заходів щодо зменшення пилоутворення не тільки в атмосфері, але і на робочих місцях.

3. Вживати заходи із попередження та ліквідації витоку нафтопродуктів і палива в ґрунтове середовище.

4. Здійснювати постійний моніторинг ефективного споживання води та енергії.

5. Впровадити технічні рішення, спрямовані на автоматизацію виробничих процесів, мінімізацію викидів CO₂ та інших хімічних речовин у навколишнє середовище.

6. Запровадити систему гірничо-екологічного моніторингу для зменшення шкідливого впливу гірничих робіт на довкілля та ефективного використання запасів корисних копалин.

7. На підприємстві та в його структурних підрозділах доцільно проводити внутрішні екологічні аудити, розробити «Екологічну політику» компанії, якою керуватимуться працівники підприємств у своїй виробничій діяльності.

Отже, впровадження екологічних стандартів створить передумови для цілеспрямованого формування екологічного підприємства. На цій основі будуть відомі обсяги, трудомісткість, послідовність у часі конкретних заходів. Стане очевидним, які із заходів можуть бути реалізовані за кошти самого підприємства, а які потребуватимуть додаткових інвестицій.

Певну допомогу в активізації діяльності підприємства із сертифікації власних систем екологічного управління може надати запровадження стандартів ДСТУ ISO серії 9000 щодо системи якості. Ці стандарти вже в опосередкованій формі передбачають урахування певних екологічних чинників. Тому система управління якістю може стати базою для формування системи екологічного управління. Від застосування цих систем залежить конкурентоспроможність підприємства та його продукції на світовому ринку.

Доходи і витрати від запровадження екологічних ініціатив у екологічному, виробничому та соціальному аспектах підприємства гірничодобувної галузі

Ефекти	Витрати	Доходи
Екологічний	на ефективне використання природних ресурсів, залучених у господарський процес; відтворення і поліпшення якості природних ресурсів, які зазнають антропогенного впливу господарської діяльності; ліквідацію наслідків негативного впливу на довкілля, спричинені господарською діяльністю підприємства	додаткове зростання валової продукції в результаті якісного покращення природних ресурсів, підвищення їх продуктивності; зменшення обсягу відходів, їх рециклінг, повторне використання у виробничому процесі
Виробничий	на встановлення, модернізацію і технічне оновлення виробничого обладнання, що сприяє зниженню антропогенного впливу; будівництво очисних споруд, придбання газоочисних установок, фільтрів, інших необоротних засобів природоохоронного значення	доходи від зменшення викидів і скидів забруднюючих речовин, обсягів відходів, що виявляються у вигляді зниження операційних витрат на експлуатацію місць тимчасового зберігання відходів, іншого технологічного обладнання; зниження екологічних податків і ресурсних зборів
Соціальний	на покращення умов праці і життя людей; навчання, підвищення кваліфікації працівників	доходи від підвищення продуктивності праці, зменшення операційних витрат за рахунок економного використання енергоресурсів, раціонального споживання ресурсів, попередження непродуктивних витрат

Внутрішня структура підприємства, орієнтованого на досягнення важливих екологічних результатів, може бути побудована відповідно до методичних рекомендацій міжнародного стандарту систем екологічного менеджменту та аудиту (ISO 14000). Цей стандарт вимагає впровадження змін у системі управління екологічною відповідальністю підприємства та зовнішнього аудиту ефективності нових структур для вирішення природоохоронних завдань.

Сертифікація за вказаними стандартами надає можливість здійснювати економічну діяльність на міжнародних ринках. Однак ефективне функціонування такої системи є досить дорогим процесом. Натепер цей аспект визначає перспективність запровадження ініціативи на гірничодобувних підприємствах Житомирської області.

Економічне обґрунтування природоохоронних заходів здійснюється шляхом зіставлення їхніх економічних результатів із необхідними для їх впровадження витратами. Названі вище ініціативи спрямовані на одержання екологічного, виробничого та соціального ефектів від їх запровадження. Статті витрат на запровадження ініціатив і доходи, які потенційно можуть отримати гірничодобувні підприємства, у розрізі об'єктів впливу наведено у табл. 1.

Запровадження екологічних ініціатив у виробничий процес стримує роль примусових чинників стимулювання екологічної модернізації над економічними (зростання доходів і прибутку, зниження витрат) і ринковими (посилення конкурентоспроможності, збільшення частки ринку).

Крім того, існують об'єктивні проблеми комплексної оцінки результатів реалізації екологічних ініціатив, які можуть бути як позитивними, так і негативними, охоплювати локальний, регіональний і національний рівні; складність урахування чинників часу, ризику і невизначеності у зв'язку з довгостроковим характером реалізації екологічних ініціатив.

Головні висновки. У роботі обґрунтовано управлінські аспекти запровадження екологічних ініціатив на гірничодобувних підприємствах Житомирської області.

1. Визначено сім основних екологічних ініціатив, запровадження яких на гірничодобувних підприємствах Житомирської області буде сприяти зменшенню негативного впливу виробництва на довкілля, раціональному природокористуванню й екологічній модернізації підприємства.

2. Встановлено, що від запровадження екологічних ініціатив підприємства гірничодобувної галузі отримають екологічний, виробничий і соціальний ефекти за витратами і доходами. Виявлено, що при проведенні комплексної оцінки реалізації екологічних ініціатив необхідно враховувати рівень охоплення та тривалість їх реалізації.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження будуть впроваджені на підприємствах гірничодобувної галузі, для яких вирішення екологічних проблем є одним із завдань для подальшого розвитку, основною умовою ефективного виробничого екологічного управління є можливість отримати додатковий прибуток або інші переваги.

Література

1. Бордюг Н.С. Освітньо-наукові та управлінські аспекти аналізу системи державного моніторингу довкілля. *ScienceRise: Pedagogical Education*. 2016. № 1/5(18). С. 4–8.
2. Гончаренко Н. Екологічне інвестування у гірничодобувній промисловості: сутність, особливості і види. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка*. 2015. № 4(169). С. 15–22.
3. Сухіна О.М. Екологізація гірничодобувного виробництва порубіжжя як засіб запобігання транскордонним економічним збиткам від забруднення НПС. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. Вип. 16. С. 580–589. URL: <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/117.pdf>.
4. Лашкун Г.А., Пасічник Н.В. Еколого-економічна оцінка та соціальні наслідки діяльності гірничих підприємств. *Економіка і суспільство*. 2018. Вип. 17. С. 454–460.
5. Саллі В.І., Лозинський І.Є. Планування екологічних заходів при здійсненні виробничої діяльності гірничо-збагачувальними комбінатами. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2007. № 1. С. 60–68. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evngu_2007_1_11.

ЕКО-ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ПІДТЕРИКОНОВИХ ВОД НОВОВОЛИНСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

Босак П.В., Попович В.В.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів
pasha.bosak@ukr.net, popovich2007@ukr.net

Масштабне використання ресурсоемних технологій, виснажливе природокористування призвели до значного техногенного навантаження на усі природні екосистеми держави та забруднення довкілля. Навіть за часів незалежності при зменшенні цього навантаження спостерігаються деструктивні процеси у довкіллі, які становлять загрозу для довкілля та населення держави.

Ситуація, яка склалася у видобувній галузі України вимагає забезпечення стабільним фінансуванням, впровадження дієвих програм по її реструктуризації та розвитку, врахування в цих програмах екологічного складника, оскільки стан довкілля у гірничодобувних регіонах України оцінюється як незадовільний.

Вугільна галузь – надзвичайно складний багатогалузевий виробничо-господарський комплекс, який представляє собою важку промисловість не лише за змістом, але й за рівнем підвищеної небезпеки для навколишнього середовища. Видобуток вугілля пов'язаний із деструктивним впливом на атмосферу, земельні та водні ресурси, флору та фауну, що виявляється в обваленні гірського масиву над очисними виробками, в осушенні водоносних горизонтів, засоленні та забрудненні ґрунтів, ґрунтових і поверхневих вод тощо. Видобувна галузь України належить до основних забруднювачів атмосферного повітря держави. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря галузі становлять понад 20% від загальних.

У статті проведено вивчення сучасного стану дослідження навколишнього середовища Нововолинського гірничопромислового регіону Львівсько-Волинського вугільного басейну. Проаналізовано механізм міграції поллютантів із підтериконових вод до прилеглих водних об'єктів регіону. Визначено переваги та недоліки використання сучасних еколого-геоінформаційних технологій для захисту довкілля досліджуваного гірничопромислового регіону на прикладі геоінформаційної системи (далі – ГІС) проекту “*Open Environment*” [9].

Розроблено схему ГІС з урахуванням специфіки хімічного складу підтериконових вод Нововолинського гірничопромислового району та запропоновано її до впровадження, що дасть змогу отримати повну та достатню інформацію не лише про обсяги забруднення регіону від діяльності гірничих підприємств, а й оцінити результати впливу такого забруднення, спрогнозувати їх зміни в часі та побудувати наочні інтерактивні карти, що в комплексі дозволить обирати найбільш оптимальні методи захисту довкілля. *Ключові слова:* екологічна безпека, ГІС-технології, стічні води, відвали шахтних порід, математичне моделювання.

Eco-geoinformation technology of environmental protection from subtericron waters of Novovolynsk mining industry. Bosak P., Popovych V.

Large-scale use of resource-intensive technologies, depleting nature management has led to a significant man-made impact on all natural ecosystems of the state and environmental pollution. Even at the time of independence, with the reduction of this impact, destructive processes in the environment are observed, posing a threat to the environment and the population.

The current situation in the extractive industry of Ukraine requires stable financing, implementation of effective programs for its restructuring and development and, most importantly, taking into account the environmental component in these programs. The ecological state in the mining regions of Ukraine is assessed as unsatisfactory. After all, the coal industry is an extremely multiple industrial and economic complex, including a heavy industry not only by content but also by the level of threat to the environment.

Coal mining is associated with destructive effects on the atmosphere, land and water resources, flora and fauna, which manifests in the collapse of the mountain above the treatment plants, drainage of aquifers, salinization and pollution of soils, groundwater and surface water, etc. Ukraine's extractive industry is one of the main air pollutants in the country. Emissions of air pollutants from the industry reaches more than 20% of the total.

In this article investigation of the current state of environmental research in the Novovolynsk mining area of the Lviv-Volyn coal basin is presented. The mechanism of pollutants migration from subtericrone waters to the adjacent water bodies of the region is analyzed. The advantages and disadvantages of modern ecological and geoinformation technologies for environment protection the of the mining area are determined on the case of the geoinformation system (hereinafter – GIS) of the project “*Open Environment*”.

The GIS scheme is developed taking into account the specifics of the chemical content of subtericrone waters of Novovolynsk mining area. Its implementation will give an opportunity to obtain complete and sufficient information not only about the volume of pollution from mining industries, but also to assess the impact of such pollution, predict changes over time and build visual interactive maps for choosing the most optimal methods of environmental protection. *Key words:* landfill, mining area, geographic information systems, GIS technologies, subtericrone waters, waste heap, dump, mathematical modeling, interactive map.

Постановка проблеми. Екологічний стан більшості гірничопромислових районів нині характеризується як критичний. Передумовами цього є утворення штучних ландшафтів (відвали, терикони, шахтні води тощо), висока концентрація гірничих підприємств у місцях покладів корисних копалин, неефективність заходів підтримки гірничо-технологічних об'єктів у безпечному стані, недостатнє фінансування систем постійного моніторингу за зміною екологічного стану довкілля.

Неконтрольований вплив гірських підприємств гірничопромислових районів призводить як до загального загострення екологічних проблем регіону загалом, так і до виснаження поверхневих і підземних вод, забруднення важкими металами прилеглих територій внаслідок їх міграції із порід териконів [1; 2].

Актуальність дослідження. Дослідження еко-геоінформаційних технологій захисту довкілля від підтериконових вод на прикладі Нововолинського гірничопромислового району

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Сучасною альтернативою при дослідженні впливу підтериконових вод на довкілля гірничого регіону є використання геоінформаційних систем (ГІС) [4]. Головною особливістю застосування ГІС-технологій для захисту довкілля від підтериконових вод є використання комплексу інструментарії – дослідження даних дистанційного (спутникового) моніторингу, даних офіційної статистики рівнів забруднення та проведення математичного моделювання.

Таким чином, використання ГІС-технологій у завданнях екологічної безпеки гірничопромислових районів є найбільш доцільним, оскільки використовувані дані для підтримки прийняття рішень в області

природоохоронної діяльності надзвичайно різноманітні та характеризуються комплексним підходом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Натепер спостереження і контроль за екологічним станом підтериконових вод гірничопромислових районів здебільшого здійснюється лише за допомогою фізико-хімічних аналізів, які визначають вміст окремих забруднювачів у навколишньому середовищі. Проте ці аналізи не дають можливості виявити закономірності вимивання важких металів із териконів шахт з подальшою міграцією до ґрунтів і водних об'єктів прилеглих територій, а також не відображають динаміку змін екологічної ситуації на досліджуваних територіях за певний період часу [3].

У наукових працях О.Т. Мазурак, Н.В. Качмар, Г.А. Лисака наведено результат експериментального дослідження зони впливу шахт, розташованих у Волинській області, та встановлено перевищення показників ГДК_{гпр} важких металів та аніонів сильних кислот-електролітів для вод сільськогосподарського користування [7].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Варто зазначити, що ГІС – це складна, багатоконпонентна система, основою якої є інформація, що описує досліджувану територію та програмне забезпечення (додатково – кваліфіковані спеціалісти, які володіють необхідними знаннями й навичками для роботи з відповідною системою) [4].

Некоректне застосування даних щодо міграції політантів із підтериконових вод або помилковий вибір інструменту з набору ГІС не лише не допоможе у вирішенні поставленого завдання, а може суттєво заплутати інформацію і навіть спотворити її до подальшого погіршення екологічного стану

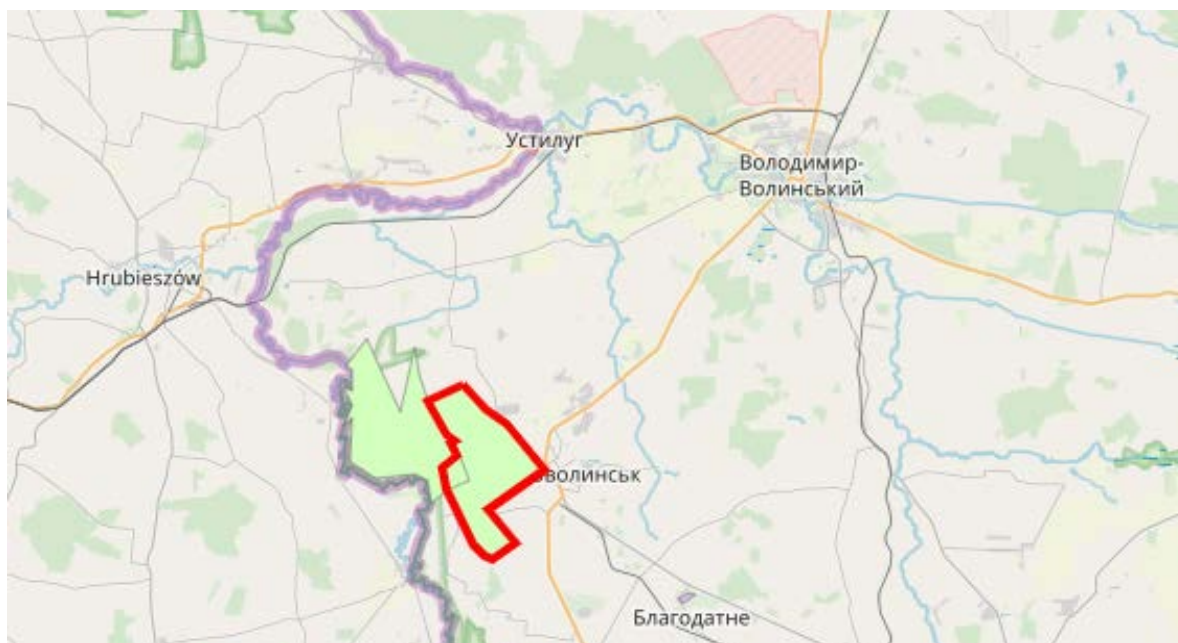


Рис. 1. Інтерактивна карта родовищ корисних копалин на базі ДНВП «Геоінформ України»

прилеглих територій. Тому актуальним є вивчення використання саме еколого-геоінформаційних технологій захисту довкілля від підтериконових вод. У цій роботі дослідження такої технології проведено на прикладі Нововолинського гірничопромислового району (далі – ГПР), оскільки він характеризується концентрацією підприємств гірничої промисловості та заповідних зон.

Новизна. Розроблено схему за допомогою проекту “*Open Environment*” [9] з урахуванням специфіки хімічного складу підтериконових вод Нововолинського гірничопромислового району та їхній вплив на довкілля.

Методологічне або загальнонаукове значення. Створення ГІС проектів дає змогу розробити механізми захисту довкілля, головне завдання яких – збір необхідної інформації про певний об’єкт та її фізико-хімічний аналіз. Використання ГІС-технологій покликане спростити процес узгодження даних і підготувати їх до коректного аналізу та отримання результатів. Успішність і ефективність (у тому числі економічна) застосування ГІС багато в чому залежить від правильно складеного плану і правил роботи, які складаються відповідно до специфіки задач і роботи кожної організації, яка застосовує ГІС-технології [10].

Виклад основного матеріалу. Нововолинський ГПР лежить у південно-західній частині Волинської області. Усі шахти цього регіону знаходяться на балансі ДП «Волиньвугілля» Іваницького району Волинської області. Особливістю досліджуваного басейну є необхідність розробки великої кількості порожніх порід і складування їх у відвали та терикони.

Потужність відвалоутворення шахт Нововолинського гірничопромислового району складає понад 200 тис. т/рік. Натепер на териконах цього району

накопичено понад 30 млн т. шахтної породи [5]. Щорічно з поверхні одного терикона видувається понад 400 т. породного пилю і вимивається близько 8 т. солей [5, 6]. Нині більшість шахт Нововолинського ГПР закриті (знаходяться на стадії рекультивації), що свідчить про інтенсивне техногенне навантаження.

За допомогою ГІС-проекту “*Open Environment*” [9] здійснено аналіз якості водних об’єктів досліджуваного регіону. Геоінформаційна інтерактивна карта побудована на базі статистичних даних Державного агентства водних ресурсів України та даних супутникових спостережень (рис. 2).

За даними створеної цифрової карти видно, що якість водних об’єктів на території поширення териконів коливається від задовільної до дуже поганої. Якість води оцінено в кратності перевищення показників за ГДК.

Показники якості води підтверджують той факт, що поряд із вітровою ерозією териконів, дослідженню якої приділена велика кількість наукових робіт, гостро стоїть питання саме водної ерозії териконів, яка призводить до вимивання токсичних політантів і забруднення ними ґрунту та підґрунтових вод, поширюючись із підтериконовими водами на значні відстані прилеглих територій [12].

Динаміку зміни якості води Нововолинського ГПР із 2010 по 2018 роки відображено в графіках, створених на базі інструменту математичного моделювання ГІС-проекту “*Open Environment*” (рис. 3-8).

З цих графіків вбачається, що стан водних об’єктів досліджуваного регіону потребує додаткових методів захисту. Варто зазначити, що середовище ГІС-проекту “*Open Environment*” дуже зручне у використанні, на його прикладі підтверджено можливість застосування ГІС-технологій у прогнозуванні техногенного впливу гірничо-промислових підприємств на довкілля. Проте в цій ГІС-системі не можливим є відображення повної картини впливу підтериконових вод, оскільки відсутні показники хімічних політантів, характерних териконам досліджуваних шахт.

Продемонстровано, що використання навіть найбільш примітивних і загальнодоступних геоінформаційних технологій дає можливість до різностороннього аналізу при формуванні методів захисту довкілля без використання особливих матеріальних і часових затрат. Не викликає сумнівів актуальність використання та розвитку цих технологій в екологічних реаліях сьогодення України загалом і досліджуваного Нововолинського гірничопромислового району зокрема. Отже, виникає необхідність підбору певної ГІС-системи, яка вже містить базу

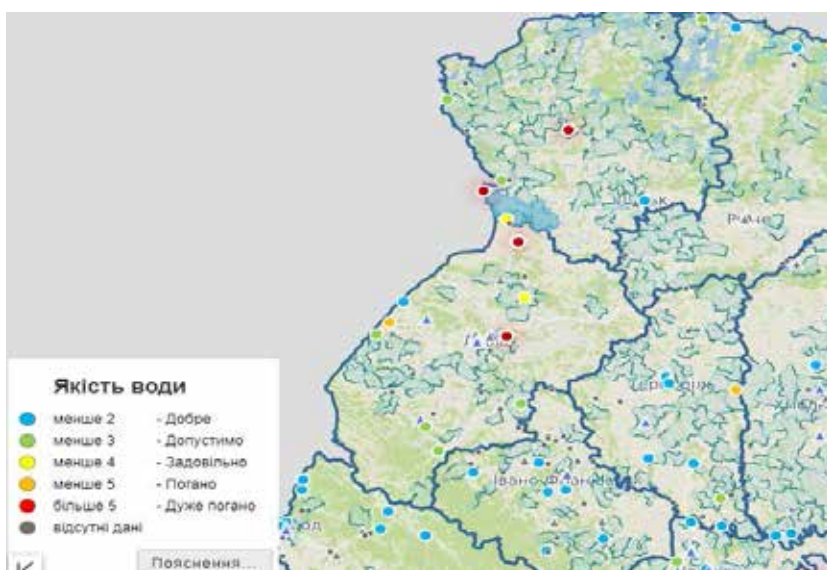


Рис. 2. Фрагмент інтерактивної карти якості водних об’єктів Нововолинського ГПР, створеної в системі ГІС-проекту “*Open Environment*” [9]

даних щодо концентрацій забруднюючих речовин у підтериконових водах досліджуваної території або може її містити шляхом створення в спеціальному програмному середовищі.

З метою спрощення задачі – побудови основних аспектів технології захисту прилеглих територій Нововолинського ГПР від підтериконових вод із використанням еколого-геоінформаційних програм виконано аналіз основних параметрів, які мають бути відображені в цій програмі, проведено дослідження існуючих функцій сучасних ГІС-технологій.

Є.А. Іванов та І.П. Ковальчук [8] пояснюють механізм міграції поліютантів із підтериконових вод до навколишнього середовища так: вміст у відва-

лах досліджуваної породи значної кількості піриту і сірки, а також у результаті процесу гідролізу сульфурмісних сполук (сульфідів, сульфатів), хлоридів, у підтериконових стічних водах явно виражене кисле середовище, що спричиняє перехід іонів металів із сорбованого на мінеральних і органічних речовинах стану (комплексні сполуки) у вільний стан, а в подальшому призводить до мігрування в навколишнє середовище.

Отже, для відображення реальної картини впливу підтериконових вод Нововолинського регіону на прилегли території обов'язковою є наявність у ГІС-системі реальних концентрацій таких поліютантів: $Fe_{зар}$, Mn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , хло-

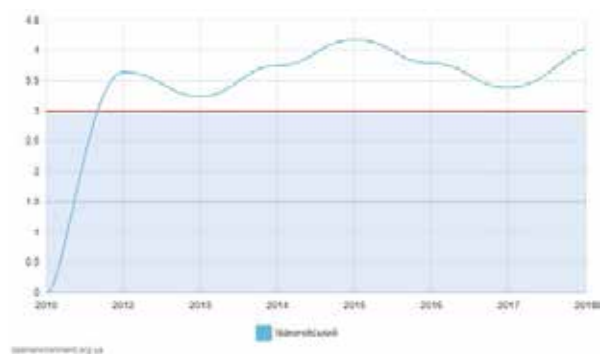


Рис. 3. Біохімічне споживання кисню за 5 діб, mgO_2/dm^3

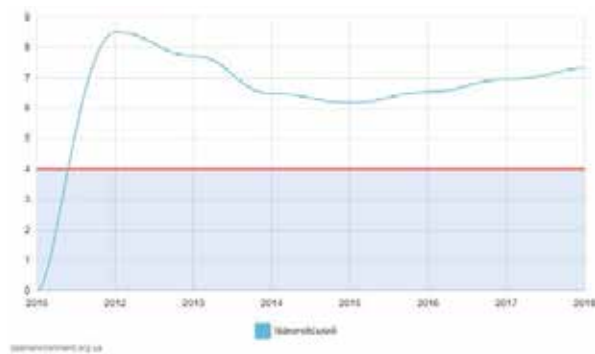


Рис. 4. Кисень розчинений, mgO_2/dm^3

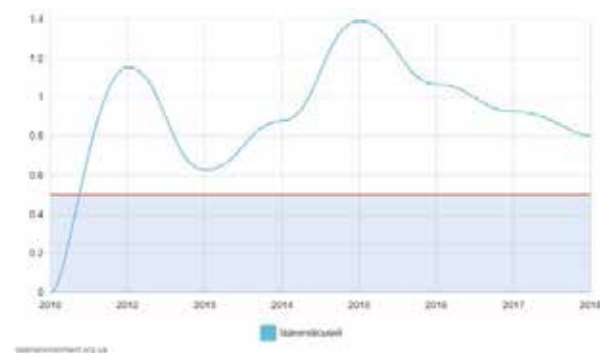


Рис. 5. Амоній-іони, mg/dm^3

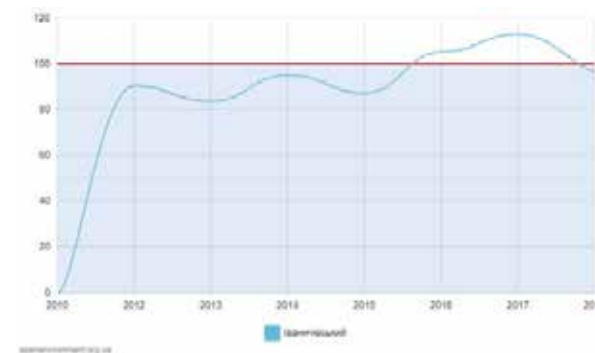


Рис. 6. Сульфат-іони, mg/dm^3

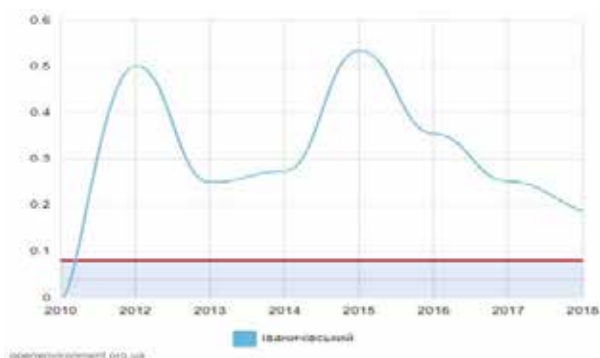


Рис. 7. Нітрит-іони, mg/dm^3

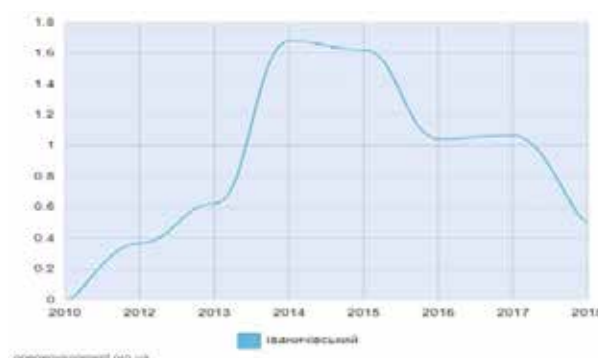


Рис. 8. Фосфат-іони (поліфосфати), mg/dm^3

— значення ГДК.

риди, сульфати, Ca^{2+} , Mg^{2+} . Додатково для розуміння ступеня впливу пропонується визначати коефіцієнт перевищення ГДК – екологічний критерій (ЕК):

$$EK = C / ГДК,$$

де C – фактична концентрація, мг/м^3 ;

$ГДК$ – гранично допустима концентрація, мг/м^3 .

Варто зазначити, що для прийняття рішень щодо екологічного захисту територій досліджуваного гірничопромислового регіону обов'язковим є розуміння щодо характеру таких заходів – технологічні зміни в разі дотримання екологічного законодавства, наприклад установка додаткових фільтруючих систем, встановлення біоплато чи застосування правових інструментів впливу на гірниче підприємство (штрафні санкції, зобов'язання підприємств до виконання певних умов для зменшення негативного впливу на довкілля)^[11].

Для вибору методу захисту довкілля Ново-волинського регіону необхідно:

- мати можливість ідентифікувати належність терикону до того чи іншого підприємства;
- мати інформацію щодо оцінки запасів корисних копалин для можливості прогнозування періоду подальшого функціонування гірничого підприємства;
- мати інформацію щодо наявності дозвільної екологічної документації (з урахуванням терміну дії

дозвільного документу): дозвіл на спеціальне водокористування, на викиди в атмосферне повітря, на спеціальне користування надрами тощо;

– мати можливість визначити кадастровий номер ділянки, на якій розташоване підприємство, її географічні координати;

– мати інформацію щодо фонових концентрацій і кліматичних характеристик місцевості для можливості прогнозування умов, що пригнічують міграцію поллютантів у навколишнє середовище, та врахування фонового навантаження на довкілля.

Наведені дані нині зводяться до «внутрішніх» баз даних відповідних державних органів, проте відсутня єдина інформаційна система. Враховуючи описані вище аспекти, для ефективної еколого-геоінформаційної технології захисту Нововолинського ГПР від підтериконових вод необхідним є створення багатоцільової інформаційної системи і її перехід від теоретичних розробок до практичного втілення. Така система має містити певну структуру (табл. 1).

Запропонована ГІС-технологія повинна містити основні інструменти геоінформаційних систем^[8]:

- відображення об'єктів, маршрутів, регіонів;
- переміщення по карті, зміна масштабу карт;
- підключення та відключення даних до набору відображення;

Таблиця 1

Структура запропонованої до впровадження ГІС-системи для дослідження впливу підтериконових вод Нововолинського гірничопромислового району

№ п/п	Фільтри ГІС-системи	Набір необхідних шарів ГІС-системи	Деталі
1.	Зондування території Нововолинського ГПР	<ul style="list-style-type: none"> • адміністративно-територіальний устрій Волинської області (межі районів, ОТГ, населених пунктів); • межі кожного гірничо-промислового підприємства; • прилеглі до промислових зон території; • адміністративні будівлі 	Система охоронних територій: пам'ятники історії та культури; водоохоронні зони; кількісні показники населення (для розуміння картини основних груп ризику, які піддаються впливу міграції досліджуваних поллютантів підтериконових вод)
2.	Інтерактивна карта родовищ корисних копалин Нововолинського ГПР	<ul style="list-style-type: none"> • тверді горючі корисні копалини; • металічні корисні копалини; • гірничо-хімічні та гірничорудні корисні копалини; • нерудні корисні копалини для металургії; • будівельні корисні копалини; • води питні і технічні; • води мінеральні теплоенергетичні; • грязі та мул мінеральні 	Дані про якість, кількість і ступінь вивченості корисних копалин на родовищах, що мають промислове значення, їх розміщення, рівень промислового освоєння, а також відомості про видобуток, втрати і забезпеченість суспільного виробництва розвіданими запасами корисних копалин
3.	Екологічна характеристика Нововолинського регіону	<ul style="list-style-type: none"> • санітарно-епідеміологічні умови району; • стан атмосферного повітря; • стан поверхневих і підземних вод: концентрації у водоймах таких хімічних речовин: Fe, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, хлориди, сульфати, Ca^{2+}, Mg^{2+} значення рівнів рН у водоймах; • показники кореляції вмісту поллютантів у водних об'єктах від відстані до підтериконових вод; • фізичний вплив 	Концентрації викидів забруднюючих речовин по кожній шахті ГПР, обсяги та результати аналізів стоків по кожній шахті, обсяги та площі утворення відходів, наявність дозвільної екологічної документації для кожного промислового об'єкта Нововолинського ГПР

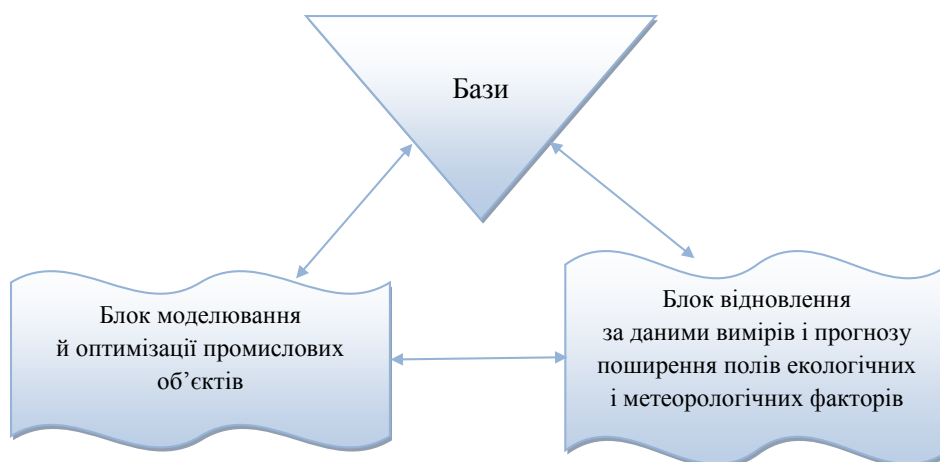


Рис. 9. Структурні ланки запропонованої ГІС-технології дослідження Нововолинського ГПР

– підключення космічних знімків для відображення;

– друк певного фрагменту створеної інтерактивної карти;

– відображення даних по кожному окремому промислому об'єкту та детальної довідникової інформації;

– виконання просторових і атрибутивних запитів;

– вимірювання відстаней від териконів шахт до найближчих забудов, об'єктів заповідних фондів, водних об'єктів тощо;

– можливість виконання пошукових запитів.

Рекомендована ГІС-технологія має включати певні взаємозалежні структурні ланки (рис. 9).

Головні висновки. На прикладі Нововолинського гірничопромислового району визначено та обґрунтовано, що для отримання найбільш повної та об'єктивної інформації про екологічний стан довкілля прилеглих до підтериконових вод територій доцільно застосовувати багатофункціональну екологічну ГІС-технологію, засновану на поєднанні достовірних даних екологічної, правової, медико-біологічної, санітарно-гігієнічної, техніко-економічної спрямованості та можливостей моделювання й оптимізації промислових об'єктів у сучасному ГІС-середовищі.

Перспективи використання результатів дослідження.

Реалізація запропонованої екологічної геоінформаційної системи дозволить дослідити вплив процесів міграції важких металів і солей із підтериконових вод шахт Нововолинського району, спостерігати за динамікою змін показників якості довкілля прилеглих територій, прогнозувати вплив діяльності гірничопромислових підприємств цього регіону на стан здоров'я населення Волинської області, контролювати порушення екологічних норм у діяльності шахт за рахунок можливості онлайн-спостереження за змінами концентрацій полютантів у навколишньому середовищі та можливістю їх порівняння з допустимим нормами.

Таким чином, запропонований підхід до вирішення цього питання з урахуванням існуючих експериментальних досліджень механізму міграції полютантів із підтериконових вод до навколишнього середовища за рахунок вмісту значної кількості піриту і сірки та процесу гідролізу сульфурмісних сполук у стічних водах у комплексі з можливістю прогнозувати та моделювати ці процеси на інтерактивних картах із використанням статистичних даних дає можливість для оцінки реального стану довкілля Нововолинського гірничопромислового регіону з подальшим вибором найбільш оптимальних методів захисту довкілля.

Література

1. Кость М.В., Гарасимчук В.Ю., Медвідь Г.Б. та ін. Басейн Західного Бугу. Геохімічні особливості поверхневих вод. Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України. С. 122–123.
2. Попович В.В. Терикони Нововолинського гірничопромислового району та їхній вплив на довкілля. Національний лісотехнічний університет України. 2009. № 19. С. 136–140.
3. Кравченко М.В. Фізико-хімічний аналіз природної питної води різних джерел водопостачання. Екологічна безпека та природокористування. 2015. № 3. С. 52–60.
4. Геоінформаційні технології в екології. І.В. Пітак, А.А. Негадайлов, І.Г. Масікевич та інші. Суми : Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, 2012.
5. Волотковська Ю.О. Економічна оцінка вугільних териконів як техногенних родовищ : дис. канд. ек. наук: 08.00.06. Дніпро, 2016. 208 с.
6. Грелюк С.В. Дослідження вмісту важких металів у ґрунтах Іваничівського району Волинської області. Національний університет «Львівська політехніка». Кафедра екології та збалансованого природокористування. 2016. С. 286–290.
7. Еколого-хімічні особливості видалення важких металів підтериконових стічних вод кальцію карбонатом. О.Т. Мазурак, Н.В. Качмар, Г.А. Лисак, І.В. Форемна. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. № 1. С. 42–45.

8. Іванов Є. Геоєкологія Нововолинського гірничопромислового району. Є. Іванов, І. Ковальчук, О. Терещук. Луцьк : Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2009. 208 с.
9. Модуль "Open Environment". URL: <http://openenvironment.org.ua/water/#>.
10. Екологічне картографування та основи ГІС-технологій. Навч. посібник/ А.П. Багмет, С.Г. Герасимов, О.В. Пшоняк. Житомир : Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2010. 256 с.
11. Попович В.В. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ і наукові основи фітомеліоративних заходів їх виведення з експлуатації. Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Львів, 2017. С. 480. URI: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/29557>.
12. Попович В.В. (2014). Фітомеліорація згасаючих териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну : монографія. 174 с.

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Кияшко В.Т.¹, Салій І.В.¹, Яковенко Л.О.¹, Малиновський Ю.О.²

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Липківського, 35, 03035, м. Київ
deaohoronapraci@gmail.com;

²Криворізький металургійний інститут Національної металургійної академії України
вул. Степана Тільги, 5, 50006, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.
kminmetau@gmail.com

Аналізуються питання утилізації відходів гірничозбагачувального виробництва, зокрема залістих кварцитів, некондиційної частини окислених руд високої якості, що відбраковані на дробильно-сортувальних фабриках, шлаків чорної металургії, відходів теплових електростанцій, де використовують кам'яне вугілля газової групи (золошлаків), як пов'язаних виробництв. Проблема переробки відходів актуальна та важлива через велику кількість промислових відходів, що накопичуються на території потужних виробництв. Невід'ємною частиною стійкого економічного та соціального розвитку України є гарантування екологічної безпеки населення. Відходи гірничодобувної галузі та залізорудного виробництва можуть бути використані як сировинні матеріали для металургії. Використання машин, апаратів і технологічних ліній може стати у пригоді в переробці корисних копалин за допомогою селективного підходу і переділу відходів, залишки яких, як наслідок, можуть стати сировиною для виготовлення будівельних матеріалів, а також матеріалів для дорожнього будівництва. Одним із завдань даної наукової роботи є пропозиція щодо шляхів утилізації вторинних ресурсів для отримання різних видів залізорудного концентрату (гоєтит-гематитового та магнетитового для виробництва агломерату, окатишів та брикетів). Для реалізації технології збагачення відходів гірничо-металургійного виробництва пропонується система однотипних модульних блоків, що проєктуються відповідно до мінералогічного та хімічного складу матеріалів, які утилізуються, з використанням сучасного обладнання вітчизняного виробництва з короткими термінами окупності. Незначні габарити блоків технологічних ліній дозволяють розміщувати їх безпосередньо в кар'єрах, відвалах, шахтах. *Ключові слова:* виробництво гірничодобувне, відходи, руди, золошлаки, кварцити, концентрат, метали.

Perspective directions of utilization of wastes of mining and processing production. Kyiashko V., Saliy I., Yakovenko L., Malynovskiy Yu.

The issues of waste management of mining and processing industry, in particular ferruginous quartzite, substandard part of high-quality oxidized ores, rejected at crushing and sorting plants, ferrous metallurgy slags, as well as TPP waste, where coal from the gas group (ash and slag) is used, as related industries are analyzed. The problem of waste processing is currently relevant and important given the large amount of industrial waste that accumulates on the territory of powerful industries.

Ensuring the environmental safety of the population is an integral part of sustainable economic and social development of Ukraine. Wastes from the mining and iron ore industries can be used as raw materials for metallurgy. The use of machines, apparatus and technological lines can be useful in the processing of minerals, attracting a selective approach and redistribution of waste, the remains of which, as a result, can become raw materials for the manufacture of building materials, as well as materials for road construction. One of the tasks of this scientific work is to propose ways to utilize secondary resources to obtain various types of iron ore concentrate (goethite-hematite and magnetite for the production of agglomerate, pellets and briquettes). To implement the technology of enrichment of iron ore mining and metallurgical waste, it is proposed to use a system of the same type of modular blocks, designed in accordance with the mineralogical and chemical composition of materials that are disposed of, using modern equipment of domestic production with short payback periods. The small dimensions of the blocks of technological lines allow them to be placed directly in quarries, dumps, and also in mines. *Key words:* ore mining, waste, ores, ash and slag, quartzite, concentrate, metals.

Постановка проблеми. Гірничодобувна та металургійна галузі України потерпають від значних труднощів через високі ціни на енергоресурси, значне скорочення ринків збуту, зниження цін на промислову продукцію, брак сучасної техніки, відтік кваліфікованої робочої сили та вплив інших чинників.

Україна володіє значними сировинними ресурсами, адже за кількістю запасів посідає сьоме місце у світі серед 52 країн, у яких ведеться залізорудне виробництво. Обсяги залістих кварцитів становлять 26 млрд тонн, які переважно представлені відносно бідними окисленими кварцитами зі змістом заліза магнітного 18–36% та заліза загального

40–42%. Глибина залягання цих руд становить від 600 до 2500 м.

Окрім гірничозбагачувальних комбінатів, велика кількість відходів накопичується на теплових електростанціях у вигляді золошлаків, а також на підприємствах чорної металургії у вигляді шлаків. Переробка цих промислових відходів вирішує проблему їх утилізації.

Актуальність дослідження. Питання поводження з відходами промислового виробництва є нагальною проблемою. У роботі запропоновано вирішення проблеми утилізації вторинних ресурсів шляхом їх переробки.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження зроблено в межах виконання етапу «Аналіз сучасного стану накопичення та утилізації відходів гірничо-металургійними підприємствами Криворізького регіону» НДР «Розроблення екологічно прийнятних технологій поводження з відходами гірничорудної та металургійної промисловості», номер державної реєстрації 0120U101148.

Під час дослідницького пошуку вивчені роботи В.І. Кармазіна [1], який зробив вагомий внесок у розвиток збагачення корисних копалин шляхом застосування магнітних, електричних та спеціальних методів. Перспективи відновлення підземної розробки магнетитових кварцитів в Україні в металургійній та гірничій промисловості у своїх наукових роботах вивчали С.О. Попов, В.М. Сидор, В.М. і В.А. Новик [2]. Переробку шламових відходів збагачення залізної руди досліджували В.П. Соколова й А.Д. Учитель [3].

Виклад основного матеріалу. Натепер видобуток залістистих кварцитів здійснюється відкритим способом на глибині до 400–450 м, а експлуатація кар'єрів глибиною понад 500 м економічно невіправдана. Як можливі альтернативні джерела сировинних матеріалів для металургії доцільно розглядати відходи гірничодобувних підприємств, так звані шлами. Шлами являють собою заскладовані дрібнодисперсні частки із вмістом заліза загального 20–25%. Обсяги заскладованих шламів становлять приблизно 6–7 млрд тонн.

До категорії відходів гірничодобувного виробництва належать також окислені залістисті кварцити, які підірвані внаслідок вибуху і частково подрібнені та складовані (вміст заліза в цих рудах становить 25–45% загалом).

Крім того, до відходів належить так звана некондиційна частина окислених руд високої якості, що були відбраковані під час сортування на дробильно-сортувальних фабриках (далі – ДСФ). Вміст заліза в цих рудах становить 52–55%. Зважаючи на високий вміст у них кремнію, сірки або фосфору, їх іноді складають у відвали.

Такі відходи та некондиція по суті є техногенними родовищами залізорудної сировини, які містять до 30 видів різних мінералів, металів та їх сполук і в разі комплексної переробки дозволяють отримувати корисні матеріали для різних галузей промисловості: металургійної (залізорудний концентрат Fe > 65%), цементної, будівельної з відокремленням їх у різні класи за їхнім функціональним призначенням. Відомо, що технологічні процеси на гірничодобувних, переробних, а також на металургійних, переробних підприємствах забезпечуються електроенергією, що генерується на теплових електростанціях (далі – ТЕС), де як джерело палива використовується кам'яне вугілля газової групи. Причому до великих ТЕС з електричною потужністю від 2 400 МВт до 3 600 МВт в Україні належать

10 станцій. На кожній із цих станцій за їх номінального завантаження спалюється від 150 до 250 вагонів вугілля щодоби. Через високу зольність вугілля (до 30% та вище) від 45 до 70 вагонів не спалюються, ці відходи (золошлаки) викидаються у відвал, тобто загалом в Україні за добу викидається у відвал від 30 до 42 тисяч тонн незгорілих твердих часток. На всіх великих ТЕС України за роки їх експлуатації накопичилось приблизно 0,5–0,6 млрд тонн незгорілих залишків, причому щодня кількість золошлаків на відвалах станцій суттєво збільшується. Крім того, значна частина незгорілих залишків (зола-винос) викидається в атмосферу, забруднює її. У золошлаках міститься 10–12% відновленого заліза у вигляді гранул (можуть бути наявні оксиди заліза), до 25% оксиду алюмінію, переважно у вигляді корунду (глиноземиста складова частина), до 60% оксиду кремнію, сполуки кальцію, магнію, натрію, калію, сполуки благородних і рідкоземельних металів та інших цінних промпродуктів. Крім того, у золошлаках залишаються рештки незгорілого вугілля у вигляді коксу та напівкоксу (10–15%).

Експлуатація ТЕС призводить до виникнення двох значних проблем:

- накопичення значної кількості неліквідних відходів;
- використання застарілої технології спалювання палива, за якої відбуваються значне нагрівання баластних речовин, викид дрібнодисперсних речовин в атмосферу та видалення твердих залишків на золовідвал.

Щодо шлаків чорної металургії, то щорічний вихід їх становить 80 млн тонн, з них на відвальні доменні шлаки припадає до 15 млн тонн. Відвальні шлаки містять значну частку залістистих сполук у вигляді чистого металу й оксидів. Натепер шлак частково переробляється шляхом механічного вилучення значних обсягів металу (у кількості 5–8% за масою). Залишки металу зосереджуються в частинах розміром менше 50 мм (в основному 10 мм і менше), тому без застосування спеціальної технології переробки їх неможливо відділити із загальної маси відходів. Кількість металу й оксидів заліза у шламів може досягати 20–25% та більше. Наявні обсяги виробництва чавуну та сталі, вироблених лише на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (далі – АМКР), а також наявність значної кількості шлаку на відвалах, що накопичились за роки експлуатації металургійного комбінату, дає змогу залучити щороку в обсяги переробки до 3 млн тонн шлаків відвальних і до 4,5 млн т/рік шлаків доменного виробництва.

Для кожного виду сировинних відходів (шлаки, шлами, некондиційні руди тощо) необхідно виконати техніко-економічне обґрунтування одержання залістистих та інших продуктів, добування яких є економічно вигідним і може бути застосовано в суміжних галузях промисловості.

Однак під час утилізації вторинних ресурсів виникає низка проблем. Залізородні матеріали, що знаходяться у некондиційних рудах, представлені у формі слабомагнітних окисів і часто розташовуються на значних глибинах. Тому економічна ефективність їх видобування зі використання технологій переробки, упроваджених у 1960–1970-і рр. минулого століття, не дозволяє вирішити важливе технічне й екологічне завдання щодо ефективного комплексного використання техногенних відходів гірничо-металургійної та енергетичної галузей.

Важливо відзначити, що гірничо-збагачувальний комбінат окислювальних руд (КГЗКОР), який створювався для збагачення окислених руд, на тепер є незавершеним об'єктом, технологія переробки руди, закладена у проєкті підприємства, уже застаріла.

Якщо б ця технологія була б частково впроваджена на гірничозбагачувальних комбінатах (ГЗК), що працюють, то ефективність цих підприємств могла б бути значно підвищена. Водночас технологія В.І. Кармазіна [1] з переробки окислених кварцитів має вузьку спрямованість та створена лише для отримання гематитового концентрату у великих обсягах. Тому сучасний стан економіки потребує комплексного підходу для максимального використання корисних копалин у різних сферах діяльності.

Науковими дослідженнями в гірничодобувній галузі пропонується використовувати машини, апарати і технологічні лінії, за допомогою яких можна здійснювати комплексний, а іноді й *селективний* підхід до переробки корисних копалин. Наприклад, під час розробки складів, відвалів і уступів із некондиційною продукцією на деяких етапах її переробки в переділ доцільно включати перетищення озалізненних талькомагнезитів.

Під час використання відходів ТЕС спочатку необхідно відділити із золошлаків феромагнітну та горючу фракції, а потім залишок використовувати як сировину для цементних заводів, виготовлення будівельних матеріалів, у дорожньому будівництві або для подальшої переробки. Також можна принципово скоротити кількість золошлаків, які потрапляють на відвал. Для цього пропонується вилучати з вугілля, призначеного для використання в генерації електроенергії, баластну частину (до 25–30% за вагою вихідної сировини).

Технологію переробки бокситів на глинозем частково можна змінити шляхом вилучення залізої складової частини з руди для зниження витрат хімічних реагентів та електроенергії під час проведення технологічного процесу вилуговування глинозему з бокситів. У такому разі суттєво знизиться навантаження на шламонакопичувач та доквілля.

Для промислової переробки відходів і некондиційної сировини можна використовувати невеликі мобільні апарати блокової структури з габаритами приблизно $3 \times 3 \times 12$ м, що працюють за сухим способом збагачення без застосування обо-

ротного водопостачання. Збагачувальний апарат або декілька поєднаних в єдиний блок можуть бути встановлені безпосередньо в шахті для переробки гематитових або магнетитових кварцитів крупністю до 100 мм. Таке рішення дозволяє видавати через ствол шахти не руду, а підготовлений гематитовий або магнетитовий концентрат високої якості та здійснювати селективну виїмку багатих залізних руд. Такі збагачувальні апарати можуть бути встановлені в кар'єрах, відвалах або іншому сховищі техногенної сировини.

Технологічні ланцюжки установок із переробки відходів для різних вихідних матеріалів дещо різняться одна від одної.

Для одержання залізородного концентрату (гематит-гематитового) Fe 66–68% використовується сировина гематитових кварцитів із загальним вмістом заліза 34–48%. Вихід концентрату становить 30–34%, собівартість – 12–14 доларів за тонну, вологість – 6–8%, призначається він для виробництва агломерату, окатишів, брикетів, прямого відновлення заліза.

Для одержання залізородного магнетитового концентрату Fe 66–68% сировиною є магнетитовий кварцит $Fe_{\text{маг}}$ 34–37%, вихід магнетитового концентрату становить 30–32%, собівартість виготовлення – 12–14 доларів за тонну, вологість – 4–6%. Мінеральний склад – магнетит, домішки гематиту (мартит), призначається для виробництва агломерату, окатишів, брикетів.

Принцип роботи установки полягає в тому, що вихідна руда крупністю до 100 мм проходить стадії дроблення, помелу, сепарації у вихровому потоці. Потік сировини попередньо збагачується у класах 20 мм, а потім окремо у класах $1,0 \div +0,07$ мм; $0,07 \div +0,05$ мм; 0,05 мм. Сепарація магнітна, високоградієнтна та гравітаційна (у вузьких класах величини). Готовий концентрат отримують крупністю до 1,0 мм, на виході отримуються хвости.

Можливі такі етапи освоєння технології:

1. Тестове збагачення 10–15 проб сировини, що на тепер не використовується (з вмістом заліза загального понад 20%) на різних об'єктах Криворізького регіону.

2. Проєктування та виготовлення дослідно-промислового модуля виробничою потужністю 5 т/год (від 35 до 50 тис. тонн на рік).

3. Проєктування та виготовлення промислового модуля виробничою потужністю 20 т/год (від 150 до 200 тис. тонн на рік).

4. Створення державних збагачувальних фабрик виробничою потужністю від 7 млн тонн на рік на базі однотипних модульних блоків (від 45 модулів).

Як сировину для комплексної переробки відходів рекомендуємо некондиційні руди, окислені та напівокислені кварцити, бурі залізнякаи, відходи дробильно-сортувальних фабрик, магнетитові кварцити верхніх горизонтів шахтних полів із різним вмістом заліза загального (Fe > 20%).

Запропонована технологія дозволяє отримувати залізорудний концентрат (Fe 66–68%), доменні частки, очищені від мінералів заліза, щебінь і кварцовий пісок, суху вохру та сурик, сировину для газо-, піно- й асфальтобетону, сировину для виробництва цементу, бетонів, штукатурних і кладкових розчинів та інших матеріалів.

Обладнання для проектування та виготовлення модулів вітчизняне, компактне, екологічне, мобільне, закритого типу, оснащене системою уловлювання й утилізації пилу.

Низька собівартість залізорудного концентрату (доменна частка або брикети) забезпечується завдяки використанню дробильно-розмельного та збагачувального обладнання нового покоління; внутрішньою узгодженістю параметрів дроблення, подрібнення та сепарування; скороченням податкових платежів та податків; скороченням площ земельведень порід відвалів, хвостосховищ; можливістю застосування відкрито-підземної технології видобутку руди; використанням сучасних методів доставки вихідної сировини та готової продукції з горизонтів добування на поверхню.

Попередні техніко-економічні показники стосовно введення в експлуатацію збагачувального модуля потужністю 5 т/год такі: 1) установочна потужність – 200 кВт; 2) експлуатаційні витрати – 200 тис. доларів/рік; 3) вартість розроблення проекту (ППР) з виготовлення нестандартного та придбання

стандартного обладнання – приблизно 250 000 доларів; 4) продуктивність за концентратом – 14 тис. т/рік; 5) термін окупності – 1 рік.

Для збагачувального модульного блока потужністю 20 т/годину:

- 1) установочна потужність – 760 кВт;
- 2) експлуатаційні витрати на встановлення – 770,0 тис. доларів/рік;
- 3) вартість розроблення проекту (ППР), виготовлення нестандартного та придбання стандартного обладнання – 1,4 млн доларів;
- 4) термін окупності – 10–12 міс.

Головні висновки. Наявні технології видобутку, переробки й утилізації продуктів гірничозбагачувального та металургійного виробництва фізично і морально застаріли та потребують докорінної модернізації для забезпечення сучасних темпів стабільного виробництва товарної продукції без значних внесків у розробку, наприклад, родовищ, зменшення витрат на видобуток мінеральної сировини завдяки використанню наявних заскладованих запасів відходів, що водночас зменшує екологічне навантаження на промисловий регіон.

Перспективи використання результатів дослідження. Одержані результати дослідження є певним внеском у вирішення питань поводження із промисловими відходами, що в перспективі сприятиме використанню запропонованих технологій для мінімізації шкідливого впливу на довкілля.

Література

1. Кармазин В.В., Кармазин В.И. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых : в 2-х кн. Москва : Изд-во Московского университета, 2005. 669 с.
2. Попов С.О., Сидор В.М., Новик В.А. Перспективы восстановления подземной разработки магнетитовых кварцитов в Украине. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. Днепр, 2018. Вып. № 4. С. 45–52.
3. Соколова В.П., Учитель А.Д. Переработка шламовых отходов обогащения железной руды. *Збагачення корисних копалин : науково-технічний збірник*. Дніпро, 2017. № 66. С. 3–11.

IMPROVEMENT OF MINE WATER TREATMENT TECHNOLOGICAL SCHEME BY IMPLEMENTING RAPID SAND FILTERS

Kulikova D.V., Kovrov O.S.

National Technical University "Dnipro Polytechnic"
D. Yavornytskyi Avenue, 19, 49005, Dnipro
kulikova.d.v@nmu.one, kovralex1@gmail.com

Mine water is polluted at all stages of the technological process. Its physical-chemical composition and properties are very diverse, vary significantly across coal basins, deposits and regions, and are formed under the influence of many factors. The constant transition of mining operations to deeper horizons leads to an increase in the volume and pollution rate by various chemicals in the water that taken along.

That is why mine water in most cases is not suitable for drinking water supply purposes and has properties that preclude its use for technical purposes or discharge into reservoirs without pre-treatment. With the help of existing mine water treatment technologies at coal mining enterprises, only large suspended solids can be retained, as a result of which insufficiently treated mine waters that do not meet the normative indicators of surface water quality enter the adjacent water ponds.

The paper deals with the improvement of the existing technological scheme of mine water treatment on the basis of their additional purification by a filtration method. It is proposed to install rapid sand filters with upward flow of liquid to the entire inflow at the final stage of pre-clarified mine water purification.

The implementation of the proposed technological scheme of mine water treatment at the coal mining enterprise reduces the content of fine suspended particles in the treated water to 5 mg/l. This will allow, firstly, to use the treated water for the production needs of the mine and its own needs of treatment facilities, and, secondly, to discharge the excessive water into the adjacent surface water ponds, not exceeding the relevant standards of their quality. *Key words:* mine water afterpurification, suspended solids, clarifying ponds, filters with ascending fluid flow, surface water quality standards.

Удосконалення технологічної схеми очистки шахтних вод на основі впровадження швидких піщаних фільтрів.
Кулікова Д.В., Ковров О.С.

Шахтна вода забруднюється на всіх стадіях технологічного процесу виробництва. Її фізико-хімічний склад і властивості дуже різноманітні, істотно змінюються за вугільними басейнами, родовищами і районами та формуються під впливом багатьох чинників. Постійний перехід гірських робіт на більш глибокі горизонти призводить до збільшення обсягів і забрудненості різними речовинами вод, що попутно забираються. Саме тому шахтна вода здебільшого непридатна для питного водопостачання і має властивості, що виключають її використання в технічних цілях або скид у водойми без попередньої обробки.

У зв'язку з наростаючим дефіцитом свіжої води і збільшенням кількості промислових стічних вод, що скидаються в прилеглі водойми, великого значення набуває питання очищення та використання останніх для технічного водопостачання. За допомогою існуючих методів на вугледобувних підприємствах технологій очищення шахтних вод можна затримати тільки крупні завислі домішки, внаслідок чого в прилеглі водні об'єкти надходять не досить очищені шахтні води, які не відповідають нормативним показникам якості поверхневих водойм.

У статті запропоновано вдосконалити існуючу технологічну схему очистки шахтних вод на основі їхнього доочищення методом фільтрування. Запропоновано на завершальному етапі очищення попередньо освітленої шахтної води встановити швидкі відкриті фільтри з висхідним потоком рідини на весь приток.

Впровадження запропонованої технологічної схеми очистки шахтних вод на вугледобувному підприємстві знижує вміст тонкодисперсних завислих частинок у доочищеній воді до 5 мг/л. Це дозволить використовувати доочищену воду на виробничі потреби шахти та власні потреби очисних споруд, надлишок можна скидати до прилеглих поверхневих водойм, не перевищуючи відповідних нормативів їхньої якості. *Ключові слова:* доочищення шахтних вод, завислі речовини, ставки-освітлювачі, фільтри з висхідним потоком рідини, нормативи якості поверхневих водойм.

Formulation of the problem. Any human activity is associated with the transformation of the natural environment, but the most large-scale transformation of nature is caused by mining, among which the first one is coal mining. The underground mining of coal causes a significant negative impact on the environment, which leads to significant changes in its ecological condition.

The most negative impact on the water ponds of coal-mining regions is caused by the discharge of waste waters by mining enterprises. This is due to their huge inflow rates, low quality in many respects

that do not meet modern requirements of "The rules for protection of surface waters from pollution" [1], as well as the large-scale impact of coal mining processes on water ponds for a long time in a huge area. That is why mine water is a dangerous component of modern industrial production, which brings irreversible changes to the environment, deteriorating the quality of water in natural reservoirs.

Research topicality. Due to the growing shortage of fresh water and the increase in the amount of industrial wastewater discharged into adjacent reservoirs,

the issue of treatment and use of the latter for technical water supply is of great importance. This will, on the one hand, reduce the use of drinking water for the needs not related to drinking and domestic water supply, and, on the other hand, improve the sanitation of surface and groundwater.

Despite the growing scientific and technical capabilities, the problem of surface water protection and, in particular, sanitary protection of water ponds from pollution by mine waters remains quite topical [2-3].

Relation of copyright work with important scientific and practical tasks. The application of the proposed and improved technological scheme of mine water treatment at the coal mining enterprise reduces the content of suspended solids after the first stage of purification in clarifying ponds to 30-50 mg/l. After the second stage of purification in rapid open granular filters with ascending liquid flow, the content of fine suspended particles in the purified water is reduced to 5 mg/l. This allows, firstly, to use it for the production needs of the mine and own needs of treatment facilities, and, secondly, the excess of treated water can be discharged to the adjacent surface water ponds, not exceeding the relevant standards of their quality.

Analysis of recent research and publications. Based on the requirements for water quality, the main methods of purification of mine water from suspended solids refer to sedimentation in settling tanks and clarifying ponds and filtering through a layer of granular material, mesh and fabric etc. The research works [4-8] and practical experience of mine water treatment shows that the applied methods of treatment and facilities have a certain efficiency, which is achieved with optimal technological parameters of the facilities and their proper operation.

The technological scheme with clarifying ponds can be effectively used for treatment of mine waters, in which suspended solids have good sedimentation properties, i.e. kinetically unstable and capable of coagulation without the introduction of chemical reagents (coagulants). In this case, the technically achieved quality of purified mine water after the clarifying pond on the content of suspended solids does not exceed 30-50 mg/l [9].

The advantage of wastewater treatment technology using clarifying ponds is a combination of water clarification and sludge storage processes, simplicity of installation and operation, as well as high efficiency and reliability of their operation. Especially good results are obtained in the initial period: the water in the ponds is completely purified. Then, as the sediment accumulates, the cleaning efficiency decreases, the amount of suspended solids at the outlet exceeds the allowable concentrations and these waters can be used for domestic purposes only after additional treatment.

In [10-12] the results of researches on development of methods, both mechanical, and reagent purification of mine waters are resulted. Based on the performed research, depending on the properties of the source mine

water and the requirements for the quality of treated, technological schemes of mine water treatment have been developed and implemented [13].

The difference in the composition and technological properties of mine water, on the one hand, and the requirements for the quality of treated water, on the other hand, does not allow choose one universal technological scheme, which in all cases would provide the required degree of purification and be the most economical.

Selection of previously unresolved tasks of the general problem. In practice, the purification of mine water from suspended solids is carried out using different methods and structures, which differ significantly from each other in efficiency and other technical and economic parameters.

Analysis of existing methods and means for reducing the level of environmental hazard due to discharge of contaminated mine water by coal mining companies into surface water ponds showed that it is possible to retain only large suspended impurities (coal particles and rocks) using of existing mine water treatment technologies. As a result, about 95% of insufficiently treated mine water are discharged into surface reservoirs, which leads to siltation of water ponds.

The **purpose** of the paper is to improve the technological scheme of mine water treatment on the basis of their additional treatment by filtration to effectively reduce the content of fine suspended solids to the normative indicators of surface water quality.

The research novelty refers to improvement of the technological scheme of mine water treatment at existing coal mining enterprises by installing fast open granular filters with ascending fluid flow to the entire inflow at the final stage of purification. It allows remove not only coarse suspended solids but also fine coal and rock particles from wastewater, the content of which can reaches 50-70% of the total mass of the dispersed phase.

Methodological or general scientific significance. Compliance with the "Rules of protection of surface waters from pollution by return waters" due to the implementation of the proposed technological scheme for mine water treatment allows show the ability of self-cleaning of reservoirs and watercourses in full, which leads to maintaining cleanliness and sanitation of adjacent areas.

Outline of the main material. The discharge of mine water into reservoirs is regulated by the "Rules for the protection of surface waters from pollution by return waters" [1]. First of all, the rules envisage the restriction of the discharge of such wastewater into reservoirs, which can be used in rational production technology through return water supply systems, as well as with the observance of the necessary sanitary requirements in agriculture.

According to the value of the maximum concentration of suspended solids in the water intended for use, all major consumers (technological processes and devices) can be divided into two groups. Group I includes techno-

logical processes of wet coal beneficiation, preventive siltation and hydro-laying, prevention of spontaneous combustion and extinguishing of waste heaps, hydraulic extraction, hydraulic transport and boiler rooms (hydro-ash removal), group II – boiler rooms (steam production), stationary compressor and degassing units, conditioning facilities, dust removal equipment.

Group I consumers do not have high requirements for water quality in terms of the concentration of suspended solids and can consume mine water without preliminary treatment. Experience shows that the use of untreated mine water by these consumers in compliance with other indicators of chemical composition does not lead to any undesirable consequences.

The concentration of suspended solids in water intended for consumers of group II should be in the range of 5-30 mg/l. Based on this, mine water can be used by consumers of group II, as a rule, subject to pre-treatment of suspended solids.

In general case, the technology of neutral mine water treatment includes a number of technological processes. In each case, depending on the composition and technological properties of mine water, the requirements for the treatment efficiency and the characteristics of the applied methods and devices, individual processes can be completely excluded from the technology or combined with other processes. In addition, the same technological processes can be carried out using different structures and devices in their design. These circumstances cause a great variety of technological schemes used in practice.

To compare them with each other and present technical and economic assessment, the general requirements for treatment technology and treatment facilities are developed. They are described as it follows [13]:

- purification technology should include 3 main stages: removal of suspended solids (or clarifying), disinfection of water, treatment (or storage) of sludge;
- removal of suspended solids should be carried out in one or two stages depending on their concentration in the source mine water;
- treatment technology must ensure the receipt of the required quality of treated water by changing the quantity and quality of source mine water according to the

seasons of the year, as well as a result of opening new horizons and development of new areas of the mine field;

- the quality of mine water treatment should ensure the possibility of widespread use of treated water for production needs of enterprises and meet the conditions of discharge of excess volume into reservoirs;

- treatment plants should be reliable in operation, economical, easy to build and operate, as compact as possible and should not occupy large areas suitable for use in the national economy;

- technological processes of water purification and sludge treatment should be as amenable to mechanization, remote control and automation;

- the set of technological schemes of treatment should cover all possible range of change of inflows, structure and technological properties of mine waters.

Based on the analysis of the research results, practical experience in applying various technological schemes of mine water treatment and identifying compliance of these schemes with the above general requirements, the most modern and effective technological schemes of mine water treatment using clarifying ponds are selected and presented in the Table 1.

Technological schemes provide different degrees of mine water treatment. Purification from suspended solids is carried out in one or two stages. In two-stage technological schemes, depending on the specific conditions, the whole volume of mine water or only a part of it can be subjected to deep purification. Each technological scheme provides the set efficiency and is the most economic only in certain, characteristic for it conditions of application, at a certain structure and technological properties of mine water.

According to these technological schemes, wastewater treatment plants are designed to clean from suspended solids and disinfection of neutral mine waters with pH = 6.5-8.5 in order to use them for the manufacturing needs of the mine and neighboring enterprises, as well as to prevent water pollution due to discharge of excessive volume of mine waters.

The total concentration of suspended solids in the primary mine water is not limited. The content of fine particles with a hydraulic size less than 0.05 mm/s should not exceed 50 mg/l. The above mentioned methods

Table 1

Conditions for the application of technological schemes using clarifying ponds and indices of cleaning efficiency [13]

Manufacturing scheme	Productivity of treatment facilities, m ³ /hour	Concentration of suspended solids, mg/l:		
		in the primary water	in purified water	
			after 1 st stage	after 2 nd stage
Large-capacity settling pond	not limited	not limited	30-50	-
Cascade of settling ponds	not limited	not limited	20-30	-
Settling pond and quick filters on part of the inflow	not limited	not limited	30-50	10-20
Settling pond and rapid filters for the entire inflow	not limited	not limited	30-50	to 5

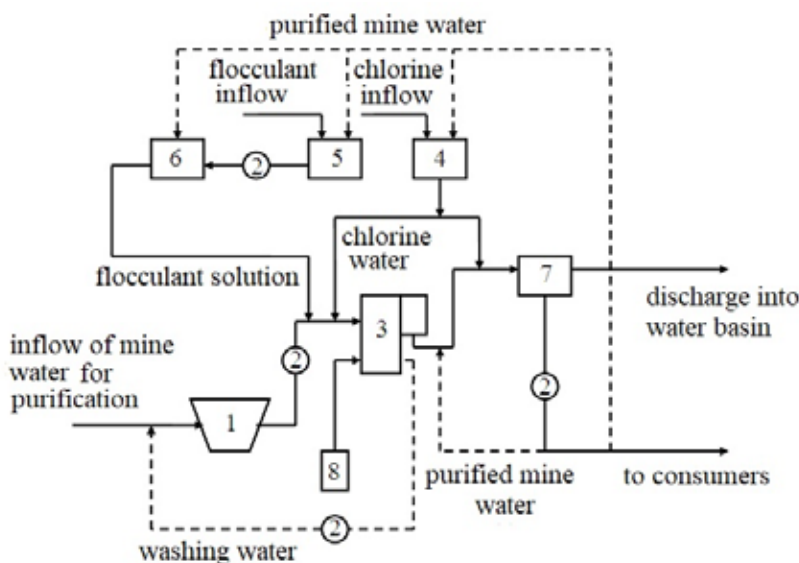


Fig. 1. Improved technological scheme for mine water treatment on the basis of afterpurification by filtration

1 – high-capacity clarifying pond; 2 – pumps; 3 – rapid filter; 4 – chlorinator; 5 – soluble flocculant tank; 6 – flocculant expendable tank; 7 – tank for purified mine water

for mine water treatment from suspended solids are the basis for the proposed application of an advanced technological scheme of mine water treatment.

When purifying mine waters at coal mining enterprises according to the existing technological scheme, which consists of a high-capacity clarifying pond, the water quality does not meet the standards required for fishery reservoirs regarding the content of suspended solids. Therefore, it was proposed to improve it by installing at the final stage of purification of pre-clarified mine water rapid open granular filters with upward flow of liquid to the entire inflow. In this case, the technically achievable quality of treated mine water on the content of suspended solids does not exceed 5 mg/l. The capacity of water treatment facilities is not limited.

The improved technological scheme for mine water treatment on the basis of additional purification by the filtration method is presented in Fig. 1. In the proposed technological scheme, mine water enters the clarifying pond 1 of large capacity through a pressure or self-flowing pipeline. Then, after sedimentation it is taken by the pump 2 to the rapid open granular filters 3. The content of suspended solids in preliminary clarified mine water before entering the filters is 30-50 mg/l.

The main feature of the proposed scheme is the implementation of filtering pre-clarified mine water in the direction of decreasing grain size of the filter loading along the stream (bottom up). As a result, the dirt removal capacity of the filter and the duration of the filter cycle increases, and the possibility of siltation of fine-grained layers of filter loading is excluded.

In order to improve the quality of water purification, its filtration can be carried out by pre-treatment with

a solution of flocculant. Polyacrylamide (PAA) is used as a reagent to reduce the amount of precipitate. Preparation of a concentrated solution of flocculant takes place in a soluble tank 5 with mechanical stirring. From the soluble tank 5, the concentrated flocculant solution is pumped by the pump 2 into the flow tank 6, diluted in it to the working concentration and dispensed by means of a float dispenser into the mine water to be purified before it enters the filters.

The filters are flushed with purified mine water from the tank 7 by means of a special pump and air from a blower. Contaminated flushing water by pump 2 is supplied for treatment to the clarifier pond in conjunction with the source mine water. The filtrate of purified mine water is mixed with chlorinated water produced in the chlorinator 4, and followed to the tank of purified water 7 for disinfection. The treated water from the tank is used for the manufacturing

needs of the mine and the own needs of the treatment facilities. Excessive amount water is discharged to adjacent water reservoirs.

The advantages of the improved technological scheme of mine water treatment based on filtration method include the following:

- it can be used in a wide range of mine waters inflows;
- it provides high quality of purified mine water regardless of the initial concentration of suspended solids, which allows its widespread use for the manufacturing needs of enterprises;
- to achieve high quality cleaning, it is sufficient to use one reagent (usually a flocculant), which simplifies the reagent facilities;
- dewatering and sludge storage is combined in one building with the clarifying of the source mine water and does not require large operating costs;
- wastewater treatment plants are easy to build and operate and characterized by the lowest specific capital operating costs.

Conclusions. The actual practical problem is solved in the paper, which consists in improvement of the technological scheme for mine water purification due to installation of rapid open granular filters with ascending liquid flow on all inflow at the final stage of purification.

The implementation of the proposed technological scheme of mine water treatment at the coal mining enterprise reduces the content of suspended solids in the water after the first degree of purification in the clarifying ponds to 30-50 mg/l. After the second stage of purification in rapid open granular filters with ascending liquid flow, the content of fine suspended particles in the purified water is reduced to 5 mg/l.

Perspectives for the further use of research results.

The implementation of an advanced technological scheme for mine water treatment by installing rapid open granular filters with ascending fluid flow to the entire inflow at the final stage of purification effectively reduces

the content of fine particles of slurry. It allows, first, use purified water for manufacturing needs and own needs of treatment facilities, and, second, the discharge excessive water into adjacent surface water ponds without exceeding the standards of environmental quality.

References

1. Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами : Постанова КМУ від 25 березня 1999 року. № 465. *Офіційний вісник України*. 1999. № 13.
2. Kulikova D.V., Pavlychenko A.V. (2016). Estimation of ecological state of surface water ponds in coal mining regions as based on the complex of hydrochemical indicators. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 62–70.
3. Gorova A., Pavlychenko A., Kulyna S., Shkremetko O. (2013). The investigation of coal mines influence on ecological state of surface water ponds, *Annual Scientific-Technical Colletion Mining of Mineral Deposits*. Leiden, The Netherlands : CRC Press / Balkema, p. 303–305.
4. Харионовский А.А. Комплексная очистка шахтных и карьерных вод от техногенных загрязнений. Шахты : Изд-во ЮРО АГН, 2000. 238 с.
5. Виговська Д.Д., Виговський Д.Д., Пікульова Т.П. Технологічні особливості очищення шахтних вод. *Вісті Донецького гірничого університету*. № 1(30)-2(31). 2012. С. 78–83.
6. Гулько С.Е., Гомаль И.И. Анализ состава и состояния гидротехнических сооружений угольных шахт. *Вісті Донецького гірничого університету*. № 1(32). 2013. С. 78–84.
7. Кривошеков В.И., Чутчева А.Г. Проблема очистки шахтной воды и направление ее решения. *Збагачення корисних копалин*. Вип. 55(96). 2013. <http://zzkk.nmu.org.ua/pdf/2013-55-96/11.pdf>.
8. Ворон Л.В., Ланге Л.Р., Благоразумова А.М. Проблемы очистки шахтных вод. *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. № 2(12). 2015. С. 76–79.
9. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности. М. : Недра, 1981. 269 с.
10. Витренко Л.М., Сергиенко С.Ф. Очистка шахтных вод от грубодисперсных примесей. *Научные труды ВНИИОСуголь «Очистка и использование шахтных вод»*. Вып. XVI. 1973. С. 29–36.
11. Витренко Л.М., Сергиенко С.Ф. Новые технологические схемы очистки шахтных вод в Донбассе. *Научные труды ВНИИОСуголь «Очистка и использование шахтных вод»*. Вып. XVI. 1973. С. 73–85.
12. Kolesnyk V., Kulikova D., Kovrov S. (2013). In-stream settling tank for effective mine water clarification In: *Annual Scientific-Technical Collection “Mining of Mineral Deposits”*. CRC Press/Balkema, Netherlands; Taylor & Fransis Group, London, UK. P. 285–289.
13. Технологические схемы очистки от взвешенных веществ и обеззараживание шахтных вод : каталог. Пермь : ВНИИОСуголь, 1986. 69 с.

КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ ЯРУЖНО-БАЛКОВИХ СИСТЕМ РАЙОНІВ РОДОВИЩ ЗАЛІЗНИХ І МАРГАНЦЕВИХ РУД

Сараненко І.І.

Херсонський державний університет
вул. Університетська, 27, 73009, м. Херсон
i.i.saranenko@ukr.net

У дослідженні розвитку яружно-балкової ерозії великою проблемою є недостатня кількість наукових досліджень. Статистична звітність у формі кількісного обліку земель Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру не відображає сучасний стан ураження ярами, особливостей поширення яружно-балкової ерозії, її форми і параметри, наслідки впливу на комунікації, забудовані землі, с/г території, ліси. Відсутність подібної інформації унеможливило розробку та виконання ефективних протиерозійних заходів, що призводить до значних втрат цінних земель. Дослідження процесів розвитку і формування яружно-балкових систем є доцільним на різних рівнях: державному, обласному, районному, місцевому.

У роботі запропоновано застосування кластерного аналізу для прогнозування розвитку яружно-балкових систем і виявлення кластерів-маркерів у районах родовищ залізних і марганцевих руд у межах Степової зони України.

Для виконання поставленої задачі визначено динаміку розвитку ярів засобами ГІС, проведений кластерний аналіз k-середніх для виявлення осередків яроутворення і забруднення, відібрано проби ґрунту та встановлені такі показники: гранулометричний склад, ємність поглинання, вміст важких металів (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd), розрахований сумарний показник концентрацій. Кластерний аналіз показав свою доцільність та ефективність при проведенні комплексного дослідження яружно-балкових систем. Кластерами-маркерами їх формування та розвитку є ландшафтний і ґрунтовий. У кластерах 1, 2, 3 виявлені такі екологічні ризики: забруднення ґрунтів важкими металами з перевищенням ГДК від 3 до 100 разів; утворення вирв глибиною від 85 до 120 м; вилучення родючих земель від 30 до 130 тис. га, відсутність ланок яружно-балкових систем – байраків.

Коефіцієнт еродованості, ємність поглинання ґрунту та важкий гранулометричний склад сприяють збільшенню площі ярів і накопиченню важких металів. *Ключові слова:* кластерний аналіз, яружно-балкові системи, гранулометричний склад, ємність поглинання, вміст важких металів, сумарний показник концентрацій, екологічні ризики, кластери-маркери.

Cluster analysis of gully systems of iron and manganese ore deposits. Saranenko I.

Insufficient research is a big problem in the study of the development of gully erosion. Statistical reporting in the form of quantitative accounting of lands of the StateGeoCadastre does not reflect the current state of ravine damage, features of the spread of ravine erosion, forms and parameters of the state, consequences of communications, built-up lands, agricultural lands, forests. The consequence of the lack of such information is the impossibility of developing and implementing effective anti-erosion measures, which leads to significant losses of valuable land. Research of processes of development and formation of gully systems is expedient at various levels: state, regional, district, local.

In this paper, it is proposed to use cluster analysis to predict the development of the gully system and to identify marker-clusters in the areas of iron and manganese ore deposits within the steppe zone of Ukraine.

The dynamics of ravine development was determined by GIS means, cluster analysis of k-means was performed to detect foci of spring formation and pollution, soil samples were taken and indicators were determined: particle size distribution, absorption capacity, content of heavy metals (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) to perform this task. Cluster analysis showed its feasibility and effectiveness in conducting a comprehensive study of gully. Clusters 1,2,3 identify the following environmental risks: soil contamination with heavy metals exceeding the MPC from 3 to 100 times; formation of a funnel with a depth of 85 to 120 m; withdrawal of fertile lands from 30 to 130 thousand hectares, lack of bayrak.

The coefficient of erosion, soil absorption and distribution of heavy particles contribute to the increase in the area of ravines and the accumulation of heavy metals. *Key words:* cluster analysis, gully systems, particle size distribution, absorbency, heavy metal content, general concentration index, environmental risks, marker-clusters.

Постановка проблеми. Серед спектру процесів, які впливають на кількісні та якісні показники ґрунтового покриву, одним із найнебезпечніших є яружно-балкова ерозія. Під її впливом утворюються від'ємні форми рельєфу – яри довжиною від кількох десятків метрів до кількох кілометрів. Яружна мережа з вершинами і боковим відгалуженням розчленовує поля, погіршує умови використання земель. Яружно-балкова ерозія є найвищим ступенем руйнування ґрунту [1; 2].

Актуальність дослідження. Поширення ярів і балок українським степом пояснюється переважанням найбільш схильних до процесів розмивання

лесових порід; посушливим літом з інтенсивними зливами; розчленованістю поверхні; відсутністю деревних рослин; вмістом і міграцією хімічних елементів [3, 4]; інтенсивною антропогенною діяльністю. Так, у Криворізькому залізничному басейні під кар'єрами і шахтами перебувають понад 30 тис. га земель, а при видобутку 1 млн т марганцевої руди порушується від 16 до 30 га.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. На території Степової зони України знаходяться три родовища залізних і марганцевих руд: Криворізький залі-

зородний басейн, Білозерський залізородний район і один із найбільших у світі – Нікопольський марганцевий басейн, який складається з Нікопольського і Великотокмацького родовищ, а також рудоносних площ на межиріччі Дніпро – Інгулець. Басейн розміщений на території Дніпропетровської і Запорізької областей. Вміст марганцю в окисних рудах в середньому 25-30%, а загальні запаси руди – понад 2 млрд тонн. Родовища розміщуються на родючих чорноземах звичайних і південних, які потерпають від забруднення та деградації [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Процеси яружно-балкової ерозії та ґрунтовий і рослинний покрив рудних кар'єрів вивчали О.Л. Бельгард (1971), Н.А. Білова (1999), А.Ю. Мазур, М.Г. Сметана (1999), М.М. Назарова, І.І. Рісіна, Ю.Г. Симонова, К.Ф. Зоріна (2003), А.П. Травлєєв (2005), Н.М. Цветкова (2013), В.В. Кучеревський, Г.Н. Шоль, М.О. Баранець, Т.В. Сіренко, О.В. Красноштан (2015), В.М. Зверковський, О.С. Зубкова (2016).

Мета дослідження: виявити кластери-маркери утворення яружно-балкових систем.

Об'єкти дослідження: райони родовищ залізних і марганцевих руд українського степу: Нікопольський, Білозерський, Криворізький.

Предмет дослідження: формування яружно-балкових систем.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Методи дослідження: польовий і кластерний аналіз k-середніх. Зразки ґрунту відбиралися у 5-кратній повторності з шару 0-50 см. Польові роботи та лабораторні аналізи проводилися за загальноприйнятими методиками [6, 7]. Визначення вмісту важких металів (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) у пробах ґрунту проводили методом атомно-абсорбційного спектрального аналізу [8-10]. Сумарний показник концентрації (далі – СПК), що визначає суму під-

вищеного вмісту над фоновим рівнем усіх хімічних елементів, які беруть участь у забрудненні, розраховували за формулою:

$$\text{СПК} = \sum_{i=1}^n C = \sum_{i=1}^n K_{C_i} - (n - 1),$$

де K_{C_i} – коефіцієнт концентрації хімічного елементу,

n – число елементів, для яких $K_{C_i} > 1$ [11].

Завдання дослідження: визначити закономірності просторового розподілу ланок яружно-балкових систем району родовищ залізних і марганцевих руд. Для виконання поставленої задачі на растровому зображенні Степової зони України у середовищі ГІС відокремлені такі багатокомпонентні кластери: зональний; гідрографічно-басейновий; рельєфний; ландшафтний; ґрунтовий [12-14]. Для кожного родовища визначимо кластерну належність шляхом співставлення шарів (табл. 1).

За результатами аналізу відокремлені [15; 17; 18]:

1) klaster 1 об'єднує такі складники: чорнозем звичайний; марганцева руда; чорнозем південний (Нікопольський марганцеворудний басейн);

2) klaster 2: чорнозем південний; залізна руда (Білозерський залізородний район);

3) klaster 3: чорнозем звичайний; залізна руда (Криворізький залізородний басейн).

Кластерами-маркерами формування та розвитку яружно-балкових систем виявилися ландшафтний і ґрунтовий.

Закономірності просторового розподілу ярів, балок і байраків у кластерах 1, 2, 3 обчислено за формулою (1) [12]:

$$\begin{aligned} \text{Klaster} &= (\text{yariv} : \text{balok} : \text{bajrakiv} (S, \%)) / \\ &(\text{yariv} : \text{balok} : \text{bajrakiv} (N.od.)), \quad (1) \\ \text{Klaster1} &= \frac{3 : 1}{2,5 : 1}; \end{aligned}$$

Таблиця 1

Кластерна належність районів родовищ залізних і марганцевих руд

Кластер (Klaster)	Нікопольський марганцеворудний басейн	Білозерський залізородний район	Криворізький залізородний басейн
Зональний	середньостепова	середньостепова	північностепова
Гідрографічно-басейновий	Дніпра	Дніпра	Дніпра
Рельєфний	Бузько-Дніпровська низовинна область; Дніпровсько-Молочанська низовинна область	Дніпровсько-Молочанська низовинна область	Південно-придніпровська схилово-височинна область
Ландшафтний	сильно розчленовані височини з ярами і балками, врізаними в кристалічні породи; лесові хвилясті рівнини з ярами і балками, врізаними в кристалічні породи	лесові рівнини, розчленовані степовими балками (роздолами)	сильно розчленовані височини з ярами і балками, врізаними в кристалічні породи
Ґрунтовий	чорнозем звичайний; чорнозем південний	чорнозем південний	чорнозем звичайний

Результати розрахунків

№ з/п	Klaster	Коефіцієнт еродованості	Гранулометричний склад	Ємність поглинання, мг-екв/100 г	Річна динаміка показників			Сумарний показник концентрації
					Площа ярів, S, м ²	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	
1.	klaster 1	3,5	суглинок середній, суглинок важкий	43,0±1,3	+10,0	+21,1±1,1	+12,1±0,1	3,0
2.	klaster 2	3,0	суглинок важкий	47,0±1,3	+7,0	+101,1±1,1	+4,5±0,1	100,0
3.	klaster 3	2,7	суглинок середній	37,0±1,3	+5,0	+121,2±1,1	+7,5±0,1	5,0

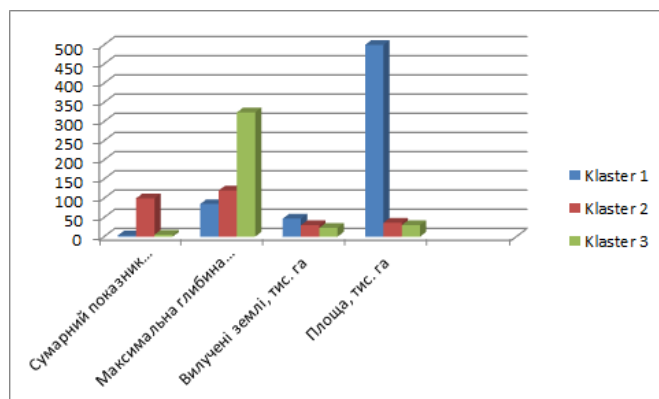


Рис. 1. Показники екологічної небезпеки районів родовищ у кластерах

$$Klaster\ 2 = \frac{2:1}{2:1};$$

$$Klaster\ 3 = \frac{2:1}{3:1}$$

У цих кластерах відсутня ланка яружно-балкової системи – байрак.

Однією з головних проблем, які виникають під час розробки родовищ, є величезні маси розкривних гірських порід, четвертинних відкладів і некондиційних руд, що видобувають разом із залізними і марганцевими рудами й складають у величезних відвалах [16]. У кожному кластері відібрані проби ґрунту та проведені лабораторні аналізи, за результатами яких розраховані показники яружності та екологічної небезпеки [19] (табл. 2).

Коефіцієнт еродованості ґрунту у першому кластері найвищий – 3,5, при цьому площа ярів збільши-

лася на 10,0 м², а вміст марганцю – на 12,0 мг/кг. У другому кластері ємність поглинання важкосуглинкового ґрунту – 47,0 мг-екв/100 г, а СПК = 100. У третьому кластері спостерігається значне збільшення вмісту марганцю до 121,2 мг/кг.

Основними критеріями екологічної небезпеки у кластерах є сумарний показник забруднення, площа вилучених земель і максимальна глибина вибоїн [16] (рис. 1).

У кожному кластері виявлені аномальні значення:

1) klaster 1: площа вилучених земель – 46,7 тис. га;

2) klaster 2: сумарний показник забруднення наближається до 100;

3) klaster 3: максимальна глибина вибоїн – 324 м.

Головні висновки. Кластерний аналіз показав свою доцільність та ефективність при проведенні комплексного дослідження яружно-балкових систем. Кластерами-маркерами їх формування та розвитку є ландшафтний і ґрунтовий. У кластерах 1, 2, 3 виявлені такі екологічні ризики: забруднення ґрунтів важкими металами із перевищенням ГДК від 3 до 100 разів; утворення вирв глибиною від 85 до 120 м; вилучення родючих земель від 30 до 130 тис. га, відсутність ланок яружно-балкових систем – байраків.

Кластерами-маркерами формування та розвитку яружно-балкових систем виявилися ландшафтний і ґрунтовий. Коефіцієнт еродованості, ємність поглинання ґрунту та важкий гранулометричний склад сприяють збільшенню площі ярів і накопиченню важких металів.

Література

- Белова Н.А., Травлев А.П. Естественные леса и степные почвы. Днепропетровск : ДГУ, 1999. 348 с.
- Бельгард А.Л. Степное лесоведение. Москва : Лесная промышленность, 1971. 336 с.
- Берлянт А.М. Картография : учебник для вузов. Москва : Аспект Пресс, 2002. 336 с.
- Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України : посібник. Київ : ІНКІОС, 2009. 614 с.
- Травлев А.П., Белова Н.А., Боговин А.В., Дубина А.А. Байрачные леса бывшей порожистой части Днепра – составная часть экологической сети юга Украины. *Екологія та ноосферологія*. 2005. Т. 16, № 3-4. С. 75–94.
- ДСТУ 4730:2007 Якість ґрунту. Визначення гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського. [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2008. 18 с. (Інформація та документація).
- ДСТУ 8345:2015 Якість ґрунту. Методи визначення ємності катіонного обміну. [Чинний від 2017-07-01]. Київ, 2017. 15 с. (Інформація та документація).

8. ДСТУ 7913:2015 Якість ґрунту. Метод визначання рухомих сполук заліза [Чинний від 2016-07-01]. Київ, 2007. 24 с. (Інформація та документація).
9. ДСТУ 4770.1:2007 Качество почвы. Определение содержания подвижных соединений марганца в почве в буферной аммонийно-ацетатной вытяжке с рН 4,8 методом атомноабсорбционной спектроскопии. [Чинний від 2009-01-01]. Київ, 2009. 21 с. (Інформація та документація).
10. Slavin W., Manning D.G., Camrick G. Effect of graphite furnace substrate materials on analysis by furnace atomic absorption spectrometry. *Anal. Chem.*, 1981, vol. 53, № 9, p. 1504–1509. doi: 10.1021/ac00232a047.
11. Степанова М.Д. Микроэлементы в органическом веществе почв. Новосибирск : Наука, 1976. 106 с.
12. Сараненко І.І. Закономірності розповсюдження ярів, балок і байраків у Степовій зоні України. *Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи*. Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю з дня народження чл.-кор. НАН України, професора А.П. Травлєєва. 11 вересня 2019 року. Дніпро : ДНУ ім. Олесь Гончара, 2019. С. 79–81.
13. Зацерковний В.І., Бурачек В.Г., Железняк О.О., Терещенко А.О. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. Кн. 2. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 237 с.
14. Цветкова Н.М., Сараненко І.І., Дубина А.О. Застосування геоінформаційних систем в оцінюванні розвитку яружно-балкової ерозії Степової зони України // Вісник Дніпропетровського університету імені Олесь Гончара. Серія: Біологія. Екологія. 2015. 23(2). С. 197–202.
15. Saranenko I.I. Application experience of agricultural lands productivity improvement methods / I.I. Saranenko // *Polish Journal of Natural Sciences: [czasopismo naukowe / Redaktor naczelny – Małgorzata Woźniak]*. UWM in Olsztyn, 2011. № 26(4). P. 285–292.
16. Харитонов Н.Н. Экологические проблемы функционирования природно-ресурсного цикла по добыче марганцевой руды в Днепропетровской области. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2006. № 3. С. 110–112.
17. Parnikova I., Vasiluk A. Ukrainian steppes: current state and perspectives for protection. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska. Sectio C.*, 2011. vol. 66, 1. P. 23–37.
18. Viktiga savanner. In: *Sveriges Natur. Mitgliebszeitschrift des schwedischen Naturschutzvereins*, Stockholm, September. 2015. № 106-415. S. 16.
19. Цветкова Н.Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины. Днепропетровск : ДГУ, 2013. 238 с.

АПРОБАЦІЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИВЧЕННЯ ПЛАНКТОСТОКУ В ГИРЛОВІЙ ДІЛЯНЦІ РІЧКИ ДЕСНИ В СИСТЕМІ РИПАЛЬ – МЕДІАЛЬ

Середа Т.М., Громова Ю.Ф.

Інститут гідробіології Національної академії наук України
пр. Героїв Сталінграда, 12, 04210, м. Київ
seredatm@ukr.net, yulia.gromova@gmail.com

Дослідження стоку фітопланктону і зоопланктону було проведено в липні 2019 року у поперечному перерізі гирлової ділянки річки Десни, яка не зазнає впливу попусків Київської ГЕС. Відповідно до схеми експерименту проби відбирали з поверхневого шару води (0,2-0,3 м) у поперечному перерізі русла шириною близько 100 м на п'яти створах: рипаль (прибережна смуга правого берега, глибина 0,8 м, швидкість течії 0,2 м/с і прибережна смуга лівого берега, глибина 0,8 м, швидкість течії 0,5 м/с), медіаль (середня ділянка русла, глибина 1,0 м, швидкість течії 0,6 м/с), перехідні ділянки (20 м від правого берега, глибина 2,5 м, швидкість течії 0,5 м/с і 20 м від лівого берега, глибина 2,2 м, швидкість течії 0,6 м/с).

Проби сіяного планктону відбирали на течії за допомогою планктонної сітки з експозицією 60 с. Використання млинового сита № 76-80 дозволило одночасно уловлювати організми фіто- і зоопланктону. У зв'язку з неоднорідністю стокових характеристик у поперечному перерізі русла визначали величину питомого планктостоку ($г/с \cdot м^2$) для кожного створу, а також розраховували середню величину планктостоку ($г/с$, $кг/добу$).

Дослідження планктостоку з використанням нових методичних підходів, які враховують особливості водного потоку, показали, що значення фіто- і зоопланктостоку в поперечному перерізі нижньої ділянки русла Десни в період літньої межени при витратах води $70 м^3/с$ становили 48 989 і 42 $кг$ за добу. Гідродинамічний потік зумовлював неоднорідність складу і кількісних показників планктостоку в поперечному перерізі русла – максимальні значення припадали на ділянки рипалі і медіалі, що характеризувалися найменшими глибинами, мінімальні – на глибоководні ділянки. Динаміка кількісного розвитку фіто- і зоопланктону в поперечному перерізі русла була подібною. *Ключові слова:* стік планктону, фітопланктон, зоопланктон, рипаль, медіаль, витрати води, річка Десна.

Approbation of methodical approaches to the study of plankton run-off in the mouth part of the Desna river in the ripal – medial system. Sereda T., Gromova Yu.

The study of phytoplankton and zooplankton run-off was carried out in July 2019 in the cross section of the mouth of the Desna River. The hydrological regime of the considered section is not affected by the Kyiv HPP operation. According to the scheme of the experiment, samples were taken from the surface layer of water (0.2-0.3 m) in the cross section of the channel, about 100 m wide, on five sites: ripal (coastal stripe of the right waterside, depth 0.8 m, current velocity 0.2 m/s and coastal strip of the left waterside, depth 0.8 m, current velocity 0.5 m/s), medial (middle section of the channel, depth 1.0 m, current velocity 0.6 m/s), transition areas (20 m from the right waterside, depth 2.5 m, current velocity 0.5 m/s and 20 m from the left waterside, depth 2.2 m, current velocity 0.6 m/s).

The plankton net was hold for 60 s against the current. The mill sieve № 76-80 enabled to simultaneously capture phytoplankton and zooplankton organisms. The values of the specific plankton run-off ($г/с \cdot м^2$) for each site was determined, and the average value of the plankton run-off ($г/с$, $кг/day$) was calculated with account of the discharge characteristics within the cross section of the channel.

Studies of the plankton run-off using new methodological approaches taking into account peculiarities of the water flow showed that the daily phyto- and zooplankton run-off in the cross section of the mouth part of the Desna River during the summer low water at discharge of $70 м^3/s$ amounted respectively to 49000 and 42 $кг$. Hydrodynamic flow caused the heterogeneity of the plankton run-off in the cross section of the riverbed – maximal values were registered in ripal and medial, were the depth was minimal, whereas minimums – in the intermediate deep-water sections. The dynamics of the phytoplankton and zooplankton quantitative development in the cross section of the riverbed was similar. *Key words:* the plankton run-off, phytoplankton, zooplankton, ripal, medial, discharge, Desna River.

Постановка проблеми. В річкових екосистемах течія є головним чинником формування структурних і функціональних характеристик біостокую, зокрема стоку фіто- і зоопланктону. Методи класичної гідробіології, що були розроблені для досліджень озер і водосховищ, у річкових екосистемах не враховують функцію стоку.

Актуальність дослідження. Актуальним напрямом гідробіологічних досліджень є пошук репрезентативних методичних підходів до вивчення річкових систем через розуміння механізмів формування динамічних угруповань планктону в умовах потоку. З ура-

хуванням попередніх досліджень фіто- та зоопланктону р. Десни ми дійшли висновку, що розмірність кількісного розвитку фіто- і зоопланктону в одиницях ваги за період часу ($г/с$, $кг/доба$, $т/рік$ тощо) найбільш точно відображає динамічність формування та переносу біомаси компонентів планктону у річках з різними параметрами та умовами стоку [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Натепер досить розроблені репрезентативні підходи до вивчення дрейфу – явища, характерного для донних безхребетних у річкових екосистемах [3-7]. Однак досліджень біоти планктону в умовах потоку через

розуміння параметрів стоку вкрай мало [2; 8-10]. Здебільшого вони зосереджені на сезонних особливостях стоку планктону та його динаміці по повздовжньому профілю русла.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Попередніх досліджень планктостоку в поперечному профілі русла нами не знайдено. Неоднорідність характеристик річкового потоку в поперечному перерізі русла визначає особливості формування і динамічність планктостоку в системі рипаль – медіаль, що необхідно враховувати при розрахунках середньої величини планктостоку на ділянці річки.

Новизна. Проведено апробацію нових методичних підходів до вивчення планктостоку в гирловій ділянці Десни в системі рипаль – медіаль. Використання одного уніфікованого знаряддя лову для організмів планктону дає можливість найбільш точно визначити співвідношення фітопланктонних і зоопланктонних компонентів стоку та оцінити їх роль.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дані щодо характеристик біостоку та його компонентів мають важливе значення для правильного розуміння біологічних процесів і закономірностей, що відбуваються в річкових системах [3].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими і практичними завданнями. Це дослідження проводилося в рамках виконання держбюджетної теми № 131 «Розробка наукових засад концепції структурно-функціональної організації лотичних екосистем» Інституту гідробіології НАНУ (державний реєстраційний номер 0116U003099).

Виклад основного матеріалу. Метою роботи було вивчення структурних характеристик планктостоку в гирловій ділянці Десни в системі рипаль – медіаль із застосуванням нових методичних підходів. Вивчення фіто- і зоопланктостоку було проведено в липні 2019 року у поперечному перерізі гирлової ділянки річки Десни, яка не зазнає впливу попусків Київської ГЕС, характеризується превалюванням природних чинників формування річкових вод і знаходиться в межах ландшафтного заказника місцевого значення «Зачарована Десна».

Згідно схеми експерименту сітяні лови було проведено в поперечному перерізі русла довжиною близько 100 м на п'яти створах: рипаль (№ 1 – прибережна смуга правого берега, глибина 0,8 м, швидкість течії 0,2 м/с і № 5 – прибережна смуга лівого берега, глибина 0,8 м, швидкість течії 0,5 м/с), медіаль (№ 3 – середня ділянка русла, глибина 1,0 м, швидкість течії 0,6 м/с), перехідні ділянки (№ 2 – 20 м від правого берега, глибина 2,5 м, швидкість течії 0,5 м/с і № 4 – 20 м від лівого берега, глибина 2,2 м, швидкість течії 0,6 м/с).

Проби сітяного планктону відбирали на течії в поверхневому шарі води (0,2-0,3 м) за допомогою планктонної сітки з експозицією 60 с. Використання

млинового сита № 76-80 дозволило одночасно уловлювати організми фіто- і зоопланктону. Об'єм води в сітяних пробах, який визначали як добуток площі вхідного отвору сітки і швидкості течії, був різним – від 432 до 1296 л, що зумовлено неоднорідністю швидкості течії (0,2-0,6 м/с) в поперечному перерізі русла.

При розрахунку чисельності і біомаси угруповань планктону враховували початковий об'єм води, профільований через сітку, і згущений об'єм проби з подальшим використанням загальноприйнятих у гідробіології методів [11]. У зв'язку з неоднорідністю стокових характеристик у поперечному перерізі русла визначали величину питомого планктостоку (г/с·м²) для кожного створу, а також розраховували середню величину планктостоку (г/с, кг/добу).

Характер формування як якісних, так і кількісних показників сітяного планктону в поперечному розрізі русла був неоднорідним. Таксономічна представленість фітопланктону коливалася від 26 внутрішньовидових таксонів на перехідній лівобережній ділянці до 43 на медіалі. Якісний склад фітопланктону загалом налічував 80 таксонів. Здебільшого це були зелені і діатомові водорості з домінуванням зелених на глибоководних ділянках і спів домінуванням синьо-зелених на всіх створах русла. У зоопланктоні було виявлено 36 нижчих ідентифікованих таксонів, 72% з яких визначено до рангу виду. Серед них 14 таксонів склали коловертки, 11 – гіллястовусі ракоподібні, 10 – веслоногі ракоподібні, 1 – велігери дрейсени. Кількість таксонів зоопланктону на створах поперечного перерізу змінювалася від 14 до 25 із найменшими значеннями на перехідних ділянках і найбільшими – на медіалі і рипалі лівого берега.

Показники кількісного розвитку планктону в поперечному перерізі русла коливалися в широких межах. Чисельність фітопланктону змінювалася від 17 220 до 36 732 тис. кл/дм³, мінімальні показники були приурочені до глибоководних ділянок із найвищою швидкістю течії, максимальні – до прибережних створів рипалі з найнижчими глибинами. Основу чисельності фітопланктону на всіх створах формували синьо-зелені, на перехідних глибоководних ділянках – з ознаками олігодомінування на рівні 71-87%.

Структуроформуючі види фітопланктону за показниками чисельності були мало чисельними, зважаючи на домінування синьо-зелених водоростей рр. *Microcystis* і *Gomphosphaeria* на всіх створах русла та за участі р. *Aphanizomenon* на медіалі. Співдомінантами за показниками чисельності виступали діатомові р. *Aulacoseira* і зелені р. *Pediastrum*.

Біомаса фітопланктону варіювала від 2,60-4,0 мг/дм³ на глибоководних перехідних ділянках до 10,61-13,78 мг/дм³ в рипалі і медіалі. Основу біомаси фітопланктону формували переважно діатомові водорості у супроводі зелених (у рипалі) і динофітових (на створах зі швидкістю течії 0,5-0,6 м/с).

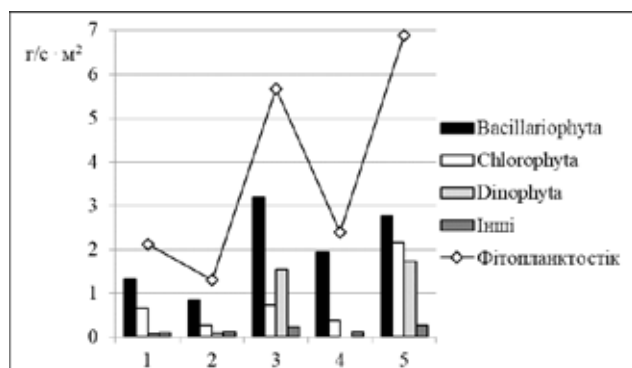


Рис. 1. Участь систематичних відділів водоростей у формуванні питомого фітопланктосток у поперечному розрізі русла Десни на створах 1-5

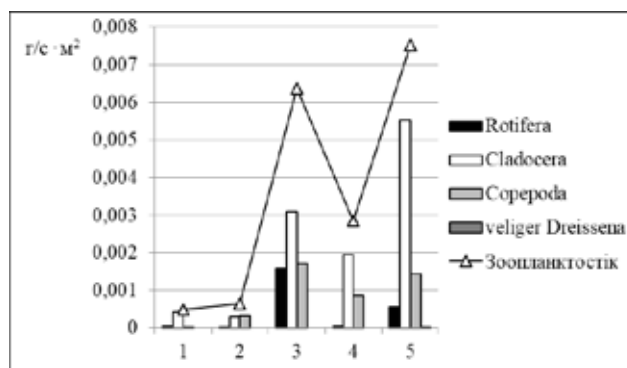


Рис. 2. Участь таксономічних груп зоопланктону у формуванні питомого зоопланктосток у поперечному розрізі русла Десни на створах 1-5

Структуроформуючі види за показниками біомаси характеризувалися більш різноманітною представленістю за рахунок розвитку крупноклітинних водоростей динофітових рр. *Ceratium* і *Peridinium* і діатомових рр. *Melosira*, *Aulacoseira* і *Stephanodiscus*, а також ценобіальних зелених водоростей рр. *Pediastrum* і *Coelastrum* у медіалі русла.

Кількісний розвиток зоопланктону в поперечному перерізі русла характеризувався широкими межами коливань: чисельність змінювалася від 109 до 2664 екз./м³, біомаса – від 1,30 до 15,04 мг/м³ з мінімумами в перехідних зонах і піками розвитку в рипалі і медіалі. На медіалі найбільш багаточисельними були коловертки *Synchaeta sp.* і *Brachionus angularis* Gosse, тоді як на інших ділянках переважали представники гіллястовусих рачків *Moina micrura* Kurz і молодь копепод. За показниками біомаси домінували переважно *M. micrura*, *Cyclopoida juv.*, а біля правого берега – *Diaphanosoma orghidani* Negrea. Домінування кладоцери *M. micrura* збільшувалося від правого до лівого берега.

Отже, динаміка кількісного розвитку фіто- і зоопланктону в поперечному перерізі русла була подібною – мінімальні показники були приурочені до глибоководних ділянок, максимальні – до ділянок рипалі і медіалі з найнижчими глибинами.

Розрахункові значення питомого фітосток у поперечному розрізі русла Десни змінювалися у вужчих межах (1,30-6,89 г/с·м²), ніж показники біомаси угруповань. Найвищі величини фітосток зареєстровано в лівобережній рипалі (з найвищою біомасою і швидкістю 0,5 м/с), найнижчі – на перехідній правобережній ділянці (з найнижчою біомасою і швидкістю 0,5 м/с), на медіалі русла величина питомого фітосток становила 5,67 г/с·м².

На всіх створах русла переважали діатомові (36-63%) і зелені (22-30%) водорості за участі динофітових на медіалі і правобережній рипалі з невеликими глибинами (0,8-1,0 м) зі швидкістю течії 0,5-0,6 м/с (рис. 1). Величини питомого зоопланктосток варіювали в межах 0,001-0,008 г/с·м², збільшуючись на медіалі і лівобережній рипалі.

Провідну роль у формуванні зоопланктосток у відігравали гіллястовусі ракоподібні (46-74%), веслоногі ракоподібні мали менше значення (2-50%). Коловертки склали помітну частку в медіалі (25%) (рис. 2).

Подальші розрахунки планктосток у поперечному перерізі русла Десни дали можливість продемонструвати формування запасів і переніс складників біосток у гирловій ділянці річки. З використанням середніх показників біомаси фітопланктону (8,09 г/м³) і зоопланктону (0,007 г/м³), а також витрат води (70 м³/с) розрахункові усереднені дані фіто- і зоопланктосток у руслі Десни в період досліджень становили відповідно 567 г/с і 0,49 г/с, за добу – 48 989 і 42 кг.

Головні висновки. Дослідження планктосток з використанням нових методичних підходів, які враховують особливості водного потоку, показали, що гирлова ділянка русла Десни в період літньої межени при витратах води 70 м³/с здатна переносити за добу близько 49 000 кг біомаси фітопланктону і 42 кг біомаси зоопланктону. Рівень переносу біомаси фітопланктосток у системі рипалі – медіаль переважав у 800-1160 разів такий зоопланктостік.

Гідродинамічний потік зумовлював неоднорідність складу і кількісних показників планктосток у поперечному перерізі русла – максимальні значення припадали на ділянки рипалі і медіалі, які характеризувалися найменшими глибинами, мінімальні – на перехідні глибоководні ділянки. Динаміка кількісного розвитку фіто- і зоопланктону в поперечному перерізі русла була подібною.

Перспективи використання результатів дослідження. Пошук та апробація методичних підходів до вивчення планктосток на прикладі рівнинної Десни показали доцільність використання одного уніфікованого знаряддя лову для організмів планктону, що дає можливість визначити характеристики та співвідношення біотичних складників планктосток з урахуванням особливостей водного потоку, розрахувати переніс біомаси на конкретному створі річки за певний проміжок часу та оцінити її «запаси».

Література

1. Середа Т.Н. Фитопотомапланктон речних систем: ретроспектива досліджень, пошук методических підходів. *Гидробиол. журн.* 2016. Т. 52. № 4. С. 35–46.
2. Середа Т.М., Громова Ю.Ф. Нові методичні підходи до вивчення планктостоків рівнинних річкових систем. *Водні і наземні екосистеми та збереження їх біорізноманіття – 2020* : праці III Всеукр. наук.-прак. конф. (Житомир, 3-5 червня 2020 року). Житомир, 2020. С. 61–63.
3. Афанасьев С.А., Филипова Е.Е., Летицкая Е.Н. Суточная динамика зоостока в устьевом участке реки Десны. *Гидробиол. журн.* 2018. Т. 54, № 2. С. 49–57.
4. Триліс В.В. Особливості дрейфу макробезхребетних у водних об'єктах із пульсуючим гідрологічним режимом (на прикладі гирлової ділянки р. Віта). *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах* : матеріали VI міжнарод. наук. конф. Дніпропетровськ : ДНУ, 2011. С. 152–153.
5. Триліс В.В., Яворський В.Ю. Особливості добової динаміки дрейфу у нижній течії р. Десни. *Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія* : наук. збір. Київ : Обрії, 2006. Т. 9. С. 190–192.
6. Триліс В.В., Яворський В.Ю., Афанасьев С.О., Громова Ю.Ф., Гулейкова Л.В. Дрейфт безхребетних як фактор формування угруповань макрозообентосу пригирлової ділянки Десни. *Рибне господарство* : наук. збірник. Київ, 2004. Вип. 63. С. 228–231.
7. Триліс В.В., Яворський В.Ю., Афанасьев С.А., Гулейкова Л.В. Методичні особливості вивчення дрейфу макробезхребетних гідробіонтів незарегульованих рівнинних річок (на прикладі Десни). *Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія* : наук. збір. Київ : Обрії, 2004. С. 273–276.
8. Гусынская С.Л. Поступление и сток зоопланктона в Кременчугском водохранилище. *Биол. науки.* 1986. № 11. С. 60–63.
9. Кузнецова А.А. Сток фитопланктона р. Волги у г. Куйбышева в незарегульованном потоке. *Гидробиологические исследования Волги* : труды. Т. 16. Куйбышев, 1961. С. 31–38.
10. Філіпова К.С. Особливості стоку зоопланктону в гирловій ділянці річки Віта. *Наук. зап. Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: «Біологія».* 2015. № 3–4(64). С. 681–685.
11. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. Київ, 2006. 408 с.

АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕК НА ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНИХ ПУНКТАХ

Чернова О.Т., Кривенко Г.М.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, 76019, м. Івано-Франківськ
galyakrivenko73@gmail.com

Технологічні операції, пов'язані зі зберіганням скраплених вуглеводневих газів, зливанням і заповненням залізничних і автомобільних цистерн, балонів є небезпечними з огляду високої ймовірності виникнення вибухів і пожеж, що призводять до забруднення навколишнього середовища, травм і загибелі людей, завдають значних матеріальних збитків, негативно впливають на здоров'я населення. Під час експлуатації газонаповнювальних пунктів не досить враховується їх вплив на довкілля, оцінюються й аналізуються небезпеки, пов'язані зі специфікою їх роботи. Тому виникла потреба у проведенні досліджень впливу чинників на аварійні ситуації, що призводять до пожеж, вибухів і втрат.

Метою роботи є аналіз небезпек на газонаповнювальних пунктах з урахуванням комплексного дослідження чинників, що впливають на них. Об'єктом дослідження є газонаповнювальний пункт, призначений для приймання скрапленого вуглеводневого газу з цистерн, його зберігання і відвантаження. Небезпеки об'єкта дослідження зумовлені наявністю всередині обладнання і трубопроводів скрапленого вуглеводневого газу в газоподібному і рідкому стані.

Розраховано кількісні показники вибухонебезпеки. Проведено комплексний аналіз енергетичного потенціалу і рівня небезпеки для запобігання аварійності. За значенням відносного енергетичного потенціалу та приведеної маси горючих газів визначена категорія вибухонебезпеки. Досліджено стадії розвитку аварійної ситуації під час експлуатації цистерни. Основною небезпекою аварії з цистерною є можливість залпового викиду великої кількості скраплених вуглеводневих газів.

Результати наукової роботи в комплексі з іншими дослідженнями дадуть змогу визначити потенційні загрози при вибухах і пожежах на об'єктах газонаповнювальних пунктів, що дасть можливість розробити заходи щодо запобігання виникненню шкідливих впливів на довкілля. *Ключові слова:* скраплений вуглеводневий газ, газонаповнювальний пункт, цистерна, пожежна небезпека, «вогняна куля».

Danger analysis at gas filling stations. Chernova O., Kryvenko G.

Technological operations related to storage of liquefied hydrocarbon gases, draining, and filling of the rail and road tanks, cylinders are dangerous due to the high probability of explosions and fires, which lead to environmental pollution, injuries and deaths, cause significant material damage, affect the health of the population. During the operation of gas filling stations, their impact on the environment is not sufficiently taken into account, and the hazards associated with the specifics of their operation are assessed and analyzed.

Therefore, there is a need to conduct research on the impact of factors on emergencies that lead to fires, explosions and losses. The purpose of this work is to analyze the hazards at gas filling stations, taking into account a comprehensive study of the factors affecting them. The object of the study is a gas filling station designed to receive liquefied hydrocarbon gas from tanks, store it and release. The dangers of the object of study are due to the presence inside the equipment and pipelines of liquefied hydrocarbon gas in the gaseous and liquid state.

Quantitative indicators of explosion hazard are calculated. A comprehensive analysis of energy potential and level of danger to prevent accidents are carried out. According to the value of the relative energy potential and the mass of combustible gases, the category of explosion hazard is determined. The stages of development of the emergency situation during the operation of the tank are investigated.

The main danger of an accident with a tank is the possibility of a sudden release of large amounts of liquefied hydrocarbon gases. The results of scientific work in combination with other studies will make it possible to identify potential threats from explosions and fires at gas filling stations, which will allow us to develop measures to prevent harmful effects on the environment. *Key words:* liquefied hydrocarbon gas, gas filling station, tank, fire hazard, "fireball".

Постановка проблеми. Газонаповнювальні пункти віднесені до об'єктів, що становлять підвищену виробничу та екологічну небезпеку, яка пов'язана з використанням скраплених вуглеводневих газів (далі – СВГ) [1]. Технологічні операції зі зберігання скраплених вуглеводневих газів, зливання та заповнення залізничних і автомобільних цистерн, балонів є небезпечними з огляду високої ймовірності виникнення вибухів і пожеж, що призводять до забруднення навколишнього середовища, травм і загибелі людей, завдають значних матеріальних збитків, негативно впливають на здоров'я населення.

Актуальність дослідження та зв'язок авторського доробку з важливими науково-практичними завданнями. Під час експлуатації газонаповнювальних пунктів не досить враховується їх вплив на довкілля і оцінюються й аналізуються небезпеки, пов'язані зі специфікою їх роботи. Для забезпечення безпеки виробничого об'єкта необхідне проведення детального аналізу виникнення пожеж, вибухів, пов'язаних із технологічним середовищем, у випадку виникнення аварійних ситуацій. Це дасть змогу спрогнозувати сценарії розвитку аварій, що спричиняють негативний вплив на довкілля та змо-

жуть призвести до травмування й загибелі людей. Отже, розроблення критеріїв виникнення та розвитку аварійних ситуацій, їх запобігання та прогнозування наслідків аварій є актуальним.

Аналіз наслідків виникнення аварійних ситуацій на газонаповнювальних пунктах, які призводять до пожеж і вибухів, дасть змогу своєчасно провести необхідні заходи з попередження виникнення аварійних ситуацій. У цьому полягає практичне значення авторського доробку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз літературних джерел свідчить, що на розв'язання науково-практичних проблем екологічної безпеки спрямовані інтелектуальні зусилля багатьох учених. Проблеми забезпечення техногенно-екологічної безпеки потенційно небезпечних об'єктів, зокрема паливно-енергетичного комплексу, присвячено багато наукових робіт, серед яких чільне місце займають праці та дослідження І.І. Мазура, О.М. Іванцова, Р.М. Говдяка, Є.І. Крижанівського, Г.В. Кошлак, В.Ф. Стоєцького, Л.В. Дранишнікова та інших [2; 3; 4; 5].

З аналізу літературних джерел випливає, що виникнення аварійних ситуацій під дією техногенних чи антропогенних чинників може супроводжуватися загорянням СВГ і термічним впливом пожежі на довкілля, створенням пожежовибухової небезпеки. Небезпеки об'єкта дослідження зумовлені наявністю всередині обладнання і трубопроводів скрапленого вуглеводневого газу в газоподібному та рідкому стані.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. З джерел, присвячених проблемам екологічної безпеки, випливає, що існує необхідність у проведенні досліджень щодо впливу чинників на виникнення аварійних ситуацій, які призводять до пожеж і вибухів.

Метою роботи є аналіз небезпек на газонаповнювальних пунктах з урахуванням комплексного дослідження чинників, що впливають на них. Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі задачі досліджень:

- аналіз небезпек скраплених вуглеводневих газів;
- аналіз енергетичного потенціалу і рівня небезпеки об'єктів газонаповнювальних пунктів.

Об'єктом дослідження є газонаповнювальний пункт, призначений для приймання скрапленого вуглеводневого газу із залізничних цистерн і автоцистерн, зберігання і відвантаження СВГ. Предмет дослідження – чинники, що впливають на виникнення аварійних ситуацій.

Новизна та загальнонаукове значення. Новизна полягає у комплексному дослідженні чинників, які впливають на цей процес. Результати наукової роботи в комплексі з іншими дослідженнями дадуть змогу визначити потенційні загрози при вибухах

і пожежах на об'єктах газонаповнювальних пунктів, що дасть можливість розробити заходи із запобігання виникненню шкідливих впливів на довкілля.

Виклад основного матеріалу. Газонаповнювальний пункт призначений для приймання скрапленого вуглеводневого газу з автомобільних і залізничних цистерн, зберігання і відвантаження СВГ. На вузлі приймання відбувається зливання продукту з автомобільних і залізничних цистерн у стаціонарні підземні чи наземні резервуари.

Проведемо аналіз можливих аварій і їх наслідків на прикладі приймання скрапленого вуглеводневого газу з цистерн. Небезпеки на газонаповнювальному пункті зумовлені наявністю всередині обладнання і трубопроводів скрапленого вуглеводневого газу в газоподібному і рідкому станах.

За атмосферного тиску вуглеводневі гази не виявляють токсичної дії на організм людини. Потрапляючи в повітря, вони зменшують вміст кисню у ньому. Тому людина відчуватиме кисневе голодування, а за значних концентрацій скрапленого газу в повітрі може загинути від задухи. Вдихання протягом 10 хвилин повітря, яке містить 1% пропану або бутану, не викликає ніяких симптомів отруєння. Вдихання повітря, яке містить 10% пропану чи бутану, протягом 2 хвилин викликає запаморочення. У зв'язку з цим усі компоненти СВГ включені в список шкідливих для людського організму речовин. Санітарними нормами встановлена гранично допустима їх концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень, яка дорівнює 300 мг/м³ (у перерахунку на вуглець) [6].

Пари СВГ у суміші з повітрям утворюють вибухонебезпечну суміш, але мають дуже низькі межі вибуховості. Відповідно за температури 0°C і тиску 760 мм рт. ст.: пропан – від 2,3 до 9,5%; *n*-бутан – від 1,5 до 8,4%; ізобутан – від 1,8 до 8,4% [7]. Внаслідок цього, а також дуже повільного розсіювання пари СВГ в атмосфері (через високу їх густину) суміш пари СВГ з повітрям протягом довгого часу є вибухонебезпечною.

Горіння суміші у цих умовах супроводжується нагріванням і розширенням газів, що призводить до швидкого підвищення тиску та руйнування будівельних конструкцій, а нагріті гази утворюють осередок пожежі. Під час вибуху газоповітряної суміші максимальний тиск може досягати 841,7 кПа, а швидкість розповсюдження полум'я – декількох сотень метрів за секунду. Людина сприймає це явище як швидкоплинне, миттєве. Незахищені металеві конструкції під дією такого тиску руйнуються через 15-20 хвилин [8]. Отже, небезпеки СВГ зумовлені більше вибухонебезпечними властивостями, ніж токсичними.

Розглянемо можливість виникнення аварійних ситуацій, що призводять до виникнення пожеж і вибухів, на прикладі цистерни. Цистерни відрізняються від технологічного обладнання тим, що вони

є транспортним засобом і при стоянці, русі та зливанні продукту існує небезпека мимовільного їх руху за інерцією. Неконтрольований рух цистерн із паливом небезпечний можливими зіткненнями і пошкодженнями цистерн, витіканням продукту. Основною небезпекою пошкодження цистерни є можливість залпового виливання великої кількості продукту.

Розглядаються такі стадії розвитку аварійної ситуації під час експлуатації цистерни: вихід тиску в цистерні за межі критичних значень; механічний і корозійний знос цистерни; помилки обслуговуючого персоналу; вплив зовнішніх факторів; порушення герметичності, перекидання цистерни; вилив і випаровування СВГ; утворення вибухо-пожежонебезпечної суміші; вибух і пожежа.

Розрахуємо показники вибухонебезпеки (вибух пароповітряної суміші) залізничної цистерни із СВГ місткістю 60 м³, а саме енергетичний і відносний енергетичний потенціал вибухонебезпеки, загальну приведену масу горючої пари та тротиловий еквівалент за методикою, наведеною в [9]. Ефективний енергозапас паливно-повітряної суміші визначається за такими залежностями:

$$E = m_2 \cdot q_2 \text{ при } c_2 \leq c_{cm}, \quad (1)$$

$$E = m_2 \cdot q_2 \cdot c_{cm} / c_2 \text{ при } c_2 > c_{cm}, \quad (2)$$

де m_2 – маса речовини, яка горить у хмарі, кг; q_2 – питома теплота згоряння палива, кДж/кг; c_{cm} – стехіометрична концентрація речовини у суміші з повітрям, кг/м³; c_2 – концентрація газу, що горить у хмарі, кг/м³.

При розрахунку параметрів вибуху хмари, які лежить на поверхні землі, величина ефективного енергозапасу подвоюється. За значеннями загальних енергетичних потенціалів вибухонебезпеки визначаються величини інших показників, які характеризують рівень вибухонебезпеки технологічних блоків.

Загальна маса горючих парів (газів) вибухонебезпечної парогазової хмари (m_2), приведена до єдиної питомої енергії згоряння, яка дорівнює 46 000 кДж/кг:

$$m_2 = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4}, \quad (3)$$

Відносний енергетичний потенціал вибухонебезпеки

$$Q_0 = \frac{1}{16,534} \cdot \sqrt[3]{E}, \quad (4)$$

За значеннями відносних енергетичних потенціалів (Q_0) і приведеної маси парогазового середовища (m_2) здійснюється класифікація технологічних блоків.

Для оцінки рівня впливу вибуху на об'єкти необхідно знати масу речовини, що вибухнула. Однак кожна вибухова речовина має різні характеристики. Щоб зробити підхід до оцінки наслідків різних вибухів єдиним, прийнято це робити через тротиловий еквівалент. Тротиловий еквівалент є такою масою тротилу, при вибуху якої виділяється стільки ж енер-

гії, скільки й при вибуху заданої кількості конкретного пального або вибухової речовини. Тротиловий еквівалент:

$$W = \frac{0,4 \cdot m_2 \cdot q_e}{0,9 \cdot 4,5 \cdot 10^6}, \quad (5)$$

Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання «вогняної кулі» q , кВт/м² проводять за методикою, наведеною в [10]:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (6)$$

де E_f – середньоповерхнева щільність теплового випромінювання полум'я, кВт/м²; F_q – кутовий коефіцієнт опромінення; τ – коефіцієнт пропускання атмосфери.

E_f визначають на основі наявних експериментальних даних. Допускається приймати E_f рівним 450 кВт/м². F_q розраховують за формулою:

$$F_q = \frac{H / D_s + 0,5}{4((H / D_s + 0,5)^2 + (r / D_s)^2)^{1,5}}, \quad (7)$$

де H – висота центру «вогняної кулі», м; D_s – ефективний діаметр «вогняної кулі», м; r – відстань від об'єкта, що опромінюється, до точки на поверхні землі безпосередньо під центром «вогняної кулі», м.

Ефективний діаметр «вогняної кулі»:

$$D_s = 5,33 m_2^{0,327}, \quad (8)$$

де m_2 – маса горючої речовини, кг.

H визначають у ході спеціальних досліджень. Допускається приймати $H = D_s / 2$. Час існування «вогняної кулі» t_s , с, дорівнює

$$t_s = 0,92 m_2^{0,303}, \quad (9)$$

Коефіцієнт пропускання атмосфери:

$$\tau = \exp(-7,0 \cdot 10^{-4} (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s / 2)), \quad (10)$$

Надлишковий тиск Δp , кПа, що розвивається при згорянні газопароповітряних сумішей:

$$\Delta p = p_0 (0,8 m_{np}^{0,33} / r + 3 m_{np}^{0,66} + 5 m_{np} / r^3), \quad (11)$$

де p_0 – атмосферний тиск, кПа (допускається приймати рівним 101 кПа); r – відстань від геометричного центру газопароповітряної хмари, м; m_{np} – приведена маса газу або пари, кг.

m_{np} розраховується за формулою:

$$m_{np} = (q_2 / q_0) m_2 z, \quad (12)$$

де q_2 – питома теплота згоряння газу або пари, Дж/кг; z – коефіцієнт участі, який допускається приймати рівним 0,1; q_0 – константа, рівна $4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг; m_2 – маса горючих газів і (або) парів, які вирвалися в результаті аварії у навколишній простір, кг.

Імпульс хвилі тиску I , Па·с:

$$I = 123 m_{np}^{0,66} / r. \quad (13)$$

Визначимо кількісні оцінки показників вибухонебезпеки (вибух пароповітряної суміші) залізничної цистерни із СВГ за таких даних: максимальний геометричний об'єм цистерни 60 м³ СВГ; ступінь заповнення цистерни складає 85%; температура навко-

Таблиця 1

Кількісна оцінка показників вибухонебезпеки

Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Вибух пароповітряної суміші в результаті руйнування залізничної цистерни
Енергетичний потенціал вибухонебезпеки, E	кДж	$1,254 \cdot 10^9$
Відносний енергетичний потенціал вибухонебезпеки, Q_B	–	55,3
Загальна приведена маса горючої пари, m_{np}	кг	16 610
Троїловий еквівалент вибуху, W	кг	7578
r_1	м	75
r_2	м	110
r_3	м	188
r_4	м	550
r_5	м	1100

Таблиця 2

Кількісна оцінка показників вибухонебезпеки «вогняної кулі»

Висота центру, м	Ефективний діаметр, м	Інтенсивність теплового випромінювання q , кВт/м ²	Відстань від геометричного центра «вогняної кулі» до об'єкта r , м
75	150	4	395
		1,5	545

лишнього повітря – 20°C; теплота згоряння СВГ 46 400 кДж/кг, концентрація пароповітряної суміші під час вибуху – 9,5%, густина теплового випромінювання полум'я $E_f = 450$ кВт/м². Результати розрахунків наведено в таблицях 1, 2.

У таблиці 1: r_1 – радіус зони повного руйнування будівель і смертельної небезпеки для людей, на межі якої надлишковий тиск по фронту ударної хвилі $\Delta p \geq 100$ кПа; r_2 – радіус зони сильних руйнувань будівельних конструкцій, обвалення цегляних стін і смертельної небезпеки для людей, $\Delta p = 70$ кПа; r_3 – радіус зони слабких руйнувань будівельних конструкцій, для відновлення яких потрібне їх часткове розбирання, і смертельної небезпеки для людей на відкритій місцевості, $\Delta p = 28$ кПа; r_4 – радіус зони слабких руйнувань (руйнування віконних отворів, покриттів, які легко розкидаються) і важкого травмування людей на відкритій місцевості, $\Delta p = 14$ кПа; r_5 – радіус зони часткового руйнування скління, нижній поріг ураження людей на відкритій місцевості, $\Delta p \leq 5$ кПа.

За значенням відносного енергетичного потенціалу та приведеної маси горючих газів визначена категорія вибухонебезпеки при аварії цистерни, заповненої скрапленим вуглеводневим газом. Вибух пароповітряної суміші в результаті руйну-

вання залізничної цистерни належить до 1 класу вибухонебезпеки.

Час існування «вогняної кулі», визначений за формулою (10), складає 20 с. При аварії кількість потерпілих прийнята за кількістю людей, які можуть знаходитися в зоні аварії (до 120 осіб). З аналізу результатів розрахунків, наведених у таблиці 2, випливає, що інтенсивність теплового випромінювання безпечна для людини на відстані $r = 395$ м від геометричного центра «вогняної кулі».

Головні висновки. Проведено комплексний аналіз енергетичного потенціалу і рівня небезпеки для запобігання аварійності. За значенням відносного енергетичного потенціалу та приведеної маси горючих газів визначена категорія вибухонебезпеки. Основною небезпекою аварії з цистерною є можливість залпового викиду великої кількості СВГ.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати наукових досліджень, викладені у цій статті, можуть слугувати основою для порівняльного аналізу під час вирішення питань безпечної експлуатації об'єктів, пов'язаних зі скрапленими вуглеводневими газами та забезпеченням охорони довкілля. Подальші дослідження передбачають комплексну оцінку технологічних втрат скраплених вуглеводневих газів на газонаповнювальних пунктах.

Література

1. Про об'єкти підвищеної небезпеки : Закон України від 18.01.2001 № 2245-III / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text> (дата звернення: 12.08.2020).
2. Мазур І.І., Іванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем. М. : ИЦ «Елима», 2004. 1104 с.
3. Энергоэкологична безпека нафтогазових об'єктів / Р.М. Говдяк та інші. Івано-Франківськ : Лілея НВ, 2007. 556 с.
4. Крижанівський Є.І., Кошлак Г.В. Екологічні проблеми енергетики. *Нафтогазова енергетика*. 2016. № 1(25). С. 80–90.

5. Стоєцький В.Ф., Дранишников Л.В. Прогнозування наслідків аварій на потенційно небезпечних виробничих об'єктах. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2013. № 43. С. 114–122.
6. Семчук Я.М., Савчук Л.Я. Захист атмосферного повітря від забруднень. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. 198 с.
7. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. М. : Нефть и газ, 2009. 640 с.
8. Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки / О.П. Михайлюк та ін. Харків : УЦЗУ, 2010. 343 с.
9. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей: руководство по безопасности. Москва, 2015. Вып. 9. Сер. 27. 44 с.
10. ГОСТ Р 12.3.047-98. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/7/7077/index.htm> (дата звернення: 12.08.2020).

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.064:351.777

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.20>

ЕКОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНОЇ ТЕРИТОРІЇ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Валерко Р.А., Герасимчук Л.О.

Житомирський національний агроекологічний університет
бульвар Старий, 7, 10008, м. Житомир, Україна
valerko_ruslana@ukr.net
gerasim4uk@ukr.net

Нині населення сільських населених пунктів використовує для забезпечення власних потреб воду із криниць і свердловин. Причинами зниження якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання у сільських населених пунктах є утворення великої кількості приватних сільськогосподарських підприємств, потужності яких знаходяться на територіях сільських населених пунктів або поруч із ними та які займаються інтенсивним веденням сільського господарства, а також нехтування або знання власниками приватних садиб правил ведення господарства. Особливо небезпечною є ситуація стосовно вмісту нітратів у питній воді, які надходять до колодязів із талими і ґрунтовими водами.

Дослідження проводили у сільських населених пунктах Коростенського (3 населені пункти), Лугинського (3 населені пункти), Народицького (6 населених пунктів) та Олевського (2 населені пункти) районах Житомирської області, які належать до радіоактивно забруднених територій. Оцінку якості питної води здійснювали за такими показниками: рН, вміст нітратів і залізо загальне, на основі яких був розрахований екологічний інтегральний індекс.

Встановлено, що у всіх відібраних зразках питної води досліджуваних населених пунктів (крім с. Селець Народицького району) спостерігається перевищення нормативного вмісту нітратів. Вміст заліза загального у середньому по всіх населених пунктах не перевищував допустимий. Підкислення питної води зафіксовано у с. Червона Волока Лугинського району, де показник рН у середньому становив 6,24.

Розрахунок екологічного індексу розвитку сільських населених пунктів на основі показників якості питної води показав, що у 9-ти досліджуваних населених пунктів індекс розвитку задовільний, у 5-ти – добрий. Екологічний індекс розвитку сільських населених пунктів на основі показників якості питної води визначено як задовільний. *Ключові слова:* питна вода, сільські населені пункти, нітрати, водневий показник, залізо загальне, індекс розвитку.

Ecological development of rural settlements of radioactively contaminated territory on the basis of drinking water quality indicators. Valerko R., Herasymchuk L.

Currently, population in rural settlements uses water from wells and bores because almost all rural areas of Ukraine do not have centralized water supply. The reasons for the deterioration of drinking water quality from the sources of non-centralized water supply in rural settlements are as follows: the formation of a large number of private agricultural enterprises that are engaged in intensive farming, and the capacity of which is located in or near the rural settlements, and also the fact that the rules of farm management are neglected by the owners of private farms.

Particularly dangerous is the situation regarding the content of nitrates in drinking water which comes to wells with melt water and groundwater. The investigation was carried out in the rural settlements of Korosten (3 settlements), Luhyny (3 settlements), Narodychi (6 settlements) and Olevska raions (2 settlements) in Zhytomyr region, as they are included in the radioactively contaminated territories. In total, 14 rural settlements were investigated.

The assessment of drinking water quality from the sources of non-centralized water supply was based on the following indicators: pH-value, nitrate content and total iron content. On its basis, the ecological integral index was calculated. It was found out that in all samples of drinking water of the settlements under investigation (except village Selets of Narodychi raion) there is an excess of the normative nitrate content. On average, the total iron content in all settlements did not exceed the permissible level.

Drinking water acidification was recorded in village Chervona Voloka of Luhyny raion, where the pH-value was on average 6.24. The calculation of the ecological integral index of rural settlements development on the basis of the quality indicators of drinking water showed that in 9 of the studied settlements the development index is satisfactory, while in 5 settlements it is good. The ecological integral index of rural development based on the quality indicators of drinking water was determined as satisfactory. *Key words:* drinking water, rural settlements, nitrates, pH, total iron, integral ecological index.

Постановка проблеми. Сільська селітебна територія є складною і багатофункціональною системою, яка нині знаходиться у кризовому стані. Екологічні проблеми сільських населених пунктів зумовлені інтенсивним веденням сільського господарства протягом тривалого часу, наслідками якого є забруд-

нення ґрунтів, продуктів харчування та питної води різноманітними хімічними забруднювачами.

Крім того, суттєвий внесок до екологічної ситуації у селах України зробила катастрофа на Чорнобильській атомній електростанції. Демографічна ситуація також є катастрофічною. За даними Головного управління статистики у сільських населених пунктах порівняно з містами знижується кількість населення та народжуваність, а підвищується рівень смертності.

Вода є невід'ємним складником безпечного і здорового життя людини. Відомо, що від її якості залежить стан здоров'я населення та його захворюваність. Сільські населені пункти здебільшого не забезпечені централізованим водопостачанням, а тому їх населення споживає воду із джерел нецентралізованого водопостачання таких як колодязі, свердловини, підземні джерела тощо. Проведення моніторингових досліджень таких джерел свідчить про невідповідність питної води органолептичним, санітарно-хімічним і бактеріологічним показникам якості. Особливо часто зустрічаються перевищення таких показників як нітрати, нітрити, залізо загальне, сульфати, хлориди тощо [1].

Актуальність дослідження. Нині у сільських населених пунктах і поряд із ними розташовуються і функціонують приватні фермерські господарства, які досить часто не дотримуються вимог внесення добрив і застосування засобів захисту рослин, що призводить до забруднення ґрунту, овочевої продукції та підземних вод токсичними речовинами, зокрема нітратами [2]. Крім того, самі власники та користувачі приватних ділянок не знають або нехтують правилами ведення господарства, зокрема й утримання і розташування колодязів і свердловин [3]. Таким чином, моніторингові дослідження якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів є необхідними для забезпечення якісного та безпечного життя населення.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Житомирська область – одна з областей, які зазнали найбільшого радіаційного забруднення. На території області проживає близько 350 тис. осіб, які мають статус постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС. Особливо забрудненими виявилися райони її північної частини. На радіоактивно забруднених територіях розташовано близько 674 населених пунктів, які належать до різних зон радіоактивного забруднення [4], оцінка екологічного розвитку яких є запорукою безпечного життя місцевого населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Екологічною оцінкою питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів займається велика кількість вітчизняних і зарубіжних дослідників [2; 4; 5; 6]. Деякі з них займалися вивченням цієї проблеми і у Житомирській області [7; 8]. Більшість досліджень, які проводи-

лися у зоні радіоактивного забруднення області, присвячені оцінці якості життя та здоров'я населення, зокрема й онко-епідеміологічної ситуації [9; 10]. Однак не досить досліджень висвітлюють питання екологічної оцінки якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання саме на радіоактивно забрудненій території Житомирської області.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Відповідно до стратегії Сталого розвитку України до 2030 року сталий розвиток передбачає підтримання довкілля у належному стані, який забезпечуватиме якісне життя та благополуччя теперішнього і майбутніх поколінь [11]. У цьому контексті актуальним, на нашу думку, є оцінка екологічного індексу розвитку сільських населених пунктів на основі показників якості питної води таких як вміст нітратів, заліза загального та показника рН, чим і зумовлено вибір цього напрямку досліджень.

Загальнонаукове значення. Дослідження якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів здійснювали у радіоактивно забруднених районах Житомирської області протягом 2019 року. Зразки питної води відбиралися у колодязях і свердловинах таких населених пунктів: с. Берестовець, с. Бехи, с. Вороневе (Коростенський район); смт. Лугини, с. Старі Новаки, с. Червона Волока (Лугинський район); с. Базар, с. Гуто-Мар'ятин, с. Давидки, смт. Народичі, с. Селець, с. Христинівка (Народицький район); с. Білорівчичі, с. Зубковичі (Олевський район).

Аналітичні дослідження питної води на вміст нітратів, заліза загального та показника рН проводили у вимірювальній лабораторії Навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Житомирського національного агроекологічного університету за загальноприйнятими методиками. Для розрахунку інтегрального екологічного індексу розвитку сільських населених пунктів на основі показників якості питної води була використана методика, описана у праці І.М. Пустовіт [12].

Виклад основного матеріалу. Одним із головних показників якості питної води є показник рН – водневий показник, який вказує на наявність у воді іонів водню. В Україні цей показник нормується ДСанПІН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до якості води, призначеної до споживання людиною», де визначені його безпечні норми, які варіюють у межах від 6,5 до 8,5.

Залізо є важливим мікроелементом, який бере участь у процесі кровотворення, проте є й побічні ефекти постійного вживання його у підвищених кількостях. Першими наслідками регулярного застосування води з підвищеним вмістом заліза є порушення у роботі шлунково-кишкового тракту: метеоризм, здуття, нудота. Також можуть розвиватися алергічні реакції, рідше гемохроматоз, через що пошкоджуються печінка, серцево-судинна та ендок-

кринна системи. Крім того, застосування води з підвищеними кількостями заліза негативно впливає на стан побутової техніки, одягу, а також може погіршуватися смак їжі.

Дослідження зразків питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських селітебних радіоактивно забруднених територій Житомирської області показало, що у середньому не відповідність показника рН зафіксовано у с. Червона Волока Лугинського району та у с. Зубковичі Олевського району. Стосовно вмісту заліза загального, то незначне його перевищення виявлено лише у питній воді смт. Народичі та с. Селець Народицького району, проте у середньому цей показник не перевищував допустимого вмісту (табл. 1).

Нітрати – це солі азотної кислоти. Їх вміст у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання здебільшого залежить від стану самого джерела. Усі досліджувані колодязі побудовані більше 30-ти років тому, а технічний стан багатьох із них не відповідає вимогам, що дозволяє поверхневому стоку (дощовим і талим водам) просочуватися у криницю.

Стічні побутові води на присадибній ділянці здебільшого забруднені відходами тваринництва, що підвищує рівень азотних сполук у воді. Крім того, застосування органічних, мінеральних добрив і засобів захисту рослин, не дотриманість правил розташування туалетів, місць утримання худоби також можуть стати причинами підвищення вмісту нітратів у питній воді.

Таблиця 1

Вміст заліза загального та показник рН у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів

Населений пункт	Показник рН		Вміст заліза загального, мг/дм ³	
	Середнє значення	% проб, що не відповідають нормативу	Середнє значення, мг/дм ³	% проб, що не відповідають нормативу
<i>Коростенський район</i>				
с. Берестовець	6,86	0	0,1580	0
с. Бехи	6,75	0	0,2966	0
с. Вороневе	6,59	30	0,1252	0
<i>Лугинський район</i>				
смт. Лугини	6,85	0	0,2547	0
с. Старі Новаки	6,78	0	0,1578	0
с. Червона Волока	6,24	50	0,178	0
<i>Народицький район</i>				
с. Базар	7,3	0	0,1976	0
с. Гуто-Мар'ятин	7,28	0	0,2154	0
с. Давидки	6,95	0	0,1258	0
смт. Народичі	6,85	0	0,39035	25
с. Селець	7,08	0	0,5635	50
с. Христинівка	6,89	0	0,1382	0
<i>Олевський район</i>				
с. Білокоровичі	6,72	0	0,4658	0
с. Зубковичі	6,42	20	0,0141	0

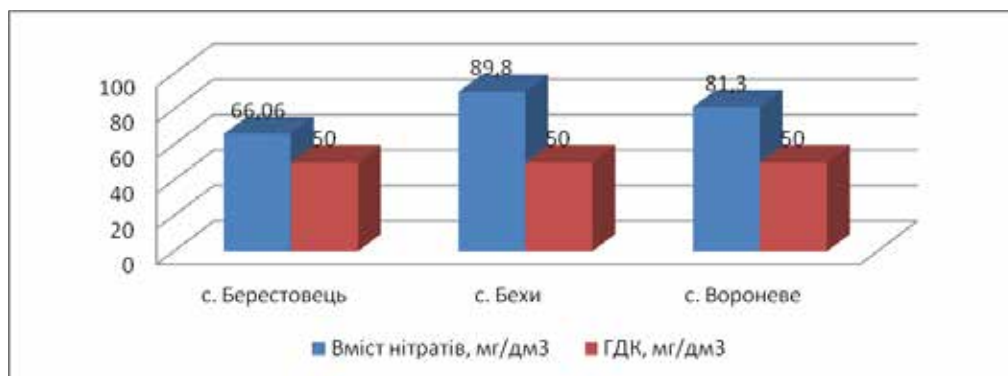


Рис. 1. Середній вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Коростенського району, мг/дм³

Перевищення концентрації нітратів виявлено в усіх населених пунктах Коростенського району. Найгірша ситуація зафіксована для с. Бежи, де середній їх вміст перевищує допустимий майже удвічі (рис. 1).

Споживання такої води може бути небезпечним для здоров'я людини, оскільки підвищення кількості нітратів може стати причинами отруєнь, а також такого захворювання як метгемоглобінемія – нездатність гемоглобіну переносити кисень по крові.

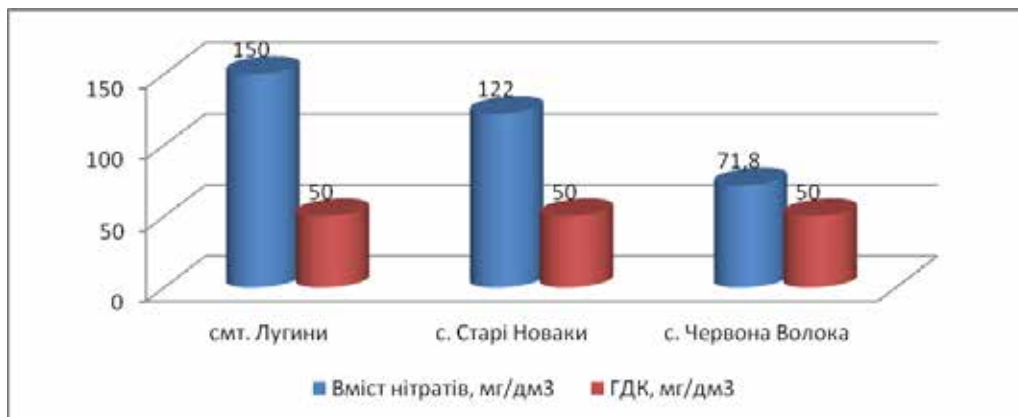


Рис. 2. Середній вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Лугинського району, мг/дм³

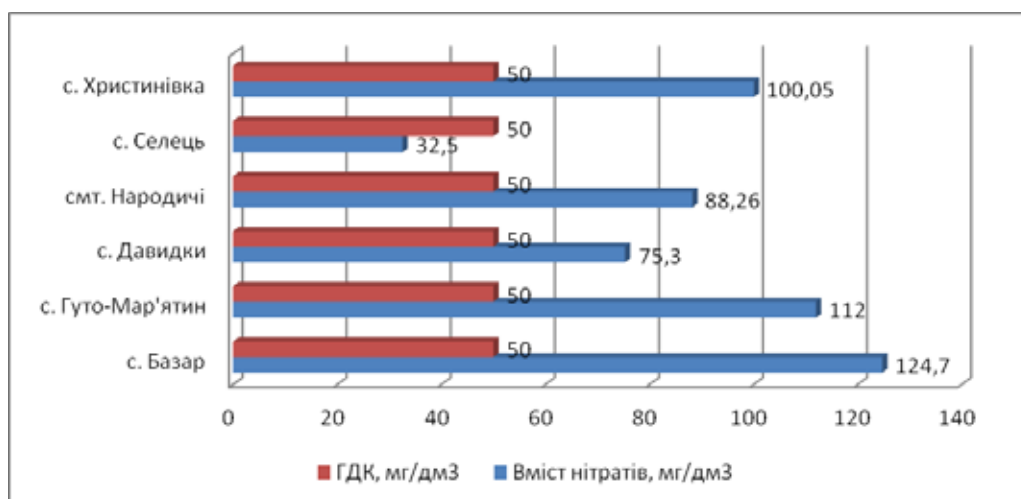


Рис. 3. Середній вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Народицького району, мг/дм³

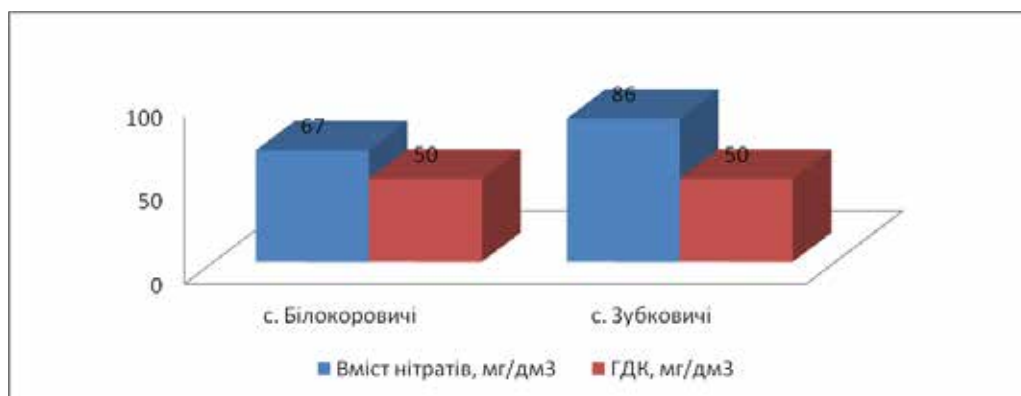


Рис. 4. Середній вміст нітратів у воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Олевського району, мг/дм³

Таблиця 2

Опорна таблиця для визначення інтегрального індексу за показниками якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання [12]

Показник	Нормативна величина				
Вміст нітратів, мг/дм ³	>50,0	10,0-50,0	7,1-10,0	5,0-7,0	<5,0
pH	>8,5	6,0-8,5	6,0-8,0	6,5-8,5	6,5-7,0
Вміст заліза загального, мг/дм ³	>2,0	1,0-2,0	0,3-1,0	0,2-0,3	<0,2
Бали	1	2	3	4	5
	дуже поганий	незадовільний	задовільний	добрий	відмінний

Таблиця 3

Інтегральний індекс сільських населених пунктів за показниками якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання

Населений пункт	Показник pH	Бали	Вміст заліза загального, мг/дм ³	Бали	Вміст нітратів, мг/дм ³	Бали	Інтегральний індекс
<i>Коростенський район</i>							
с. Берестовець	6,86	5	0,1580	5	66,06	1	3,7 (4)
с. Бехи	6,75	5	0,2966	4	89,8	1	3,3 (3)
с. Вороневе	6,59	5	0,1252	5	81,3	1	3,7 (4)
<i>Лугинський район</i>							
смт. Лугини	6,85	5	0,2547	4	150	1	3,3 (3)
с. Старі Новаки	6,78	5	0,1578	5	122	1	3,7 (4)
с. Червона Волока	6,24	3	0,178	5	71,8	1	2,97 (3)
<i>Народицький район</i>							
с. Базар	7,3	4	0,1976	5	124,7	1	3,3 (3)
с. Гуто-Мар'ятин	7,28	4	0,2154	4	112	1	2,97 (3)
с. Давидки	6,95	5	0,1258	5	75,3	1	3,7 (4)
смт. Народичі	6,85	5	0,39035	3	88,26	1	2,97 (3)
с. Селець	7,08	4	0,5635	3	32,5	2	2,97 (3)
с. Христинівка	6,89	5	0,1382	5	100,05	1	3,7 (4)
<i>Олевський район</i>							
с. Білорівчичі	6,72	5	0,4658	3	67	1	2,97 (3)
с. Зубковичі	6,42	3	0,0141	5	86	1	2,97 (3)

Особливо небезпечними нітратні сполуки є для маленьких дітей і немовлят.

Майже в усіх досліджуваних населених пунктах Лугинського району також зафіксовано перевищення середнього вмісту нітратів, яке варіює у межах від 1,4 до 3 разів. Найгірша ситуація встановлена для смт. Лугини, де середній вміст нітратів становить 150 мг/дм³, що перевищує норматив удвічі (рис. 2).

У питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Народицького району перевищення середнього вмісту нітратів було характерним для всіх населених пунктів, крім с. Селець, де їх середній вміст становить 32,5 мг/дм³ (рис. 3).

У результаті проведення аналітичних досліджень питної води криниць і свердловин сільських територій Олевського району встановлено перевищення вмісту нітратів від 1,34 до 1,72 разів (рис. 4).

Для оцінки екологічного інтегрального індексу розвитку сільських населених пунктів за показниками якості питної води використовували 5-бальну шкалу: 1 – дуже поганий, 2 – незадовільний, 3 – задовільний, 4 – добрий, 5 – відмінний. Нормативні величини, за якими відбувалася оцінка індексу, наведено у таблиці 2 [12].

Встановлено, що більшість сільських населених пунктів за інтегральним показником якості питної води належить до задовільного стану (9 населених пунктів), 5 сільських поселень – до доброго (табл. 3). Використовуючи результати власних досліджень, нами був розрахований екологічний інтегральний індекс розвитку сільських населених пунктів за показниками якості питної води приватних колодязів і свердловин, які знаходяться у сільських населених пунктах радіаційно забруднених районів Житомирської області.

Головні висновки. Результати аналітичних досліджень питної води приватних криниць стосовно показника рН у досліджуваних сільських населених пунктах свідчать про те, що цей показник майже завжди знаходився у межах норми. Виключенням були лише с. Червона Волюка Лугинського та Зубковичі Олевського районів, у питній воді яких зафіксовано зниження показника рН до 6,24 та 6,42 відповідно. У середньому в питній воді криниць жодного із досліджуваних сільських населених пунктів не спостерігається перевищення вмісту заліза загального.

Середній вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання усіх сільських населених пунктів перевищував нормативний від

1,34 до 3 разів. Найбільший їх вміст на рівні 150 мг/дм³ було зафіксовано у смт. Лугини. Найнижчий вміст нітратів у питній воді приватних колодязів зафіксовано у с. Селець Народицького району, де їх середня кількість становить 32,5 мг/дм³.

Розрахунок екологічного інтегрального індексу розвитку сільських населених пунктів за показниками якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання показав, що 9 досліджуваних поселень мають рівень розвитку задовільний, а 5 – добрий.

Перспективи використання результатів дослідження. У подальших дослідженнях варто було б врахувати також соціальні складники індексу розвитку сільських населених пунктів.

Література

1. Valerko R.A., Herasymchuk L.O. Assessment of ecological integral index of rural settlements development in the radioactively contaminated territory based on drinking water quality indicators. *Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions*. Riga : Izdevniecība "Baltija Publishing", 2020. P. 80–97. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-45-7.5>.
2. Valerko R.A., Herasymchuk L.O., Martenyuk G.M., Kravchuk M.M. Ecological assessment of vegetable products grown in the city of Zhytomyr and its residential suburb. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8(1). С. 927–938. DOI: 10.15421/2018_295.
3. Палапа Н.В., Тамір Б.А. Особливості формування екологічного стану на сільських селітебних територіях зони посиленого радіоекологічного контролю. *Таврійський науковий вісник*. № 91. С. 175–180.
4. Ковальова С.П., Ільницька О.В., Рубан І.М. Сучасний радіологічний стан сільськогосподарських угідь Житомирського Полісся. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. Вип. 26. Сільськогосподарські науки. С. 72–79.
5. Гловин Н.М., Павлів О.В. Дослідження якості водних ресурсів децентралізованого водопостачання сільських місцевостей у межах Бережанського району. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького*. 2018. Т. 20. № 84. С. 109–113. DOI: 10.15421/nvlvet8420.
6. Abraham Munene, Jocelyn Lockyer, Sylvia Checkley, David C. Hall. Perceptions of drinking water quality from private wells in Alberta: A qualitative study. *Canadian Water Resources Journal*. 2019. Vol. 44. 3. P. 291–306. DOI: 10.1080/07011784.2019.1601599.
7. Коткова Т.М., Федючка М.І., Піциль А.О. Екологічний моніторинг якості питної води водогонів і колодязів Лугинського району Житомирської області на вміст азоту амонійного та нітратів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27. № 10. С. 81–85. DOI: 10.15421/40271014.
8. Герасимчук Л.О. Роль нітратного забруднення овочевої продукції та питної води у формуванні неканцерогенного ризику для населення с. Лука Житомирського району. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2(50). Т. 1. С. 55–63.
9. Romanchuk L.D., Fedonuk T.P., Khant G.O. Radiomonitoring of plant products and soils of Polissia during the long-term period after the disaster at the Chernobyl Nuclear Power Plant. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. 8(3). P. 444–454. DOI: 10.15421/021769.
10. Herasymchuk L.O., Martenyuk G.M., Valerko R.A., Kravchuk M.M. Demographic and onco-epidemiological situation in radioactive contaminated territory of Zhytomyr Oblast. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. 10(1). P. 32–38. DOI: 10.15421/021905.
11. Цілі сталого розвитку 2016-2030. URL: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku>.
12. Пустовіт І.М. Методика визначення екологічно-соціальної оцінки територій сільських населених пунктів України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2013. 1(37). URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013_1/13pim.pdf.

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ: ПРИРОДА І КРИТЕРІЇ

Войціцький В.М., Хижняк С.В., Данчук В.В.,
Мідик С.В., Грищук І.А., Ушкалов В.О.

Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, 03041, м. Київ
svit.mid@gmail.com

Надано визначення поняттю «ризик» як загрози можливої небезпеки, що спричиняє шкоду або виникнення несприятливих наслідків певної події. Кількісною мірою ризику як загрози небезпеки є добуток вірогідності небезпеки і відповідної їй очікуваної шкоди. Поняття «ризик» є багатоплановим, здебільшого його використовують залежно від області застосування, типу і стадії аналізу тощо.

З точки зору екологічних ризиків, які є сукупністю ризиків, що загрожують стану біоти довкілля, в тому числі здоров'ю і життю людей, суттєву загрозу становлять природні (пов'язані з виявленням дії стихії незалежно від людей) та антропогенні (викликані господарською діяльністю людей) ризики.

Наведено сучасне визначення і розуміння «припустимого ринку», з яким суспільство готове миритися заради отримання можливої користі і благ. Надані з поясненням і аналізом визначення ризиків, які загрожують безпеці стану довкілля, здоров'ю і життю людей, суспільному добробуту. Розглянуто сприйняття існуючих екологічних ризиків пересічними людьми (за опитуванням населення США) та фахівцями, зокрема низкою міжнародних організацій (UNIKO, IAEA, WHO, UNEP).

Зроблено висновок, що нині найнебезпечнішими забруднювачами довкілля є важкі метали, стійкі токсичні органічні речовини, пестициди і різноманітні відходи. Наведено основні причини ризиків, їх критерії, класифікацію та оцінку за ступенем важкості можливих наслідків при їх виявленні, зокрема, екологічних ризиків.

Акцентується увага на тому, що однією з актуальних задач сучасної екології є попередження вияву екологічних ризиків або хоча б на першому етапі мінімізація можливих негативних наслідків. Основне завдання – це визначення та застосування алгоритмів можливого керування екологічними ризиками, створення стабільних умов існування екосистем. *Ключові слова:* ризики, небезпека, шкода, критерії, екологія.

Ecological risks: nature and criteria. Voitsitskiy V., Khyzhyak S., Danchuk V., Midyk S., Hryshchuk I., Ushkalov V.

The concept of “risk” was defined as the threat of a possible danger that causes harm or adverse consequences of a particular event. Quantitatively, risk, as a threat of danger, is the product of the probability of danger and the corresponding expected damage. The “risk” concept is multifaceted and is usually used, depending on the scope, type and stage of analysis etc.

In terms of environmental risks, which are a set of risks that threaten the state of the environment biota, including human health and life, a significant threat is natural (associated with natural disasters) and anthropogenic (caused by economic activity of people) risks.

A modern definition and understanding of the “acceptable market” has been provided, as one with which society is willing to put up with both the potential benefits and the benefits at the moment. Explanations and analysis of the identification of risks that threaten the safety of the environment, human health and life, and public welfare were also provided. The perception of existing environmental risks by ordinary people (according to a survey of the US population) and experts, including a number of international organizations (UNIKO, IAEA, WHO, UNEP) was considered.

It was concluded that currently, the most dangerous pollutants are heavy metals, persistent toxic organic substances, pesticides and various wastes. The main causes of risks, their criteria, classification and assessment of the severity of the consequences, in particular, environmental risks, the set of risks that threaten the viability of biota, including human health and life, were described.

Attention is emphasized to the fact that one of the urgent tasks of modern ecology is to prevent the manifestation of environmental risks or at least in the first stage to minimize possible negative consequences. The main task is to define and apply algorithms of possible management of ecological risks, creation of stable conditions of existence of ecosystems. *Key words:* risks, danger, harm, criteria, ecology.

Постановка проблеми. Життя на Землі (як кожного індивідууму, так і угруповань живих організмів) постійно підпадає під вплив різноманітних ризиків. Це стосується і всієї біосфери, ризиком існування якої є, наприклад, можливість ядерної і термоядерної війни у всесвітньому масштабі.

Термін «ризик» (англ. “risks”) здебільшого вживають як тотожність «небезпеці»: «Ризик – це небезпека майбутньої втрати», «ризик – це небезпека виникнення несприятливих наслідків подій, які розглядаються» [1]. «Небезпека», якщо її розглядати для людей, – це «загроза людям і всьому тому, що становить для них цінність».

Ще одне визначення терміну «ризик» пов'язане з ототожненням його з можливістю несприятливого процесу чи події: «Ризик – це загроза можливості збитку (шкоди)», «ризик – це можливість (вірогідність) факту, події, що розглядається як втрата чи шкода», «ризик становить собою шанс того, що може трапитися щось небажане». Термін «ризик» розглядають також як синонім термінів «вірогідність» і «частота» [2].

Актуальність дослідження. Ще не склалися остаточні уявлення про більшість ризиків, які пов'язані з виявленням конкретних процесів. Здебільшого застосовуються вірогіднісні підходи, але принципо-

вим є не тільки оцінка вірогідності вияву ризиків, але і можливі наслідки. Все це повністю стосується і екологічних ризиків. Питання екологічних ризиків, їх уніфікації, загрози стану довкілля, здоров'ю і життю людей, а також можливі наслідки – це одна з актуальних проблем сучасної екології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Природа, можливі наслідки, здатність до керування ризиками детально розглянуті для геологічних явищ (зокрема, землетрусів), можливих катастроф на небезпечних підприємствах, транспорті тощо, а після аварії на Чорнобильській і «Фокусима – 1» АЕС, особливо для аварій на радіаційно-небезпечних об'єктах [1-6]. Подібні модифіковані розробки можуть бути застосовані для будь-яких ризиків, але після узагальнення існуючих і перспективних методів оцінки ризиків, добору стратегії запобігання наслідкам або на першому етапі їх зменшення.

Мета дослідження – надати науково-обґрунтований аналіз екологічним ризикам, причинам їх виникнення і критеріям, що сприяє розробці і удосконаленню методів і заходів попередження або мінімізації їх вияву.

Виклад основного матеріалу. Оцінку вірогідності виявлення ризиків як небезпеку певного процесу або події проводили на основі визначення того, що у випадку незалежності просторової (P_s) і часової (P_T) вірогідностей загальна вірогідність (P) дорівнює їх добутку [1]:

$$P = P_s \cdot P_T.$$

В інших випадках, коли небезпека виявляється за сукупності певних подій ($S_1, S_2 \dots S_n$), її вірогідність дорівнює:

$$P = \sum_{i=1}^n P \left(\frac{N}{S_i} \right) \cdot P(S_i),$$

де $P \left(\frac{N}{S_i} \right)$ – вірогідність небезпеки N , яка виявляється за умови вияву події S_i ; PS_i – вірогідність події S_i , $i = 1, 2$, де n – позначення конкретної події S_i .

Ризик як кількісна міра можливої небезпеки пов'язаний зі шкодою, тому він (R) може бути визначений як добуток вірогідності небезпеки або несприятливого наслідку певної події (P) і визначеної величини очікуваної шкоди (Z):

$$R = P \cdot Z.$$

Поняття «ризик» є багатоплановим, здебільшого його використовують залежно від області застосування, типу і стадії аналізу тощо. Залежно від основної причини виникнення ризиків їх класифікують на [1]:

1. Природні ризики – ризики, які пов'язані з виявленням дії стихії: виверженням вулканів, землетрусами, бурями, смерчами, повенями, підтопленнями, посухами тощо.

2. Антропогенні техногенні ризики – ризики, які зумовлені небезпеками від технічних об'єктів.

3. Антропогенні нетехногенні ризики – ризики, які виникають у результаті господарської діяльності людини (окремо від техногенних ризиків).

4. Екологічні ризики – виділені в окрему групу ризики (природні, антропогенні тощо), які пов'язані із забрудненням довкілля від різноманітних джерел, що загрожують стану біоти, в тому числі здоров'ю і життю людей.

5. Комерційні ризики – ризики, які пов'язані з небезпекою фінансових втрат внаслідок фінансово-господарської діяльності.

З точки зору безпеки важливими критеріями ризиків є [1]:

1. Індивідуальний ризик – це такий ризик, якому підлягають індивідууми в результаті впливу чинників загрози.

2. Колективні ризики – очікувана кількість як травмованих, так і загиблих індивідуумів за певний період внаслідок, наприклад, можливої аварії на промисловому підприємстві.

3. Соціальний ризик – це залежність частоти подій, у яких постраждала на деякому рівні певна кількість людей, що більше передбаченого раніше рівня.

4. Припустимий ризик – рівень ризику, з яким суспільство загалом готове миритися заради отримання певних благ і користі.

Існують такі основні різновиди ризиків [7]:

1. Ризики, які загрожують безпеці (*safety risks*). Здебільшого вони характеризуються малими вірогідностями, але важкими наслідками і швидкими виявленнями. До таких ризиків, зокрема, належать нещасні випадки на виробництві.

2. Ризики, які загрожують здоров'ю (*health risks*). Ці ризики мають високу вірогідність і часто відбуваються без важких наслідків із певною затримкою.

3. Ризики, які загрожують стану довкілля (*environment risks*). Вони можуть бути [8] природного походження (виверження вулканів, землетруси, повені, підтоплення, урагани, смерчі, селеві потоки, посухи), а також антропогенного, тобто спричинені господарською діяльністю людини (викиди і скиди різноманітних промислових, комунальних та інших підприємств, продукти згорання палива, промислове, побутове і будівельне сміття, отрутохімікати, добрива, стоки ферм і великих комплексів тощо в сільському господарстві, забруднення, пов'язані з транспортно-дорожнім і військово-промисловим комплексом).

4. Ризики, які загрожують суспільному добробуту (*goodwill risks*). Це ризики сприймання суспільством діяльності певного об'єкта (промислового, сільськогосподарського тощо), наскільки ця діяльність пов'язана з раціональним використанням природних ресурсів, як вона відображається на стані довкілля. Негативне сприйняття діяльності об'єкта, який аналізується, здебільшого виявляється швидко і є стійким.

5. Фінансові ризики (*financial risks*), пов'язані з можливими втратами власності, доходу тощо.

Аналіз ризиків здебільшого проводять за такими основними типами [2]: 1) аналіз хімічного ризику (окремо неканцерогенного і канцерогенного); 2) епі-

деміологічний (той, який пов'язаний з можливістю епідемій) аналіз ризику; 3) вірогіднісний аналіз ризику (оцінка вірогідності виявлення ризику); 4) апостеричний (набутий попередньо досвідом) аналіз ризику, а саме за статистичної обробки виявлення загрозливих подій і процесів у минулому; 5) якісний аналіз ризику (проводиться у тому випадку, коли кількісну оцінку провести не можливо, наприклад, за глобальної зміни клімату).

Всі перераховані види ризиків (але не фінансові) та їх типи аналізу, розділення яких є умовним, безпосередньо пов'язані з екологічним ризиком (*ecological risks*), який у загальному вигляді можна визначити як сукупність ризиків, що загрожують стану біоти, в тому числі здоров'ю і життю людей [3, с. 7–11].

На думку експертів Агентства із захисту оточуючого середовища США, окремо від ризиків, які безпосередньо загрожують здоров'ю людини, серйозними екологічними ризиками є [1]:

1. Глобальні зміни клімату.
2. Збільшення озонного шару в стратосфері.
3. Зміна компонентів (об'єктів) довкілля.
4. Загибель популяцій і втрати у біологічному різноманітті.

Для здоров'я і життя людей найважливішими ризиками (*health risks*) є:

1. Забруднення повітря, питної води, продуктів харчування різноманітними екоотоксикантами (викиди і скиди промисловості – стійкі органічні забруднювачі, важкі метали та інші токсичні хімічні речовини тощо); скиди підприємств сільськогосподарства, хімічні засоби захисту рослин і боротьби з ектопаразитами (особливо, пестициди); продукти згорання палива для отримання енергії; фармацевтичні препарати та сировина для їх виробництва; промислове, побутове та будівельне сміття; токсичні речовини, які використовуються військово-промисловим комплексом; транспортно-дорожні забрудники та багато інших.

2. Забруднення токсичними речовинами повітря в приміщеннях (у тому числі на робочих місцях), накопичення в них радіоактивного газу родону, що виділяється з будівельних матеріалів.

3. Підвищені рівні різноманітних випромінювань (радіоактивного, електромагнітного, акустичного і світлового).

4. Зменшення озонного шару в стратосфері, що призводить до посилення дії ультрафіолетового випромінювання на біоту.

Розділення екологічних ризиків на ті, які безпосередньо загрожують здоров'ю людей, та ті, які не загрожують, є умовним і неоднозначним. Так, такі ризики, які можуть бути спричинені забрудненнями довкілля та низка інших, є загальними як для екології довкілля, так і безпосередньо для здоров'я і життя людей. З урахуванням цього перші 20 «дуже серйозних» ризиків із довгого списку переліку по ранжиру їх джерел за даними соціального анкетування насе-

лення США (результати мають ознайомчий характер) є такими [1]:

1. Діючі полігони захоронення небезпечних відходів.
2. Недіючі полігони захоронення небезпечних відходів.
3. Забруднення води стоками промислових підприємств.
4. Хімічні токсиканти на робочому місці.
5. Розливи нафти і нафтопродуктів.
6. Руйнування озонного шару.
7. Аварії на атомних електростанціях.
8. Аварії у промисловості, які призводять до викидів і скидів забрудників.
9. Випромінювання від радіоактивних відходів.
10. Забруднення повітря викидами промислових підприємств.
11. Витік із підземних сховищ нафтопродуктів.
12. Забруднення прибережних вод.
13. Тверді відходи і сміття.
14. Пестициди для фермерів.
15. Забруднення води стоками сільськогосподарських підприємств.
16. Недостатнє очищення водоочисними спорудами.
17. Забруднення повітря транспортними засобами.
18. Залишкові кількості пестицидів у харчових продуктах.
19. Парниковий ефект.
20. Забруднення питної води.

Порівняння цього переліку із наведеною вище думкою експертів свідчить, що пересічні люди і спеціалісти по-різному оцінюють рівень небезпеки при виявленні певних екологічних ризиків. Так, соціальне опитування не виявило підвищеного занепокоєння щодо скорочення біологічного різноманіття, а також ступеня реальної загрози при вияві низки ризиків, зокрема, глобального потепління. В той же час пересічні люди надають перевагу як загрози полігонам захоронення небезпечних відходів.

Міжнародними організаціями, а саме Організацією Об'єднаних Націй із промислового розвитку (UNIDO), Міжнародним агентством по атомній енергії (IAEA), Всесвітньою організацією охорони здоров'я (WHO), Програмою ООН з оточуючого середовища (UNEP) розроблені рекомендації з оцінки та керування ризиками, які пов'язані із загрозами стану довкілля і здоров'ю людей. Основні ознаки екологічних ризиків згідно цих узагальнених рекомендацій наведено в табл. 1.

Заданими американського Товариства екологічної токсикології і хімії оточуючого середовища (SETAC) основний внесок у техногенне (спричинене технічними об'єктами) забруднення довкілля викликають важкі метали (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ag, Cd, Sh, Sb, Ce, Tm, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, U, а також As, хоча він неметал), так звана «брудна дюжина» стій-

Таблиця 1

Основні ознаки екологічних ризиків, пов'язані із загрозою стану довкілля і здоров'ю людей

Категорії	Люди	Довкілля
Характер впливу чинника ризику	Неперервний Разовий (за аварії)	Неперервний Разовий (за аварії)
Група ризику (контингент)	Населення певної місцевості Персонал підприємства	Біота, екосистема
Тривалість впливу	Короткочасний Середньої тривалості Тривалий	Короткочасний Середньої тривалості Тривалий
Наслідки	За ступенем важкості: фатальні (ризик смерті) нефатальні (ризик травми, хвороб). За часом вияву: негайні, віддалені	За розподіленням: локальний, регіональний, глобальний. За тривалістю впливу: короткочасний, середньої тривалості, тривалий

Таблиця 2

Розподілення чинників екологічного ризику по їх внеску в техногенне забруднення на об'єктів довкілля (за даними SETAC за [7])

Чинник екологічного ризику	Відносний внесок, %
Важкі метали	28
Стійкі органічні забрудники	27
Змішані відходи (органічні і неорганічні)	20
Пестициди	15
Радіоізотопи (Cs-137, Sr-90 та інші)	6
Гази (SO і SO ₂ , NO і NO ₂ , CO і CO ₂ , O ₃ та інші)	3
Мікроорганізми, які створені методами генетичної інженерії	1

Таблиця 3

Розподілення техногенного навантаження по об'єктах довкілля (за даними SETAC за [7])

Об'єкти довкілля	Відносний внесок, %
Поверхневі води	53
Опади	32
Ґрунт	12
Гірські породи (літосфера)	9
Ґрунтові води	7
Повітря	3

ких органічних забрудників: поліхлоровані біфеніли (ПБХ), поліхлоровані дибензо-*n*-діоксини (ПХДД), поліхлоровані дибензофурані (ПХДФ), алдрин, діелдрин, дихлор-дифеніл-трихлоретан (ДДТ), ендрин, хлордан, гексахлорбензол (ГХБ), мірекс, токсафен, гептахлор, а також різноманітні відходи і пестициди. Відносний внесок найнебезпечніших чинників екологічного ризику в техногенне забруднення довкілля наведено в табл. 2.

У зв'язку з пандемією, яка спричинена коронавірусом (SARS-COV-2, який викликає хворобу COVID-19), що почалася офіційно в грудні 2019 року, людство, мабуть, перегляне «найсерйозніші» ризики і віднесе до них подібні тим, які спричинили коро-

навірус, спалахи «іспанки» у 1918 році, чуми, віспи, холери і тифу в Середньовіччя та у більш пізніший час локально в деяких країнах.

При аналізі розподілення наведених у табл. 2 чинників екологічного ризику встановлено, що основне техногенне навантаження приходить на певні об'єкти довкілля (табл. 3).

Таким чином, основними забрудниками довкілля, які спричинили техногенне навантаження на об'єкти довкілля, є важкі метали, стійкі органічні забрудники (поліциклічні ароматичні вуглеводи), різноманітні відходи і пестициди. Шляхи та механізми переносу цих речовин здебільшого відбуваються через воду як безпосередньо (поверхневим зливом), так і за допомогою процесів, що переводять ці речовини в поверхневі води (при випадінні атмосферних опадів, ерозії ґрунту, переносі вітром тощо).

Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження. Екологічним ризикам притаманні такі самі критерії, що й іншим ризикам. Вони загрожують як стану довкілля, так і здоров'ю та життю людей. Особливої уваги заслуговують антропогенні (в тому числі техногенні) ризики в плані розбору та удосконалення методів і заходів керування ними з метою попередження їх вияву або на першому етапі мінімізації можливих негативних наслідків.

Література

1. Кутлахмедов Ю.А., Матвеева И.В., Гроза В.А. Надежность биологических систем. К. : Фитосоцицентр, 2018. 352 с.
2. Музалевский А.А., Яйли Е.А. Риск: анализ, оценка, управление. Санкт-Петербург : ВВМ, 2008. 232 с.
3. Лисиченко Г.В., Забулов Ю.А., Хміль Г.А. Природний, техногенний та екологічний ризик. К. : Наукова думка, 2008. 542 с.
4. Кутлахмедов Ю.О., Войціцький В.М., Хижняк С.В. Радіобіологія : підручник. К. : ВПЦ Київський університет, 2011. 543 с.
5. Кутлахмедов Ю.А. Дорога к теоретической радиоэкологии. К. : Фитосоцицентр, 2015. 360 с.
6. Войціцький В.М., Мідик С.В., Полтавченко Т.В., Березовський О.В., Кеппл О.Ю., Велинська А.О. Моніторинг екосистем: цілі та необхідність, роль біоіндикації. *Біоресурси і природокористування*, 2019. № 3-4. С. 39-46.
7. Ваганов П.А. Как рассчитать риск здоровью из-за загрязнения окружающей среды. Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского госуниверситета, 2008. 141 с.
8. Жирнов В.В., Савченко Д.А. Біоконверсія відходів. Частина І. К. : РРП Експо-Друк, 2017. 302 с.
9. Ваганов П.А. Экологические риски. Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского госуниверситета, 1997. 116 с.
10. Башкин В.А. Экологические риски. Расчет, управление, страхование. М. : Высшая школа, 2007. 358 с.
11. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски. Теория и практика. Санкт-Петербург : ВВМ, 2011. 447 с.

FUNCTIONAL AND ECOLOGICAL EXPERTISE IN NEMYRIV DISTRICT IN VINNYTSIA REGION

Yermishev O.V.¹, Mudrak O.V.²

¹Vasyl' Stus Donetsk National University,
Yunosti Avenue 16, 21030, Vinnytsia
o.yermishev@donnu.edu.ua

²MHEI "Vinnytsia Academy of Continuing Education"
Hrushevskoho Street, 13, 21000, Vinnytsia
ov_mudrak@ukr.net

The growing anthropogenic impact on the environment, its pollution with various industrial wastes along with excessive use of natural resources leads to a gradual degradation of the natural environment under the influence of negative anthropogenic factors which is one of the main reasons for the increase of ecologically dependent diseases and constant environmental as well as medical monitoring for operational control of the environmental situation.

781 children of different sexes living in the examined villages Vorobiiivka, Hrabovets, Ziankivtsi, Kudlai, Nykyforivtsi, Skrytske, Bratslav, Hrynenky and Novoselivka of Nemyriv district in Vinnytsia region were examined with the help of functional-vegetative electropuncture diagnostics by the method of V.G. Makats. Moreover, the coefficient of the autonomic nervous system (vegetative) was also determined as a result of the ratio of the indicators sum of the sympathetic and parasympathetic autonomic nervous systems.

The children were divided into 3 groups according to the coefficient: those with parasympathetic activity, vegetative-functional balance and sympathetic activity. The number of examined children in the group shown in % indicates the ecological condition of compact settlement and is the basis of functional and ecological expertise (FEE).

In addition, it forms criteria for the zones of the ecological control. As a result of the research, it has been found for the first time that a decrease in the number of examined children in the vegetative-functional balance zone and an increase in parasympathetic activity are the main characteristics that reflect the negative impact of environmental factors (in this case anthropogenic radiation pollution).

The results of FEE of the children living in the villages Vorobiiivka, Hrabovets, Ziankivtsi, Kudlai, Nykyforivtsi, Skrytske, Bratslav, Hrynenky and Novoselivka of Nemyriv district in Vinnytsia region coincide with the results of the state radioecological monitoring of these villages. Accordingly, this testifies to the efficiency and accuracy of the FEE. FEE can be used to assess the impact of any environmental factor on the human body or group of people.

Bioindication methods, which include FEE, can qualitatively and quantitatively assess the biological effects of environmental factors in ecosystems. The use of the human body as a test object is considered to be an advantage of FEE usage which guarantees greater information. Moreover, it not only allows for an integrated assessment of environmental factors and but also to identify the rate of the change occurring in areas of compact settlements. Consequently, FEE will help to regulate the allowable loads on ecosystems that differ in their resistance to the damaging factor and will also allow to make appropriate correlations regarding the possible impact of environmental factors on human health. *Key words:* ecological monitoring, bioindication, functional health, coefficient of the autonomic nervous system (vegetative), adaptive potential.

Функціонально-екологічна експертиза Немирівського району Вінницької області. Єрмішев О.В., Мудрак О.В.

Зростаючий антропогенний вплив на довкілля, його забруднення різними відходами виробництва поряд із надмірним використанням природних ресурсів призводить до поступової деградації природного середовища під впливом негативних антропогенних чинників, що є однією з основних причин збільшення еколого-залежних захворювань і потребує обов'язкового та постійного проведення еколого-медичного моніторингу для оперативного контролю екологічної ситуації.

За допомогою функціонально-вегетативної електропунктурної діагностики за методом В.Г. Макаца було обстежено 781 дитину різних статево-вікових груп, які проживають у населених пунктах Воробіївка, Грабовець, Зяньківці, Кудлаї, Никифоровці, Скрицьке, Брацлав, Гриненки та Новоселівка Немирівського району Вінницької області (належать до зони посиленого радіоекологічного контролю) і був визначений коефіцієнт автономної нервової системи (вегетативний), який є результатом співвідношення суми показників симпатичної і парасимпатичної автономної нервової системи.

За коефіцієнтом дітей розподіляли по 3 групах: із парасимпатичною активністю, вегетативно-функціональною рівновагою та симпатичною активністю, де кількість обстежених дітей у групі в % свідчить про екологічний стан території компактного проживання, є основою функціонально-екологічної експертизи (далі – ФЕЕ) і формує критерії зон екологічного контролю.

У результаті досліджень вперше було з'ясовано, що основною характеристикою, яка відображає негативний вплив екологічних факторів (у цьому випадку антропогенне радіаційне забруднення), є зменшення кількості обстежених дітей у зоні вегетативно-функціональної рівноваги і збільшення їх у зоні парасимпатичної активності від розробленої нами норми.

Результати проведення ФЕЕ дітей, які проживають у населених пунктах Воробіївка, Грабовець, Зяньківці, Кудлаї, Никифоровці, Скрицьке, Брацлав, Гриненки та Новоселівка Немирівського району Вінницької області, збігаються з результатами державного радіоекологічного моніторингу цих населених пунктів, що свідчить про ефективність і точність ФЕЕ. ФЕЕ можна використовувати для оцінки впливу будь-якого екологічного фактору на організм людини чи на групу людей. Методами біоіндикації, до яких належить ФЕЕ, можна якісно і кількісно оцінити біологічні ефекти дії екологічних факторів в екосистемах.

Перевагою використання ФЕЕ є використання в якості тест-об'єкта організму людини, що гарантує більшу інформативність і дає можливість здійснювати інтегральну оцінку дії екологічних факторів і виявляти швидкість змін, що відбуваються на територіях компактного проживання населення. ФЕЕ допоможе унормувати допустимі навантаження на екосистеми, що відрізняються за своєю стійкістю до вражаючого чинника, та дозволить проводити відповідні кореляції стосовно можливого впливу екологічних факторів на здоров'я людини. *Ключові слова:* екологічний моніторинг, біоіндикація, функціональне здоров'я, коефіцієнт автономної нервової системи (вегетативний), адаптаційний потенціал.

Problem formulation. Currently, the environment is under significant anthropogenic pressure which directly affects the health of the population. Every year the level of ecologically dependent diseases of the population in our country increases which requires mandatory and constant ecological and medical monitoring. Environmental and medical monitoring should be considered as a tool for operational control of the environmental situation and its impact on public health, which allows timely and reasonable decisions to choose priority measures and long-term management plans for government agencies.

The ratio of the activity of the two parts of the autonomic nervous system – sympathetic and parasympathetic in the human body under the action of abiotic and anthropogenic (radiation pollution) factors is *the object of the study*. The functional and vegetative health of children is *the subject of the study*. Integral bioindicators of individual health are the levels of autonomic disorders and characterize the ecological situation in the region of compact living.

The purpose of the study is to verify the radiation dependence of functional and vegetative health as well as dosimetric certification of settlements of Nemyriv district in Vinnytsia region with the help of the developed by us functional and ecological expertise. *The task of the study* was to study the characteristics of the impact of anthropogenic environmental factors on the functioning of the autonomic nervous system in children as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power station.

The research relevance. Nowadays, one of the greatest dangers for the population of Ukraine is played by radioactive contamination the level of which is the only state-controlled at the legislative level environmental and anthropogenic factor of negative impact on the human body. The concept of functional and ecological examination (FEE) of the regions of the radiation control of Ukraine developed by us confirms the expediency of the state attention to the problem of “Ecological certification of children” (prof. V.G. Makats) and fundamentally complements the accepted forms of dosimetric and thyroid dosimetric control.

The connection of the author's work with important scientific and practical tasks. The research work is fragment of the state program “Two-stage system of rehabilitation of autonomic disorders of children living in the radiation control zone of Ukraine” (performed on behalf of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 01.06.1999 № 12010/87) and a planned research work “Scientific and methodological principles of adaptive

health of radioactively contaminated and relatively clean areas of environmental control in the context of sustainable development strategy of Ukraine” (state registration number 0117U103571) carried out at the Department of Biophysics and Physiology of Vasyl' Stus Donetsk National University.

The fact that for the first time the indicator of functional and vegetative health of the organism is offered as a criterion of ecological well-being of the region has become **the novelty** of the study results. The studies have shown for the first time that a decrease of the number of examined people in the area of functional balance and an increase of the one in the area of parasympathetic activity is the main characteristic that reflects the negative impact of external and internal factors.

It is revealed that the results of FEE coincide and fundamentally complement the accepted forms of radioecological, dosimetric and thyroid dosimetric state monitoring. Studies have shown for the first time that the main characteristic that reflects the negative impact of external and internal factors is a decrease in the number of examined people in the area of functional balance and an increase in the area of parasympathetic activity. It has been revealed that the results of FEE coincide and fundamentally complement the accepted forms of radioecological, dosimetric and thyroid dosimetric state monitoring.

The methodological or general scientific significance lies in the fact that the results of the study can be used for ecological monitoring of areas with compact population living. The analysis of functional and vegetative health of the population related to the medical and ecological effects of the environment is important for early detection of pre-nosological conditions and prevention of pathology which are priority areas of human ecology in the face of abrupt changes in the habitat.

The analysis of recent research studies and publications. The ecology of the environment and human health directly depends on the combined impact of environmental factors, their levels and action duration on ecosystems and the human body. Given the constant increase in pollutants, including ecotoxicants, as the most dangerous to the environment and human health, it is extremely important to conduct ecobiological monitoring which allows to determine the degree of environmental pollution [2; 10].

In turn, the obtained data make it possible to assess the impact of pollutants on ecosystems and can be used to prevent or reduce their entry into the environment [5; 10]. Currently, physical and chemical methods of monitoring the ecological state, which allows to ana-

lyze it in comparison with the normative concentrations established for biota are the main methods of assessing the state of the environment.

Analytical methods are the simplest and fastest methods for identifying areas of environmental distress, though, they do not allow to directly determine the manifestation of the effects of pollutants on the body and its vital functions. In addition, the use of physicochemical methods does not allow to detect the combined effect of several environmental factors (anthropogenic, abiotic and biotic) on the body and to establish possible secondary, consequential effects, i.e. to obtain sufficient data necessary to establish regulatory concentrations of pollutants (ecotoxicants).

This, as well as many other information, can be obtained by using bioindication methods which are based on the reactions of living organisms and their communities to the action of ecotoxicants [6; 10]. It is based on the observation of the composition, number as well as morphological, physiological, biochemical changes in the body of bioindicators (organisms that serve as test objects) under the influence of environmental factors. The obtained results are used to identify dangerous areas for human life.

Today, there is a need to develop and implement the methods for detecting environmental damage directly using the human body in the practice of environmental monitoring. That will provide more informative and reliable assessment of the impact of environmental factors. The method of functional-ecological examination (FEE) that has been offered by us allows to directly use a person as a test object. In order to assess the reliability of the FEE method we compared its results with the results of the state radioecological monitoring, which the only state-controlled environmental and anthropogenic factor of negative impact on the human body.

The main subject of the research of the FEE method is the complex state of the autonomic nervous system (ANS) of the child's body and the analysis of the processes that affect it. The autonomic nervous system is known to regulate all internal processes in the body and perform an adaptive and trophic function – the regulation of metabolism, adapting them to changing environmental conditions [4; 9; 11].

There are many methods of studying individual indicators of the ANS but most of them unreliable due to low recurrence (repeated results do not coincide with the previous ones) and limited to the assessment of the ANS, which controls the physiological activity of certain physiological systems. Functional-vegetative diagnostics (FVD) of the vegetative health of the population by the method of V. Makats is deprived of these shortcomings that allows to reveal indicators of vegetative levels variance which act as integral bioindicators of homeostatic reactions of a human body and its dependence on changing environmental conditions [7; 8; 11].

On this basis, an integrated characteristic of the ecological state is formed and the levels (zones) of its eco-

logical pressure are determined. Identification and study of causal relationships between the influence of environmental factors and changes in human adaptive potential is one of the urgent tasks of ecological and biological monitoring [2; 6; 7; 11], the main purpose of which is to identify the relationship between the environment and individual or population health. Functional health (an adaptation potential) of the population more objectively reflects the ecological changes of the territory, as it characterizes the ability of the organism to adapt to changing conditions of the external and internal environment [8; 11].

Materials and methods. The correlations between changes in electrical conductivity of 24 representative FAZ (characterizing the state of the meridian as a unity) and the state of classical acupuncture meridians “determining” the functional state of their respective internal organs and systems of the organism are used for the diagnosis. 781 children of different sexes living in the examined villages Vorobiivka, Hrabovets, Ziankivtsi, Kudlai, Nykyforivtsi, Skrytske, Bratslav, Hrynenky and Novoselivka of Nemyriv district in Vinnytsia region were examined with the help of functional-vegetative electropuncture diagnostics (FVD) by the method of V.G. Makats.

FVD was conducted in the morning (10:00-12:00). The bioelectric activity of 12 symmetric pairs of functionally active skin zones (24 FAZ), 12 on the hands and 12 on the feet, which reflect the functional activity of the sympathetic and parasympathetic nervous systems, was studied [5; 8]. The FVD according to the method of V. Makats and devices for its implementation were officially approved by the Ministry of Health of Ukraine “New Medical Equipment and New Methods of Diagnosis” (№ 5 from 25.12.91; № 1.08-01 from 11.01.94) and the Scientific Council of the Ministry of Health of Ukraine (№ 1.08-01 of 11/01/94).

A VITA 01 M device is used for FVD, the voltage in the closed circuit of which does not exceed the levels of membrane potentials (1-5 μ A; 0.03-0.6 V). The device does not require external energy sources for its operation. It has 2 diagnostic electrodes, a base electrode acceptor of electrons (AE) – a convex plate of a special alloy, pre-coated with an oxide film (5x7 cm) and 2 paired diagnostic electrodes (DE – electron donors) in the form of a silvered pair, which are located in ebonite cups with a diameter of 1 cm and wrapped with foam gaskets.

The base electrode (AE) is fixed by a special belt through a moist pad (moistened with saline solution) in the umbilical region (central mesogastric area (0-zone) with medium density tension to create stable examination conditions. Diagnostic electrodes (DE) are also moistened with saline solution. The procedure is performed in the orthostatic position of a person. In the process of testing electrodes, DE are placed at right angles with a slight pressure (at the touch level), simultaneously are contacted with each pair of symmetric FAZ (left-right at each extremity) for 1-4 seconds to obtain

stable performance in micro amperes. Electrodes are remoistened with saline solution after every 3 contacts with the FAZ.

Obtained in mA data of FVD are transformed into relative values. The obtained data are compared with the norm and it is concluded about the degree of deviation from it and the level of functional health impairment [7, 8, 11]. Mathematical and statistical processing of the results of the observations was carried out using the method of nonparametric statistics proposed by E.A. Derevyanko to determine the magnitude of the shift of the function under the study [1].

Presentation of the main material. In Vinnytsia region, 89 settlements in Vinnytsia region are in the zone of enhanced radioecological control, including 19 ones in Nemyriv district. Nemyriv district is located in the central part of Vinnytsia region, which belongs to the forest-steppe physical geographical zone of Vinnytsia region including Nemyriv and 94 settlements. The area of the district is 1293 km², where 48,347 people live (January 1, 2018).

The functional health (adaptation potential) of certain age groups of children is in the focus of FEE, which becomes a "bioindicator" of individual health and characterizes the ecological dynamics in the region of compact living. It has been established that the levels of functional health are specific markers of the adaptation state of the organism to changing conditions of external and internal environments. Moreover, they reflect the general functional-vegetative homeostasis of the human body. FEE criteria should be correlated with the levels of radionuclide (environmental) contamination in the controlled monitoring regions of Nemyriv district in Vinnytsia region.

As a result of the FVD by Makats, the indicators of the activity of sympathetic and parasympathetic nervous systems in mA which were transformed into relative values and defined as a direction of vegetative balance have been received. The vegetative coefficient kV is the numerical result of this ratio, according to which seven levels of vegetative dispersion (scattering) of functional health are distinguished today: PAs is a zone of significant parasympathetic activity (kV up to 0.75); PAe – a zone of expressed parasympathetic activity (kV 0.76-0.86); VE – zone of functional compensation of parasympathetic activity (kV 0.87-0.94); PVB – zone

of functional vegetative equilibrium (kV 0.95-1.05); FcS – zone of functional compensation of sympathetic activity (kV 1.06-1.13); SAe is a zone of expressed sympathetic activity (kV 1.14-1.26) and SAs is a zone of significant sympathetic activity (k-V>1.26).

Though, it is more convenient to use vegetative dispersion (scattering) according to critical zones for functional-ecological assessment of the environmental factors influence, i.e the ratio of parasympathetic activity – PA (PAs + PAe) – vegetative-functional equilibrium – VE (FcP + VE + FcS) – sympathetic activity (SAs + SAe). The obtained data on the state of functional health of the population of a certain area as well as average information on disorders of the autonomic nervous system can be used to analyze the impact of integrated environmental pressure on the human body, possible environmental problems and the degree of environmental impact [8; 11].

In the suggested method of functional and ecological examination (FEE), the number of people (%) whose indicators of functional health are in a state of functional depression (PA – predominance of parasympathetic activity), vegetative equilibrium (VE) and the number of cases of predominance of functional excitation (SA – predominance of sympathetic activity) is the basis of the systematic analysis.

According to the criteria prepared by us, the functional health (adaptive potential) of a person is in the zone of functional safety, when 70% of people are in the zone of vegetative-functional equilibrium (VE) and 15% are in the zones of parasympathetic and sympathetic activity. The decrease in the number of examined people in the area of functional balance and the increase of them in the area of parasympathetic activity is the main characteristic that reflects the negative impact of external and internal factors (Table 1) [8; 11].

Among the pollutants, the greatest attention is paid to radioactive contamination of the environment which is the only currently controlled factor. In 1989-1992, the density of radioactive contamination ¹³⁷Cs was mistakably accepted as a danger criterion (this is an area with a density of soil contamination above the pre-emergency level of Cesium isotopes of 15.0 Ki/km² and it was defined above as unconditional (compulsory) resettlement of the population). This led to some exceeding of the contamination standards of milk and meat,

Table 1

Indicators of functional and ecological expertise

The region of ecological control	Vegetative state in%		
	PA zona	VE zona	SA zona
Zone of relative functional safety – RFS	15	70	15
Zone of high functional attention – HFA	25	50	25
Functional voltage development zone – FVD	30	50	20
Zone of functional disaster development –FDD	45	40	15
Functional disaster zone – FDZ	65	25	10
Functional protection voltage zone – FPV	10	25	65

which had a corresponding impact on children’s health. Precipitation of radioactive clouds increased in rainy weather. Therefore, contamination of ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr (and other radionuclides) has a clear spotting character and may be different. This situation applies even to “conditionally clean” areas [3].

It is known that the surveyed villages such as Vorobiyivka, Grabovets, Zyankivtsi, Kudlay, Nykyforivtsi, Skrytske, the Bratslav town, Hrynenky and Novoselivka belong to the zone of enhanced radioecological control (IV zone) (Table 2) [3]. For 3 years (from 1994 to 1996), we conducted a survey of children to identify changes in functional health (adaptive potential) associated with the cumulative biological effect of radionuclides and compare the results with the results of state radioecological monitoring.

In the study of the functional health of children in the villages Vorobiyivka and Grabovets in 1995 it was found that the variance of autonomic levels (levels of autonomic balance) in the female and male groups had a dynamic identity, though in the male group there is

a more pronounced deterioration in the functional health of children, indicating gender features of functional health (adaptive potential) children.

Moreover, observations in the female and male groups indicate the relationship of Vorobiyivka and the village of Grabovets to the zone of “the development of functional catastrophe” (DFC) and as a whole corresponds to the state radioecological monitoring (4th zone of radioecological control) (fig. 1).

A study of the functional health of children in the villages of Zyankivtsi, Kudlay, Nikiforivtsi and Skrytske in 1994 found that the variance of vegetative levels (levels of autonomic balance) in the female and male groups had a dynamic identity, but there is a more pronounced state of health of children in the female group (Fig. 2).

The observations made by us in 1994 revealed gender features of children’s functional health (adaptive capacity). Observations in the female and male groups indicate the ratio of the villages of Zyankivtsi, Kudlai, Nikiforivtsi and Skrytske to the zone of “the development of functional tension” (DFT) in the female group

Table 2

Radiological indicators of the surveyed settlements (2006) and the results of functional and ecological examination

The settlement	Year	ChNPS	Cs ¹³⁷ kB/m ²		M3v/year for year			FEE
			soil	milk	2006	70 years	HRC	
Vorobiyivka	1995	4-та	60,8	60,8	0,18	8,8	60,8	FDD
Grabovets	1995	4-та	50,4	50,4	0,15	7,3	50,4	FDD
Zyankivtsi	1994	4-та	29,5	29,5	0,10	4,3	29,5	FVD RFS
Kudlay	1994	4-та	34,0	34,0	0,11	4,5	34,0	FVD / RFS
Nikiforivtsi	1994	4-та	44,2	44,2	0,14	6,3	44,2	
Skrytske	1994	4-та	0,14	5,8	2,2	0,02	0,14	
Bratslav	1994	4-та	13,7	13,7	0,07	1,5	13,7	RFS
Grinenki		4-та	25,2	25,2	0,08	4,2	25,2	
Novoselivka		4-та	18,5	18,5	0,07	2,9	18,5	
Bratslav	1995	4-та	13,7	13,7	0,07	1,5	13,7	HFA / FDZ
Grinenki		4-та	25,2	25,2	0,08	4,2	25,2	
Novoselivka		4-та	18,5	18,5	0,07	2,9	18,5	
Bratslav	1996	4-та	4-та	13,7	13,7	0,07	1,5	FDZ
Grinenki		4-та	4-та	25,2	25,2	0,08	4,2	
Novoselivka		4-та	4-та	18,5	18,5	0,07	2,9	

Note: HRC – human radiation counter.

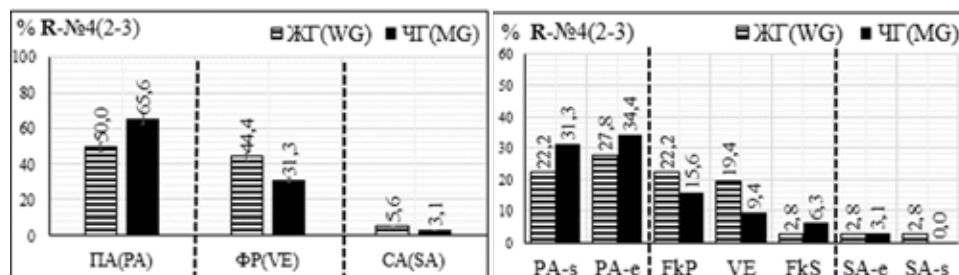


Fig. 1. Critical vegetative zones and levels of vegetative balance of children in the villages of Vorobiyivka, Grabovets and Golynchyntsi (1995)

and to the zone of “functional safety” (FS) in the male group (Fig. 1). The results of FEE in the villages of Zyankivtsi, Kudlay, Nykyforivtsi and Skrytske do not coincide with the official dosimetric certification of these settlements.

The FEE results obtained during the survey of the children population of different villages of Nemyriv district, which belong to the 4th zone of the Chernobyl NPS, have

a specific character and do not coincide with each other. This may indicate, first of all, the “spotty” nature of radioactive contamination of the surveyed areas. Secondly, the impact on the body of additional exo- and endoecological environmental factors which leads to changes in the functional health of children.

The study of functional health of children in Bratslav, Hrynenky and Novoselivka in 1994-1996 found that

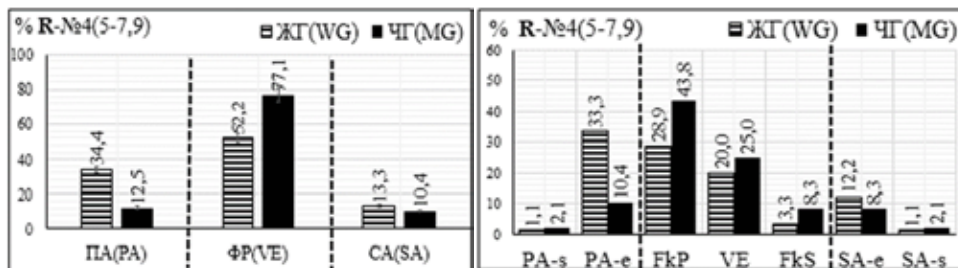


Fig. 2. Critical vegetative zones and levels of vegetative balance of children in the villages of Zyankivtsi, Kudlay, Nikiforivtsi and Skrytske (1994)

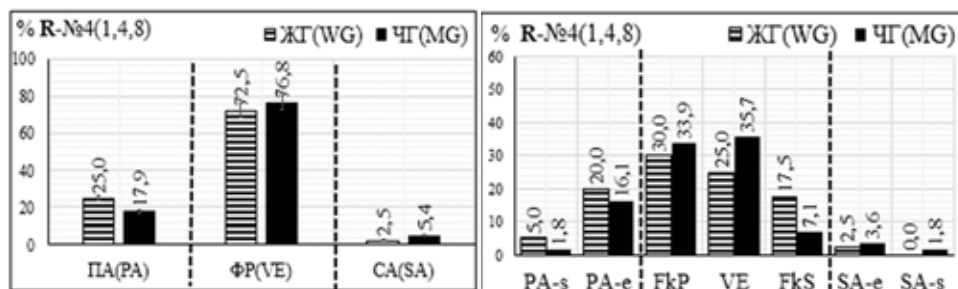


Fig. 3. Critical vegetative zones and levels of vegetative balance of children in Bratslav, Hrynenko and Novoselivka (1994)

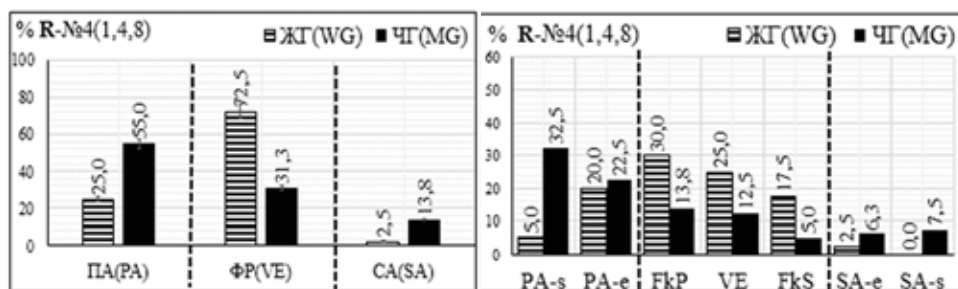


Fig. 4. Critical vegetative zones and levels of vegetative balance of children living in the villages of Bratslav, Hrynenko and Novoselivka (1995)

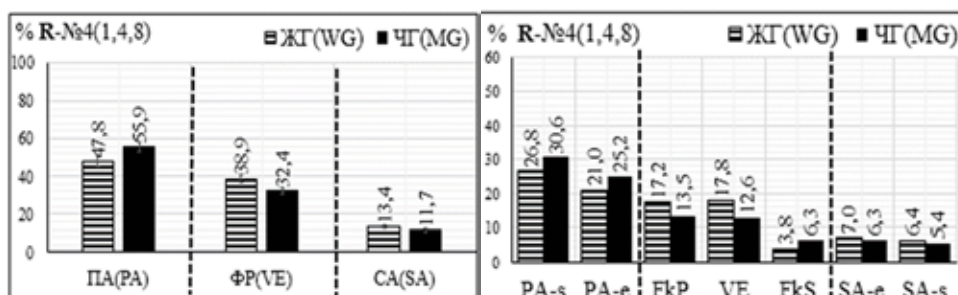


Fig. 5. Critical vegetative zones and levels of vegetative balance of children living in the Bratslav, Hrynenko and Novoselivka (1996)

the variance of vegetative levels (levels of vegetative balance) in the female and male groups had a dynamic identity. Though, while there was a more pronounced deterioration of children's functional health in the female group in 1994 and in 1995-1996, a sharp deterioration in functional health was detected in the male observation group, which in turn indicates the presence of gender features of functional health (adaptive potential).

Observations in women's and men's groups in 1994 indicate the relationship of the town Bratslav and the villages of Hrynenky and Novoselivka to the "functional safety" zone (FS) and do not coincide with the official dosimetric certification of these villages (Fig. 3).

Our observations conducted in 1995 in the female and male groups indicate the relationship of the villages Bratslav, Hrynenky and Novoselivka to the zone of "increased functional attention" (IFA) in the female observation group and to the zone of "functional-ecological catastrophe" (FEC) in the male observation group and coincide with the official dosimetric certification of these settlements (Fig. 4).

Observations in the female and male groups conducted in 1996 indicate the relationship of the town Bratslav and the villages Hrynenky and Novoselivka to the zone of "functional-ecological catastrophe" (FEC) in both groups of observations and coincide with the official dosimetric certification of these settlements (Fig. 5).

Observations in 1994-1996 in Bratslav, Hrynenko and Novoselivka revealed a gradual increase in the number of examined children in the area of parasympathetic activity, which may indicate a decrease in children's adaptive potential, depletion of adaptive reserves as well as deteriorating environmental living conditions of children.

Thus, in the female observation group, the number of children in the area of parasympathetic activity increased

by 22.8% in 1996 in comparison with 1994-1995. As for the male group it increased by 37.1% in 1995 and by 38% in 1996, compared with 1994. At the same time, there was a significant decrease in the examined children in the zone of vegetative-functional balance in 1996 to 38.9% in the female group and 32.4% in the male group, which is 70% much lower due to the norm developed by us.

The accumulation of radionuclides in the body of children leads to the changes in the endoecology of the child's body, violation of the neuro-humoral regulation of physiological functions and confirms the negative pressure of the radiation component on the functional health of children. Bioindication methods, which include FEE, can qualitatively and quantitatively assess the biological effects of environmental factors in ecosystems. The use of the human body as a test object, which guarantees greater information, is the advantage of using FEE. It makes it possible to carry out an integrated assessment of the effects of environmental factors and identify the rate of changes occurring in areas of compact living.

The main conclusions.

1. Functional and vegetative health of children is ecologically dependent and is a bioindicator as well as the basis of FEE regions of environmental control.

2. The indicators of functional and vegetative health of children are the most sensitive bioindicators of environmental pollution.

3. The results of FEE of the surveyed villages of Nemyriv district coincide with their official dosimetric certification.

4. The monitoring of vegetative health of children should become the basis of modern functional medical examination of the child population and complement the state dosimetric and thyroid dosimetric certification of residential environments.

References

1. Григорьев А.И., Григорьев К.И. Роль неблагоприятных факторов окружающей среды в формировании нарушений адаптации у детей и подростков. *Медицинская сестра*. 2018. № 7. С. 32-38. DOI: <https://doi.org/10.29296/25879979-2018-07-07>.
2. Єрмішев О., Петрук Р., Овчинникова Ю., Костюк В. Функціональне здоров'я дітей як екологічний біоіндикатор України (Вінницька, Львівська, Чернігівська області / за ред. професора В.Г. Макаца. Вінниця: «Наукова ініціатива», 2017. 226 с.
3. Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде / под ред. Е.А. Деревянко. М.: Экономика, 1990. 109 с.
4. Киричук А.А., Черных Н.А., Баева Ю.И. Активность, дисбаланс и адаптационные реакции функциональных систем организма иностранных студентов Российского университета дружбы народов в условиях мегаполиса. *Экология человека*. 2019. № 1. С. 20-25. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-1-20-25>.
5. Константинова Е.Д., Маслакова Т.А., Шалаумова Ю.В., Вараксин А.Н., Живодеров А.А. Радиоактивное загрязнение территории и адаптационная реакция организма человека. *Экология человека*. 2019. № 2. С. 4-11. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-2-4-11>.
6. Макац В., Нагайчук В., Макац Є., Єрмішев О. Невідома китайська голкотерапія (проблеми вегетативного патогенезу). Том IV. Вінниця, 2017. 286 с.
7. Макац В.Г., Курик М.В., Петрук В.Г., Нагайчук В.І., Єрмішев О.В. Основи функціонально-екологічної експертизи (невідома вегетологія). Том VI. Вінниця, 2018. 128 с.
8. Моніторинг екосистем: цілі та необхідність, роль індикації / В.М. Войціцький, С.В. Мідик, Т.В. Полтавченко, О.В. Березовський, О.Ю. Кеппл, А.О. Велинська. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11, № 3-4. С. 9-46. <https://doi.org/10.31548/bio2019.03.005>.
9. Радіологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення (у розрізі районів) / МНС України у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи / за загальною редакцією В.І. Холоші. Київ: ТОВ Інтелектуалі системи ГЕО, 2008. 49 с.
10. Jänig W. Integrative Action of the Autonomic Nervous System. *Neurobiology of Homeostasis*. Cambridge University Press; 2008: 636.
11. Parashar R., Amir M., Pakhare A., Rathi P. Age Related Changes in Autonomic Functions. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2016; 10 (3): 11-13. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/16889.7497>.

БІОЦЕНОТИЧНИЙ ВПЛИВ ВОЛЬЄРНОГО УТРИМАННЯ РАТИЧНИХ *ARTIODACTYLA* НА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ У БОРАХ І СУБОРАХ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО І ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ

Кратюк О.Л., Кравчук М.М., Довбиш Л.Л.

Житомирський національний агроекологічний університет
бульвар Старий, 7, 10008, м. Житомир
deneshi_ks@ukr.net

Досліджено зміни хімічних показників у ґрунтовому покриві чотирьох вольєрів різної тривалості експлуатації, користувачами яких є ТОВ МГ «Поліське-Сарни» (Західне Полісся), ДП «Баранівське ЛМГ», ТОВ «Артеміда ЛТД», ГО «ЖОМК «Касадор» (Центральне Полісся). Зразки ґрунту відбирали у борових і суборових умовах на території підгодівельних майданчиків (ділянках найінтенсивнішого впливу мисливської фауни на ґрунти).

Встановлено, що ґрунтовий покрив вольєрів, які закладені у борах і суборах, характеризується дуже низьким вмістом гідролізованого азоту (76,70±36,72 мг/кг ґрунту), середнім – рухомого фосфору (101,10±8,73 мг/кг ґрунту), підвищеним вмістом обмінного калію (146,25±53,83 мг/кг ґрунту) і дуже кислою реакцією ($pH_{KCl}=3,55\pm 0,62$).

Вміст гумусу у гумусовому горизонті становить 2,16±0,45%, проте його потужність у борах і суборах не перевищує 10-12 см. Встановлено позитивний біоценотичний вплив ратичних за напіввільного утримання на зміну вмісту гумусу за тривалої експлуатації вольєрів. Також зафіксовано збільшення вмісту біофільних елементів у вольєрах Українського і Іршанського лісництва порівняно з контрольними ділянками. У вольєрі Явненського лісництва зафіксовано незначне зниження вмісту гідролізованого азоту і рухомого калію відносно контролю, що не виходить за межі похибки дослідження.

Проведені дослідження можуть стати основою для подальшого вивчення впливу напіввільного утримання мисливських тварин на вміст гумусу та біофільних елементів у ґрунтах Західного і Центрального Полісся з обов'язковою диференціацією за типами лісорослинних умов. Це у найближчому майбутньому дозволить розробити на типологічній основі механізми збереження, охорони та відтворення лісових екосистем в умовах вольєрного утримання мисливських тварин. *Ключові слова:* вміст гумусу, гідролізований азот, рухомий фосфор, обмінний калій, тип лісорослинних умов, тип лісу, напіввільне утримання.

Biotsenotic influence of ungulates *Artiodactyla* captive maintenance on chemical soil properties in pine-forests and subors in the conditions of the Western and Central Polissya. Kratiuk O., Kravchuk M., Dovbysh L.

Changes of chemical indicators in soil covering of four open-air sanctuaries of different use duration which users are Poliske-Sarny HF LLC (Western Polissya), Baranivske HFC SOE, Artemida LTD LLC, ZHOMK “Kasador” NGO (Central Polissya) are investigated. Soil samples were selected in the pine-forest and subor conditions at the feeding territory (sites of intensive hunting fauna impact on soils).

It is established that soil covering of the open-air sanctuaries which are put in pine forests and subors is characterized by very low content of the hydrolyzed nitrogen (76.70±36.72 mg/kg), the average – mobile phosphorus (101.10±8.73 mg/kg), the increased content of an exchangeable potassium (146.25±53.83 mg/kg) and high acid reaction ($pH_{KCl}=3.55\pm 0.62$).

The humus content in humus horizon makes 2.16±0.45%, however its power in pine forests and subors does not exceed 10-12 cm. Positive biotsenotic influence of semi-free maintenance ungulates to the change of a humus content at long used open-air sanctuaries is established. Content of biophilic elements increase in open-air sanctuaries of Ukrainivske and Irshanske forestry in comparison to control areas is also established. In the open-air sanctuary of Yavnenske forestry insignificant decrease of the hydrolyzed nitrogen and mobile potassium content concerning control is noted, does not go beyond an investigation error.

The conducted researches can become a basis for further studying of semi-free maintenance hunting animals influence on the humus content and biophilic elements in soils of the Western and Central Polissya with obligatory differentiation on types of forest vegetation conditions. It will allow to develop mechanisms of preservation, protection and reproduction of forest ecosystems on typological basis in the conditions of sanctuary maintenance hunting animals in the near future. *Key words:* humus content, hydrolysable nitrogen, mobile phosphorus, mobile potassium, type of forest site conditions, forest type, semi-free maintenance.

Постановка проблеми. Ускладнення біогеоценотичних зв'язків між дикими тваринами, навколишнім середовищем і діяльністю людини демонструє тенденцію до стрімкого зростання. Ріст чисельності популяції ратичних, які безпосередньо беруть активну участь у процесах ґрунтоутворення [1-3], впливаючи на формування вмісту гумусу та біофільних елементів [4-6], призводить до надмірного впливу на екосистеми.

Особливо це відчувається в умовах напіввільного утримання мисливських тварин, коли про-

цеси життєдіяльності (живлення, переміщення) та обмеженість площі разом із високою щільністю популяції чинять значний тиск на поверхню ґрунту та стан лісової підстилки, стаючи потужним біогеоценотичним чинником у процесах ґрунтоутворення. Основними наслідками такого впливу є переуцільнення, забруднення біогенними елементами, зміна біологічної активності і екологічних функцій [7-9].

Актуальність досліджень. Вольєрне утримання мисливських тварин суттєво впливає на агроекологічний стан ґрунтів. Специфіка створення, розта-

шування та функціонування об'єктів напіввільного утримання мисливських тварин зумовлює труднощі у формуванні репрезентативної вибірки результатів аналізів ґрунтових зразків, які б охоплювали різні лісорослинні умови та всю палітру різних за площею, видовим і чисельним складом вольтерів. Все це ускладнює можливість прогнозування зміни запасів ґрунтових показників у вольтерах мисливських господарств. У зв'язку з цим необхідність оцінки запасів гумусу та біофільних елементів в умовах напіввільного утримання мисливських тварин є актуальним завданням.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тема дослідження відповідає основним напрямкам екологічної політики України у сфері гуманного ставлення до тварин. Особливо це стосується диких тварин, які перебувають у стані неволі або в напіввільних умовах (Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 30.09.2010 № 429 (зі змінами № 400 від 30.10.2017) «Порядок утримання та розведення диких тварин, які перебувають у стані неволі або в напіввільних умовах») [10].

Дослідження проводили на базі Житомирського національного агроекологічного університету в рамках науково-дослідної роботи кафедри експлуатації лісових ресурсів «Вплив напіввільного утримання мисливських тварин на лісові біогеоценози Західного і Центрального Полісся України» (державний реєстраційний номер: 0120U100809).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Об'єктами напіввільного утримання в Україні є кабан дикий (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758), козуля європейська (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758), олень благородний (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758), олень плямистий (*Cervus nippon* Temminck, 1838), лань (*Dama dama* Linnaeus, 1758), муфлон європейський (*Ovis ammon* Linnaeus, 1758), зубр (*Bison bonasus* Linnaeus, 1758) [11-13].

Ґрунтовий покрив борів і суборів Полісся характеризується критично низькими запасами гумусу і рухомих форм азоту у кореневмісному шарі, а також напруженими режимами по кальцію і фосфору насамперед через низький фоновий вміст і високу потребу у зазначених біофільних елементах [14]. За таких умов особливе значення у лісових ценозах належить саме підстилки, яка сприяє регулюванню ґрунтових режимів, виконує ґрунтозахисну роль, є основним джерелом надходження вуглецю, азоту і калію. В меншій мірі ці елементи надходять з атмосферними опадами [15, 16]. Фосфор здебільшого надходить до ґрунтової товщі з опадами і внаслідок біогенної акумуляції продуктів вивітрювання порід і мінералів [15].

Специфіка формування гумусного стану і поживного режиму ґрунтів у різних лісорослинних умовах Полісся України висвітлюється у роботах [17-19]. Проте у вольтерах висока щільність популяцій диких

тварин призводить до руйнування шару лісової підстилки, переущільнення поверхні ґрунту, забруднення біогенними елементами, зміни біологічної активності і порушення екологічних функцій [7]. Тому необхідність оцінки впливу напіввільного утримання ратичних на гумусний стан і вміст біофільних елементів є актуальним завданням.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Нині вольтери в Україні увійшли у практику ведення мисливського господарства як невід'ємний елемент господарювання. Ратичні в умовах вольтерного утримання є потужним чинником впливу на всі компоненти лісових біогеоценозів. За таких умов однією з найбільш вразливих ланок є ґрунти, які одними з перших реагують на мисливсько-господарський тиск. Проте у процесі моніторингу впливу напіввільного утримання мисливських тварин, окрім лісівничо-таксаційних показників лісостанів, не приділяється достатньої уваги вивченню стану ґрунтового покриву у розрізі типологічної структури лісових насаджень.

Для мінімізації впливу на ґрунти та унеможливлення їх деградації, зважаючи на важливе значення мисливських тварин у процесах ґрунтоутворення такі процеси потребують всебічного аналізу з обов'язковою диференціацією за типами лісорослинних умов.

Новизна. Вперше для вольтерів Західного і Центрального Полісся встановлено біоценотичну роль напіввільного утримання ратичних тварин у формуванні запасів гумусу та біофільних елементів у ґрунтах борів і суборів.

Метою роботи є аналіз закономірностей впливу напіввільного утримання мисливських тварин на запаси гумусу та біофільних елементів у ґрунтах борів і суборів на території вольтерів Західного і Центрального Полісся.

Методологічне або загальнонаукове значення. Використавши результати наших досліджень, можна розробити моделі невиснажливого функціонування лісових біогеоценозів в умовах інтенсивного ведення мисливського господарства, у тому числі і за умови напіввільного утримання ратичних тварин. Це посприяло б розробці дієвих механізмів підтримки, збереження, охорони та відтворення усіх компонентів лісових екосистем на різних стадіях мисливсько-господарської дигресії. Не виключене й застосування показників динаміки запасів гумусу та біофільних елементів для розробки нормативних документів стосовно відповідності площі вольтерів, видового і чисельного складу мисливських тварин у них і лісівничо-таксаційних показників лісових насаджень.

Виклад основного матеріалу. *Мета роботи* – встановити закономірності впливу напіввільного утримання мисливських тварин на запаси гумусу та біофільних елементів у ґрунтах борів і суборів на території вольтерів Західного і Центрального Полісся.

Завдання дослідження передбачало визначення реакції ґрунтового розчину, запасу гумусу, гідролізованого азоту, рухомого фосфору і обмінного калію у ґрунтах борів і суборів на території вольєрів різної тривалості експлуатації та вияв чинників впливу на досліджувані показники.

Об'єкт дослідження – процес зміни хімічних властивостей ґрунтів у борах і суборах на території вольєрів Західного і Центрального Полісся. Предмет дослідження – закономірності впливу напіввільного утримання мисливських тварин на запаси гумусу та біофільних елементів.

Територія Західного та Центрального Полісся згідно комплексного лісгосподарського районування відповідає Західно- і Центральнополіському округу лісгосподарської області Полісся [20]. Тут домінують субори (49% лісових земель), а частка борів становить 17% лісових земель [21]. Проте типологічна структура лісових насаджень у вольєрах суттєво відрізняється від загальної структури в межах регіону досліджень.

Так, частка суборів у вольєрах Центрального Полісся становить 29,8% (142,4 га), а площа борів – лише 0,2 га. В межах вольєрів боровий комплекс представлений лише свіжим сосновим бором (A_2-C). У суборових умовах серед чотирьох типів

лісу ($B_2-дС$, $B_3-дС$, $B_4-дС$, $B_5-дС$) домінує свіжий дубово-сосновий субір ($B_2-дС$) – 95,3 га [22]. Лише третину площі вольєрів Західного Полісся складають субори – 403,5 га (35,6%), а частка борів становить 9,8% (111,3 га) [23].

Лева частка цих площ належить двом об'єктам напіввільного утримання мисливських тварин, а саме шойно створеному на території Карасинського лісництва ДП «Маневицьке ЛГ» вольєру ТзОВ «Вулф-К» (перші 18 особин *Cervus nippon* було завезено наприкінці 2019 року, де 2,5 місяці вони знаходилися у карантині і лише в лютому 2020 року випущені у вольєр) та вольєру ТОВ МГ «Поліське-Сарни» на території Страшівського лісництва ДП «Сарненське ЛГ». Разом на ці вольєри припадає 108,1 га борових і 219,1 га суборових ділянок.

Користувачі мисливських угідь при проектуванні розташування вольєрів поряд з іншими, не менш важливими чинниками та з огляду на власні можливості намагаються зробити вибір на користь більш багатших з точки зору кормової бази типів лісу для якомога повнішого забезпечення потреб мисливських тварин, що є закономірним явищем.

Дослідження проводили на території чотирьох об'єктів напіввільного утримання мисливських тварин різної тривалості експлуатації, користува-

Таблиця 1

Характеристика вольєрів

Користувач	Вид тварин	Площа вольєра, га	Рік створення	Орієнтовна чисельність тварин, особин
ТОВ МГ «Поліське-Сарни»	<i>Dama dama</i>	175,4	2018	70
ДП «Баранівське ЛМГ»	<i>Cervus nippon</i>	56,2	1986	50
ТОВ «Артеміда ЛТД»	<i>Cervus nippon</i>	28,0	1980	15
ГО «ЖОМК «Касадор»	<i>Sus scrofa</i>	4,0	2012	20

Таблиця 2

Лісівничо-таксаційна характеристика насаджень у місці відбору проб ґрунту

Користувач	Лісництво, квартал (виділ)*	Склад деревостану**	Тип лісу	Вік, років	Відносна повнота	Клас бонітету
ТОВ МГ «Поліське-Сарни»	Страшівське, 42 (4)	10Сз+Бп	A_4-C	60	0,73	I ^a
Контроль	42 (4)	10Сз+Бп	A_4-C	60	0,73	I ^a
ДП «Баранівське ЛМГ»	Явненське, 26 (7)	9Сз1Бп+Влч	$B_2-дС$	43	0,85	I
Контроль	27 (14)	9Сз1Бп	$B_2-дС$	45	0,70	I
ТОВ «Артеміда ЛТД»	Іршанське, 115 (1)	10Сз	$B_2-дС$	90	0,60	I
Контроль	116 (18)	10Сз	$B_2-дС$	90	0,65	I
ГО «ЖОМК «Касадор»	Українківське, 62 (33)	7Бп1Сз2Влч+Дз	$B_2-дС$	21	0,65	I ^a
Контроль	62 (29)	8Бп2Сз+Дз	$B_2-дС$	15	0,65	I ^a

Примітка: * лісівничо-таксаційні показники деяких пробних площ є однаковими, оскільки таксаційні виділи були розділені під час будівництва вольєрів;

** Сз – сосна звичайна, Дз – дуб звичайний, Влч – вільха чорна, Бп – береза повисла.

чами яких є ТОВ МГ «Поліське-Сарни» (Західне Полісся), ДП «Баранівське ЛМГ», ТОВ «Артеміда ЛТД», ГО «ЖОМК «Касадор» (Центральне Полісся). Зразки ґрунту відбирали у борових і суборових умовах на території підгодівельних майданчиків (ділянках найінтенсивнішого впливу мисливської фауни на ґрунти). Чисельність і видовий склад тварин у вольєрах зазвичай змінюється як протягом періоду існування, так і протягом року. На момент відбору зразків у вольєрах утримували *Sus scrofa*, *Cervus nippon* і *Dama dama* (табл. 1).

Контрольні зразки ґрунту відбирали у насадженнях з аналогічними лісівничо-таксаційними показниками поза межами вольєрів. Характеристика місць відбору проб наведена у табл. 2.

Відбір зразків ґрунту проводили у 2019-2020 роках із шару 0-20 см за загальноприйнятими методиками [24]. Для визначення вмісту гумусу зразки відбирали з шару 0-10 см, оскільки потужність гумусового горизонту дерново-сильнопідзолистих ґрунтів у борових умовах не перевищує 10-12 см.

Визначення хімічних показників ґрунту у зразках виконували у вимірювальній лабораторії Навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Житомирського національного агроекологічного університету: гумус досліджували методом Тюрина, гідролізований азот – за методом Корнфілда, рухомі форми фосфору і калію – за Кірсановим, рН – потенціометрично, суму ввібраних основ та гідролітичну кислотність – за методом Каппена-Гільковиця [25]. Статистичну обробку результатів лабораторних досліджень виконували за Б.А. Доспеховим [26] із використанням програми Statistica 10.

Для оцінки екологічної ситуації, яка склалася у вольєрах 4 мисливських господарств Центрального та Західного Полісся, що функціонують у борових умовах, було проаналізовано основні хімічні показники (табл. 3). Встановлено, що вміст гумусу становив $2,16 \pm 0,45\%$ (коефіцієнт варіації $V=21,2\%$ при $n=4$). Також зафіксовано дуже низький вміст гідролізованого азоту ($76,70 \pm 36,72$ мг/кг ґрунту, $V=48,9\%$), середній – рухомого фосфору ($101,10 \pm 8,73$ мг/кг

ґрунту, $V=8,8\%$) і підвищений вміст обмінного калію ($146,25 \pm 53,83$ мг/кг ґрунту, $V=37,6\%$). Порівняння отриманих результатів вказує на низький рівень варіювання вмісту рухомого фосфору, середній – гумусу, значний – гідролізованого азоту і обмінного калію.

Така варіабельність зазначених показників у подібних за лісівничо-таксаційними характеристиками умовах потребувала відповідного обґрунтування. Як зазначає І.П. Бондар [17], дефіцит азоту і фосфору, що формується у борах і суборах в умовах Полісся України, зумовлений високою потребою в елементах на фоні низьких валових запасів у ґрунті. До об'єктивних чинників різних рівнів накопичення гідролізованого азоту і обмінного калію належать їх значна лабільність у ґрунтовій екосистемі, низька ємність ґрунтово-вбирного комплексу і легкий гранулометричний склад ґрунту.

Аналіз фізико-хімічних показників показав, що ґрунті відміни у обстежених об'єктах характеризуються дуже сильнокислою реакцією за виключенням Українківського лісництва, де зафіксована сильнокисла реакція. Загалом $pH_{\text{сол}}$ у вольєрах становить $3,55 \pm 0,62$, що на фоні високої гідролітичної кислотності ($5,43 \pm 2,98$ мг-екв./100 г ґрунту) і низького ступеня насичення основами ($40,71 \pm 11,86\%$) вказує на несприятливі фізико-хімічні характеристики на рівні критичних значень.

Неоднозначними є зміни показників порівняно з відповідними типовими ділянками за межами вольєрів (контроль). Так, у Страшівському лісництві ДП «Сарненське ЛГ» достовірної різниці по вмісту гумусу і основних елементів живлення під впливом напіввільного утримання *Dama dama* не зафіксовано, оскільки вольєр введено в експлуатацію у 2018 році. В той же час вольєри ТОВ «Артеміда ЛТД», ГО «ЖОМК «Касадор» і ДП «Баранівське ЛМГ» функціонують протягом 18-40 років, де зміни основних хімічних показників є більш суттєвими. Зокрема, вміст гумусу у зазначених вольєрах збільшився на 8,8-14,2% порівняно з контрольними ділянками. Так, у вольєрі Українківського лісництва різниця становила 0,16%, Явненського – 0,29%, а Іршанського – 0,31% (рис. 1).

Таблиця 3

Характеристика хімічних властивостей ґрунтів борів і суборів в умовах Західного і Центрального Полісся

Лісництво	Місце взяття проб	Гумус, %	pH	H_r	S	N	P_2O_5	K_2O
Страшівське л-во	Вольєр	1,60	3,02	3,18	2,0	88,2	95,0	126,0
	Контроль	1,63	3,43	3,19	2,4	91,0	96,0	132,1
Явненське л-во	Вольєр	2,57	3,6	4,98	6,4	124,4	92,5	134,0
	Контроль	2,28	4,8	4,03	6,6	137,2	81,1	147,0
Іршанське л-во	Вольєр	2,50	3,16	9,84	3,6	42,0	105,4	225,6
	Контроль	2,19	2,92	10,3	3,0	25,2	72,7	124,8
Українківське л-во	Вольєр	1,98	4,42	3,71	2,6	52,2	111,5	99,4
	Контроль	1,82	3,96	5,85	2,6	42,0	95,2	76,1

Обмеженість об'єктів для спостережень не дозволяє провести ґрунтовний статистичний аналіз, оскільки закладання вольєрів у борових умовах на Поліссі не є доцільним через відсутність відповідної кормової бази для ратичних. Тому наявні результати агрохімічних спостережень за 4 вольєрами, де підгодівельні майданчики функціонують у свіжому суборі (B_2) та сирому борі (A_4) на території мисливських господарств Західного і Центрального Полісся, вказують лише на позитивну тенденційну залежність між тривалістю їх експлуатації і вмістом гумусу в шарі 0-10 см (рис. 2).

Насамперед це пов'язано з різною тривалістю надходження гною від диких тварин, особливо біля підгодівельних майданчиків. Невисокі прирости запасів гумусу зумовлені особливостями трансформації органічної частини за домінування грибної мікрофлори в умовах кислотного гідролізу речовин, а також легким гранулометричним складом ґрунту.

Отримана лінійна залежність між вмістом гумусу і тривалістю експлуатації вольєру хоча й має високі коефіцієнти кореляції ($r=0,978$) і детермінації ($R^2=0,956$), проте є умовною через обмеженість вибірки і об'єктивну складність підбору контроль-

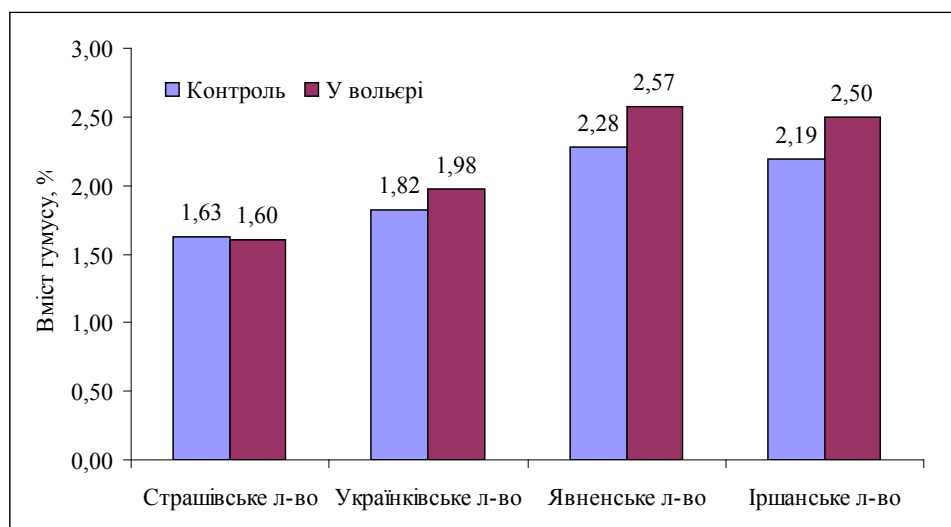


Рис. 1. Вміст загального гумусу у ґрунтах борів на території вольєрів Західного і Центрального Полісся, %

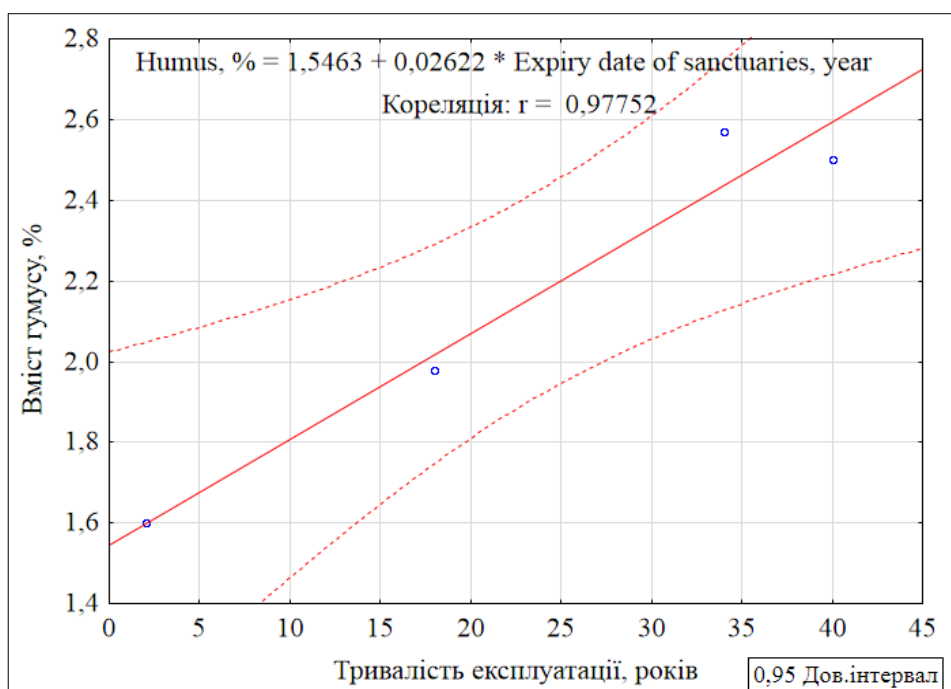


Рис. 2. Лінійна залежність вмісту гумусу в ґрунтах борів і суборів на території вольєрів від тривалості їх експлуатації

них зразків ґрунту, які повинні відбиратися у схожих умовах за лісівничо-таксаційними та іншими характеристиками. У наших попередніх дослідженнях, які виконані у вологих сугрудах на території мисливських господарств Західного і Центрального Полісся, було сформовано більшу вибірку (8 вольєрів), що дозволило довести суттєвий вплив тривалості експлуатації вольєрів на вміст гумусу на рівні чіткої лінійної залежності [19, 27].

Неоднозначними є зміни біофільних елементів ґрунту у вольєрах різних лісництв порівняно з контрольними ділянками. Так, у вольєрі на території Страшівського лісництва достовірної різниці по гідролізованому азоту, рухомих формах фосфору і калію з контрольними зразками не зафіксовано через відносно малий термін експлуатації вольєра (2 роки). Вміст гідролізованого азоту у зразках ґрунту, які відбирали у вольєрі Українківського лісництва, зріс на 10,2 мг-екв./кг або 24,3%, Іршанського – на 16,8 мг-екв./кг або 66,7%, а у вольєрі Явненського лісництва зафіксовано тенденційне зниження показника на 12,8 мг-екв./кг або 9,3% відносно контрольних ділянок.

Вміст рухомого фосфору за тривалої експлуатації вольєрів збільшився на 11,4-32,7 мг-екв./кг або 14,1-45,0%. Вміст обмінного калію у вольєрі Українківського лісництва підвищився на 23,3 мг-екв./кг або 30,6%, Іршанського – на 100,8 мг-екв./кг або 80,8%, у Явненського зафіксовано незначне зменшення на 12,8 мг-екв./кг або 9,3% порівняно з контрольними ділянками. Варто підкреслити, що вміст гідролізованого азоту і рухомого калію на контролі і у вольєрі Явненського лісництва відповідає одній категорії забезпеченості і не виходить за межі похибки досліді.

Напіввільне утримання тварин у вольєрах мисливських господарств вплинуло і на фізико-хімічні показники. Так, поблизу підгодівельних майданчиків у Явненському лісництві зафіксовано суттєве підкислення ґрунту – гідролітична кислотність зросла на 0,95 мг-екв./100 г ґрунту або 23,6% і за рівнем $pH_{\text{сол}}$ реакція ґрунту стала дуже сильнокислою.

У вольєрі Українківського лісництва ситуація покращилася – гідролітична кислотність знизилася на 2,14 мг-екв./100 г ґрунту або 36,6%. За період експлуатації Іршанського лісництва достовірної зміни кислотності ґрунту не зафіксовано, але спостерігалося збільшення суми обмінних основ і відповідне підвищення ступеня насичення ґрунту основами. На відсутність чіткої закономірності у змінах вмісту рухомих форм фосфору у різних лісорослинних умовах під впливом ріючої діяльності кабана дикого вказують і інші дослідники [28].

Тенденція до збільшення вмісту біофільних елементів за тривалої експлуатації вольєрів у мислив-

ських господарствах, на нашу думку, пов'язана як із прямою дією екскрементів диких тварин, особливо біля підгодівельних майданчиків, так і опосередкованою. Найважливішу роль при цьому відіграють активні форми гумусових речовин і детрит. Саме за рахунок органічної речовини забезпечується надходження вільної енергії, що компенсує ентропію за біологічних і хімічних процесів. Внаслідок цього у фосфатній і калійній системах гумусового горизонту лісових ґрунтів завдяки високим і постійно поновлюваним запасам вільної енергії зростає частка рухомих форм елементів живлення за рахунок валових запасів. Такі системи можуть тривалий час перебувати в енергетично нерівноважному стані, що частково пояснює різні рівні доступних форм елементів живлення у різні періоди існування лісових насаджень, особливо у низькобуферних системах, до яких належать ґрунти борів і суборів [17].

Головні висновки. Ґрунти на території 4 вольєрів мисливських господарств Західного і Центрального Полісся, які закладені у борах і субборах, характеризуються дуже низьким вмістом гідролізованого азоту ($76,70 \pm 36,72$ мг/кг ґрунту), середнім – рухомого фосфору ($101,10 \pm 8,73$ мг/кг ґрунту) і підвищеним вмістом обмінного калію ($146,25 \pm 53,83$ мг/кг ґрунту). Загалом $pH_{\text{сол}}$ у вольєрах становить $3,55 \pm 0,62$, що на фоні високої гідролітичної кислотності ($5,43 \pm 2,98$ мг-екв./100 г ґрунту) і низького ступеня насичення основами ($40,71 \pm 11,86\%$) вказує на несприятливі фізико-хімічні властивості ґрунтових відмін.

Вміст гумусу у гумусовому горизонті становить $2,16 \pm 0,45\%$, проте його потужність у борах і субборах не перевищує 10-12 см. Встановлено позитивний біоценотичний вплив ратичних за напіввільного утримання на зміну вмісту гумусу за тривалої експлуатації вольєрів. Також зафіксовано збільшення вмісту біофільних елементів у вольєрах Українківського і Іршанського лісництва порівняно з контрольними ділянками. У вольєрі Явненського лісництва зафіксовано незначне зниження вмісту гідролізованого азоту і рухомого калію відносно контролю, що не виходить за межі похибки досліді.

Перспективи використання результатів дослідження. Проведені дослідження можуть стати основою для подальшого вивчення впливу напіввільного утримання мисливських тварин на вміст гумусу та біофільних елементів у ґрунтах Західного і Центрального Полісся з обов'язковою диференціацією за типами лісорослинних умов. Це у найближчому майбутньому дозволить розробити на типологічній основі механізми збереження, охорони та відтворення лісових екосистем в умовах вольєрного утримання мисливських тварин.

Література

1. Булахов В.Л., Пахомов А.С., Пилипко Е.Н. Влияние роющей деятельности кабана (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) на компоненты различных биогенотозов. *Известия Иркутского государственного университета*. Серия: Биология. Экология. 2015. Т. 13. С. 16–26.
2. Пахомов А.Е. Биогенотическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины. Книга 1. Механический тип воздействия. Днепропетровск, 1998. 232 с.
3. Пахомов А.Е. Биогенотическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины. Книга 2. Трофический тип воздействия. Биотехнологический процесс становления экологической устойчивости эдафотопы. Днепропетровск, 1998. 216 с.
4. Domnich A. Zoogenic influence on the amount of soil nitrogen in Azov-Syvash national nature park. *Вісник Львівського університету*. Серія: Біологічна. 2014, вип. 67. С. 108–117.
5. Домніч А.В., В'язовська А.Г. Зміна показників ґрунту під впливом високої щільності копитних у районі північного узбережжя Азовського моря. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Серія: Біологія. 2013, вип. 35. С. 113–122.
6. Пилипко Е.Н. Влияние роющей деятельности кабана *Sus scrofa* (L.) на физико-химические параметры почвы ельника кисличного. *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. 2014, № 8. Т. 1. С. 34–39.
7. Жадобин А.В., Казеев К.Ш., Лесина А.Л., Александров А.А., Казеев Д.К., Колесников С.И. Оценка экологического состояния почв Ростовского зоопарка. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. 2019. № 1. С. 131–141.
8. Казеев К.Ш., Жадобин А.В., Лесина А.Л., Александров А.А., Бакаева Ю.С., Кравцова Н.Е., Колесников С.И. Экологическое состояние почв вольеров с животными и птицами Ростовского зоопарка. *АгроЭкоИнфо*. 2018, № 3. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st_358.doc (дата звернення: 20.04.2020).
9. Юркова Н.Е., Юрков А.М., Смагин А.В. Оценка функционального состояния почв Московского зоопарка по микробиологическим показателям. *Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение*. 2008. № 3. С. 39–44. Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-funktionalnogo-sostoyaniya-pochv-moskovskogo-zooparka-pomikrobiologicheskim-pokazatelyam> (дата звернення: 20.04.2020).
10. Порядок утримання та розведення диких тварин, які перебувають у стані неволі або в напіввільних умовах : наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 30.09.2010 № 429 (зі змінами № 400 від 30.10.2017) / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1384-10#Text>.
11. Свтушевський М.Н. Мисливські тварини України на волі та в вольєрах : монографія. Черкаси : Вертикаль, 2012. 376 с.
12. Камінецький В.К., Бабіч О.Г., Смаголь В.М. Екологічні та господарські аспекти напіввільного розведення диких копитних (на прикладі спеціалізованих підприємств Державного управління справами Президента України) : монографія. Миронівка : ЗАТ «Миронівська друкарня», 2011. 154 с.
13. Смаголь В.Н., Гавриш Г.Г. Зубр, *Bison bonasus* (Mammalia Artiodactyla), в Україні: динамика численности, распространение, стаии и лимитирующие факторы : монографія. Киев : Велес, 2013. 128 с.
14. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М. : ГЕОС, 2015. 233 с.
15. Карпечко Ю.В., Лозовик П.А., Федорец Н.Г. Баланс химических элементов в сосняке и ельнике карелии. *Лесоведение*, 2018. № 2. С. 107–118.
16. Мамай А.В., Федорец Н.Г., Степанов А.Л. Процессы азотфиксации и денитрификации в подзолистых почвах хвойных и мелколиственных лесов среднетаежной подзоны Карелии. *Лесоведение*, 2013. № 1. С. 66–74.
17. Бондар І.П. Кількісні та якісні показники опаду в різних типах умов місцезростання лісостанів Київського Полісся та їх вплив на ґрунт. *Науковий вісник національного аграрного університету*. 2000, № 27. С. 94–103.
18. Іванюк Т.М. Фізико-хімічні параметри ґрунтів свіжих сугрудів Полісся України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013, т. 23, № 4. С. 40–44.
19. Кратюк О.Л., Кравчук М.М., Довбиш Л.Л. Вміст гумусу у ґрунтах вологих сугрудів на території вольєрів Західного і Центрального Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019, т. 29, № 9. С. 27–31.
20. Генсірук С.А. Ліси України : монографія. Львів : Українські технології, 2002. 496 с.
21. Савушик М.П., Попков М.Ю. Типологічна структура лісів Українського Полісся. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2008, вип. 113. С. 31–37.
22. Кратюк О.Л. Лісівничо-таксаційна характеристика насаджень у вольєрах Центрального Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019, т. 29, № 3. С. 36–38.
23. Кратюк О.Л. Лісівничо-таксаційна характеристика насаджень у вольєрах Західного Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019, т. 29, № 6. С. 45–48.
24. ДСТУ ISO 10381-2:2004. *Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб*. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 56 с.
25. ДСТУ 4405:2005. *Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ПА*. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 17 с.
26. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
27. Кратюк О.Л., Кравчук М.М., Довбиш Л.Л. Вміст гідролізованого азоту у ґрунтах вологих сугрудів в умовах вольєрного утримання мисливських тварин на території Західного і Центрального Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 103–110.
28. Бондаренко В.Д., Білий В.В., Ходзінський В.П. Зміна фізико-хімічних властивостей ґрунту під впливом риночної діяльності свині дикої. *Проблеми Західного Полісся. Науковий вісник Надслучанського інституту*, 2007, № 1. С. 117–121.

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБЛЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЕКТІВ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ЩОДО СТВОРЕННЯ ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ СМУГ

Люльчик В.О., Русіна Н.Г., Кийко Н.М., Кушнірук О.М., Рудько О.М.

Рівненський коледж

Національного університету біоресурсів і природокористування України

вул. Коперника, 44, 33001, м. Рівне

midaff80@ukr.net, RusinaN@i.ua, kyikonelya@gmail.com,

o.m.kushniruk@gmail.com, o.rudko@ukr.net

Запропоновано науково-методичні підходи до розроблення робочих проектів землеустрою щодо створення полезахисних лісових смуг. Проаналізовано сучасний стан полезахисного лісорозведення та визначено шляхи підвищення агролісомеліоративної ефективності захисних лісових насаджень.

Встановлено, що агролісомеліоративні насадження послаблюють силу вітрів і покращують мікроклімат полів, сприяють снігозатриманню і перешкоджають здуванню снігу у гідрографічну мережу, затримують і регулюють стік талих і зливових вод, поліпшують гідрологічний режим території і підвищують вологість полів, захищають ґрунти від ерозійних процесів.

Розроблено структуру і зміст таких проектів. Методика розділення такого проекту полягає в проведенні підготовчих робіт, основних проектних рішень, технологія створення захисних лісових насаджень у розрізі схем зміщення порід, виготовлення робочих креслень, розрахунку кошторисів, виготовленні креслень по перенесенню робочого проекту в природу, здійснення авторського нагляду за реалізацією заходів згідно з робочим проектом. Визначено структуру робочих проектів землеустрою: техніко-економічні показники, пояснювальну записку, додатки, розрахунки кошторисної вартості щодо впровадження запроєктованих заходів з охорони земель, графічні матеріали.

Запропоновано основні проектні рішення: розміщення захисних насаджень; конструкція захисних насаджень, асортимент порід, складання схем змішування; технологія створення захисних лісових насаджень у розрізі схем зміщення порід; потреба у посадковому матеріалі та джерелах його отримання; економічна ефективність лісосмуг; заходи щодо підвищення біологічної стійкості й меліоративної ролі захисних лісових насаджень; технології господарювання в захисних лісових насадженнях. *Ключові слова:* робочий проект землеустрою, агролісомеліорація, агроландшафт, полезахисні лісосмуги, проектування лісосмуг, принципи створення лісосмуг.

Scientific and methodological approaches to the development of land management working projects connected with the creation field protective forest strips. Liulchyk V., Rusina N., Kyiko N., Kushniruk O., Rudko O.

Scientific and methodological approaches to the development of working land management projects for the creation of protective forest strips are proposed. The current state of protective afforestation (forest-growing) is analyzed and ways to increase agroforestry efficiency of protective forest stands are determined.

It has been established that agroforestry plantations weaken the force of winds and improve the microclimate of fields, contribute to snow retention and prevent snow blowing into the hydrographic network delay and regulate the flow of melt and downpour storm water, improve the hydrological regime of the territory and increase the humidity of the fields, protect the soil from erosion processes. The structure and content of such projects have been developed.

The method of dividing such a project consists in carrying out preparatory work, basic design decisions, technology for creating protective forest plantations stands in the context of rock displacement schemes, production of working drawings, calculation of estimates, production of drawings for transferring the working project to the natural reality, implementation of author's supervision over the implementation of measures according to the working project. The structure of working land management projects is determined: technical and economic indicators, explanatory note, appendices, calculations of the estimated cost for the implementation of planned measures for land protection, graphic materials.

The main design solutions are proposed: placement of protective plantation; design of protective plantings, tree species range, drawing up mixing schemes; technology for creating protective forest plantations in the context of rock displacement schemes; the need for planting material and sources of its production; economic efficiency of forest belts; measures to improve the biological stability and reclamation role of protective forest plantations; management technologies in protective forest plantations. *Key words:* working project of land management, agroforestry, agrolandscape, field protective forest belts, design of field protective forest belts, principles of creation the forest belts.

Постановка проблеми. За останнє століття загальносвітові показники підвищення температури становлять 0,74°C, що призвело до посух, скорочення морозного періоду, збільшення кількості та інтенсивності літніх високих температур, зростання частоти виявів екстремальних кліматичних явищ [1]. Наукові

дослідження свідчать, що зростання середньорічної температури повітря на 1°C може призвести до переміщення на північ широтних меж кліматичних зон у межах України на 160 км [2; 3]. Статистичні дані за 2018 рік підтвердили тенденцію прискорення розвитку глобального потепління.

Наслідком змін клімату в Україні є зростання частки опадів зливого характеру, що підвищує ризики вияву водної ерозії на тлі прогнозованого зростання посівних площ просапних культур (кукурудза, соняшник, соя). Посилення вітрового режиму підвищує ризики дефляції ґрунтів. За прогностичними моделями пилові бурі можуть поширитися не лише в південно-східних регіонах, а й у Лісостепу та Поліссі, що було зафіксовано у 2020 році в Київській та Рівненській областях [1; 3]. Зміни клімату, підвищення температури, посилення вітрового режиму спричиняють дефіцит вологи та непродуктивного випаровування вологи. Саме створення системи полезахисних насаджень вважається одним із ефективних напрямів у комплексі заходів з адаптації землеробства до змін клімату.

Актуальність дослідження. Ліси, будучи частиною природної сфери територіальних екосистем, виконують низку найважливіших, унікальних еколого-економічних і соціальних функцій. Вони впливають на водообмін і стан водних екосистем, запобігають водній і вітровій ерозії ґрунтів, перешкоджають утворенню ярів і зсувів, закріплюють піщані арени і регулюють рівень ґрунтових вод, зберігають ландшафти, виконують поліфункціональну роль у поліпшенні довкілля, сприяють отриманню гарантованих врожаїв сільськогосподарської продукції, підвищенню родючості ґрунтів [4].

Згідно чинного законодавства України до категорії захисних лісів належать лісові ділянки, які виконують функцію захисту навколишнього природного середовища та інженерних об'єктів від негативного впливу природних та антропогенних факторів [5]: лісові насадження лінійного типу – полезахисні лісові смуги, державні захисні лісові смуги, лісові смуги уздовж забудованих територій населених пунктів.

До 2019 року земельні ділянки під полезахисними лісовими смугами мали законодавчу невизначеність механізму управління землями, фактично не мали реального власника (землекористувача), внаслідок чого лісові смуги масово вирубувалися, що сприяло поширенню ерозії ґрунтів і несприятливому впливу на стан довкілля. Проте Законом України від 10.07.2018 року № 2498-VIII «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вирішення питання колективної власності на землю, удосконалення правил землекористування у масивах земель сільськогосподарського призначення, запобігання рейдерству та стимулювання зрошення в Україні» (далі – Закон № 2498), який набрав чинності з 01.01.2019, встановлено низку нових принципових положень, які спрямовані на врегулювання суспільних відносин у сфері використання та охорони полезахисних лісових смуг і земельних ділянок під ними.

Кабінетом Міністрів України затверджено «Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення», які визначають основні

вимоги щодо утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення, проведення комплексу заходів з метою забезпечення виконання функцій з агролісотехнічної меліорації [6].

Вирощування захисних лісових смуг на межах полів входить до системи захисного лісорозведення, що складає основу агролісотеліорації. Враховуючи той факт, що нині відбувається глобальне потепління клімату, агролісотеліоратори розглядають можливість зменшення негативного впливу парникового ефекту та суховіїв шляхом лісорозведення.

Зазначимо, що створення 174 тис. га полезахисних лісових смуг було передбачено Загальнодержавною програмою формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки та Державною цільовою програмою «Ліси України» на 2010-2015 роки. В реальності площа ПЗЛС не тільки не збільшується, а фактично майже щорічно зменшується, що викликає занепокоєння фахівців. За останні 10 років створено таку кількість ПЗЛС, як всього за один рік у 1980-ті роки. Таке катастрофічне зменшення посадки безпосередньо впливає на кількість ПЗЛС, які передані в експлуатацію. Їх чисельність зменшилася на 90% порівняно з 1990 роком [7]. Для вирішення проблеми створення, реконструкції та утримання полезахисних лісових смуг проведено дослідження науково-методичних підходів до розроблення робочих проектів землеустрою щодо створення полезахисних лісових смуг та їх змісту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченню проблем захисного лісорозведення свого часу суттєву увагу приділили науковці В. Бодров, Г. Висоцький, П. Герасименко, С. Дударець, В. Коптевий, Д. Лавриненко, Ф. Левон, Г. Лобченко, В. Наконечний, О. Пилипенко, І. Сазонов, В. Свириденко, В. Юхновський та багато інших.

Варто згадати наукові доробки В. Лукіша. Науковець вказував на проблеми функціонування полезахисних насаджень в Україні в умовах глобального потепління (незавершеність програм створення системи лісосмуг, неповна визначеність їхнього юридичного статусу, посилення незаконних втручань, втрата структури та стійкості) та обґрунтував шляхи їх збереження та відтворення: запровадження еколого-економічних і правових механізмів мотивування власників і користувачів земель до збереження, відтворення й створення закінченої системи полезахисних лісонасаджень [3].

У своєму дослідженні «Еколого-економічні засади раціонального використання та охорони земель під полезахисними лісовими насадженнями» І. Опенько і Т. Євсюков підкреслюють еколого-економічну роль ПЛН в агроландшафтах, яка полягає в тому, що [3, с. 28–29]: 1) займаючи незначну площу у структурі агроландшафту, є потужним і довготривалим, екологічно безпечним засобом біологічної меліорації ґрунтів; 2) підвищують вологість ґрунту, яка

впливає на збільшення вилугування шкідливих солей, і супроводжується збільшенням вмісту гумусу, поживних мінеральних речовин, поліпшенням структури та властивостей ґрунту; 3) захищають ґрунти від ерозії (вітрової, водної), затримуючи при цьому продукти дефляції, зберігають і підвищують його родючість; 4) вплив на властивості ґрунту залежить від меліоративної ефективності насаджень; 5) підвищують урожайність сільськогосподарських культур у середньому на 15-20%, враховуючи їхню конструкцію і природно-кліматичні умови території.

Ю. Чоловський розглядає агролісомеліоративні заходи як складник раціонального землекористування, підкреслюючи, що створення систем агролісомеліоративних насаджень на науково-обґрунтованих засадах забезпечить істотне підвищення урожайності сільськогосподарських культур, зменшення інтенсивності розвитку ерозійних процесів ґрунту, відновлення та стабілізацію стану навколишнього природного середовища [9]. Проте внаслідок неконтрольованих рубок, недостатнього догляду, лісових пожеж і хвороб істотно змінилася структура та природний склад лісосмуг, що призвело до негативних екологічних змін у лісових екосистемах [10].

Нормативно-правовою базою, що регулює створення захисних лісових насаджень лінійного типу (до яких належать ПЗЛС) та проведення лісовпорядних робіт у них є Концепція розвитку агролісомеліорації в Україні. Реалізація Концепції передбачена протягом 2014-2025 років. На її виконання затверджено План заходів, який передбачає сім пунктів. Реконструкція, відновлення та створення полезахисних лісових насаджень повинна виконуватися згідно науково-обґрунтованих рекомендацій, робочих проектів із розрахунком економічної ефективності ПЗЛС [7].

За даними Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького натеper в Україні на полях сільськогосподарських підприємств є близько 1,2 млн га захисних насаджень різного цільового призначення, зокрема 440 тис. га полезахисних лісових смуг. Проте їх не досить для забезпечення стабільних і високих врожаїв сільськогосподарських культур.

Наявні агролісомеліоративні насадження захищають лише 40% ріллі та потребують термінових заходів для покращення їхніх лісомеліоративних властивостей. Для захисту іншої частини ріллі потрібне додаткове створення полезахисних лісових смуг. Їхню кількість доцільно збільшити вдвічі-втричі (близько 800 тис. га) залежно від конкретних регіональних умов. Значна частина рекомендацій, нормативних матеріалів, наукових розробок зі створення агролісомеліоративних насаджень залишені поза увагою та не впроваджуються у виробництво [9].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на кількісне зростання досліджень, присвячених проблемі стану та функціону-

вання захисних лісонасаджень в умовах переходу до сталого розвитку, в Україні на рівні системи досі не розглядалися науково-методичні підходи створення, відновлення, реконструкції та їх утримання [5; 6].

Знаковою подією для аграрної країни із понад 70% сільськогосподарських земель у структурі земельного фонду є прийняття «Правил утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення», адже більшість лісових смуг сягають віку 55-60 років. За цей час у них сформувалася особлива екосистема.

Як продуценти, лісові смуги стали першою ланкою різноманітних складних трофічних ланцюгів, осередком для збереження біорізноманіття, а тому можуть виконувати роль екологічних коридорів, сполучаючи фрагментовані ділянки лісових насаджень, об'єктів природно-заповідного фонду, тобто бути частиною екомережі. У працях сучасних вчених йдеться і про лісовий біогеоценоз як ознаку стійкого саморегульованого насадження, тому смуга може забезпечувати комплекс і економічних, і екологічних, і соціальних потреб суспільства [11]. Таким чином, вивчення науково-методичних підходів щодо створення, відновлення, реконструкції та їх утримання зумовлюють актуальність, своєчасність і нагальність наукового пошуку з безпосереднім урахуванням їх вирубки, спалювання тощо.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Запропоновано науково-методичні підходи до створення, відновлення, реконструкції та утримання лісосмуг, які можуть використовуватися для розроблення робочих проектів і реалізації цілей сталого розвитку, враховуючи зміни до земельного законодавства, які відбулися у 2019-2020 роках.

Новизна. Висвітлено науково-методичні підходи до розроблення робочих проектів землеустрою щодо створення, реконструкції та утримання лісосмуг відповідно до змін земельного законодавства України.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для досягнення поставленої мети необхідно було проаналізувати основні законодавчі акти, рекомендації щодо створення, відновлення, реконструкції та утримання полезахисних лісових смуг, еколого-економічні засади раціонального використання та охорони земель під полезахисними лісовими насадженнями з урахуванням положень сталого розвитку.

Виклад основного матеріалу. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) (англ. FAO – Food and Agriculture Organization) протягом останнього десятиліття щорічно на нашій планеті внаслідок нецільового використання знищується близько 13 млн га лісів. Зважаючи на те, що лісові насадження відіграють важливу роль у формуванні екологічної мережі (коридорів) розселення багатьох видів тварин і рослин, захисті навколишнього природного середовища.

Надмірне використання лісових ресурсів призводить до зміни клімату, зменшення видового складу флори та фауни (біорізноманіття), зниження продуктивності земель, порушення балансу CO₂ [8].

Саме тому останніми роками зростає увага до утримання та збереження полезахисних лісових смуг. Прикладом цього слугують Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення, які були затверджені постановою КМУ від 22 липня 2020 року № 650. Правила є обов'язковими для виконання усіма власниками, орендарями та користувачами земельних ділянок, на яких розташовано полезахисні лісові смуги. Правила надають характеристику полезахисних лісових смуг за видами, конструкцією, віковими періодами насаджень.

Значним доробком документу є шкала лісівничо-меліоративної оцінки, яка, на відміну від першоджерела, втратила показники продуктивності насаджень, їх повноти, а у рекомендованих заходах – поняття «ремонт» лісової смуги. Особливу увагу приділено умовам проведення різних видів рубок, захисту насаджень від шкідників і хвороб, висвітленню заборони проведення певних видів діяльності [11].

Створення (відновлення) полезахисних лісових смуг здійснюється шляхом садіння сіянців, саджанців або висівання насіння деревних порід і чагарників, а також природного поновлення на місці загиблих насаджень після їх вирубування. При цьому застосовують способи і схеми змішування, які відповідають місцевим ґрунтово-кліматичним та іншим умовам. Нові полезахисні лісові смуги створюються з метою завершення системи захисних лісових насаджень певних територій відповідно до Правил відтворення лісів, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 1 березня 2007 року № 303 [11]. Постійними лісокористувачами і власниками лісів складається проект створення лісових культур [13].

Робочі проекти із землеустрою щодо створення захисних лісових насаджень розробляються в одну стадію – етап робочого проекту. Методика розділення такого проекту полягає у проведенні підготовчих робіт (у тому числі підготовки технічного завдання й технічних умов), основних проектних рішень, технології створення захисних лісових насаджень в розрізі схем зміщення порід, виготовленні робочих креслень, розрахунку кошторисів, виготовленні креслень по перенесенню робочого проекту в натуру (на місцевість), здійсненні авторського нагляду за реалізацією заходів згідно з робочим проектом.

Розробка проектів створення захисних лісових насаджень здійснюється на основі діючих екологічних, санітарно-гігієнічних, лісогосподарських та інших нормативів і стандартів з урахуванням регіональних природних умов і місця розташування земельної ділянки. Розроблення зазначених робочих проектів землеустрою слід виконувати у дві стадії. Перша

стадія – проведення ґрунтового обстеження земельної ділянки, на якій має проектуватися лісосмуга. Друга стадія – проектування або стадія безпосереднього розроблення робочого проекту землеустрою.

Відповідно до ст. 54 Закону України «Про землеустрій» ми визначили структуру робочих проектів землеустрою, яка включає техніко-економічні показники, пояснювальну записку, додатки, розрахунки кошторисної вартості щодо впровадження запроєктованих заходів з охорони земель, графічні матеріали [9]. Замовник складає завдання на проектування, де в стислій формі визначає основні вимоги, які вирішуються при розробленні робочого проекту землеустрою. На основі цього складаються техніко-економічні показники робочого проекту землеустрою.

Пояснювальна записка. Вступ включає нормативні та технічні документи, які використані при складанні проекту. Розділ «Обґрунтування і умови проектування» складається з двох підрозділів. У підрозділі «Обґрунтування необхідності лісової меліорації агроландшафтів» наголошується на необхідності проведення лісомеліоративних робіт на певному об'єкті проектування.

У підрозділі «Природні та агрокліматичні умови території дослідження і ґрунтовий покрив земельної ділянки» зазначається місце розташування об'єкта, природно-кліматична зона та аридність: середньомісячні і річні температури повітря, суми опадів, відносна вологість повітря, швидкість вітру і його повторюваність по румбах, наявність та інтенсивність небезпечних ерозійних процесів. Крім того, зазначаються показники крутості схилів земельної ділянки, перепади висот, наявність улоговин. За даними досліджень складають картограму агрови-робничих груп ґрунтів і крутості схилів, завдяки яким окреслюють місце знаходження проектних захисних лісових насаджень.

Розділ «Основні проектні рішення» є одним із найголовніших у робочому проекті, де визначаються основні проектні рішення: розміщення захисних насаджень; конструкція захисних насаджень, асортимент порід, складання схем змішування; технологія створення захисних лісових насаджень у розрізі схем зміщення порід; потреба у посадковому матеріалі та джерелах його отримання; економічна ефективність лісосмуг; заходи щодо підвищення біологічної стійкості й меліоративної ролі захисних лісових насаджень (рубка); технології господарювання в захисних лісових насадженнях. Дослідженнями були встановлені вимоги до вибору видів і конструкцій захисних лісових насаджень (табл. 1).

Створення лісосмуг повинно здійснюватися на зонально-типологічній основі. Склад і розміщення деревних і чагарникових порід визначають за біологічною стійкістю лісонасаджень та їх ефективністю. Утримання полезахисних лісових смуг передбачає проведення таких заходів: відновлення й доповнення; рубки догляду; санітарні рубки; реконструктивні

Види і конструкції захисних лісових насаджень

Вид	Призначення	Наскрізний просвіт по поздовжньому профілю, %	Назва конструкції	Коефіцієнт меліоративного впливу К
Полезахисна лісосмуга (вітроломна)	Регулює вітрові потоки	Менше 15	Щільна	15-20
		15-45	Ажурна	25-35
		60-70	Продувна	20-25
Полезахисна (стокорегулююча)	Регулює поверхневий потік води на полі	15-45	Ажурна	25-30
		Менше 15	Водозатримна (щільна)	15-20
		Менше 15	Водонаправляюча (щільна)	15-20
Прияружна	Попереджує ріст яру	Менше 15	Щільна	10
Прибалкова	Охорона балок і меліорація прилеглих агроценозів	Менше 15	Щільна	15
Прируслова	Охорона річок	Менше 15	Щільна	Не визначено

рубки; догляд за стовбуром (підняття крони); догляд за підліском і підростом; догляд за ґрунтом (механізований, немеханізований, хімічний); охорона та захист від пожеж, хвороб і шкідників.

Розділ «Перенесення проекту в природу» повинен відповідати Методичним рекомендаціям щодо розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь. Перенесення робочого проекту землеустрою в природу відбувається відповідно до розмічувального креслення геодезичним інструментом. У природу переносяться межі полів, а межі лісосмуг проорюють у дві борозни на проектну ширину. Всі поворотні точки в природі закріплюються межовими знаками встановленого зразка.

Розділ «Кошторисна документація» складається з пояснень і власне документації на підставі визначених обсягів створення польових захисних насаджень на 1 га: кількість садивного матеріалу, оплата праці, догляд за лісонасадженнями, транспортні витрати, підготовка ґрунту до висадки тощо.

У розділі «Техніка безпеки» наводяться вимоги законодавства, яких необхідно дотримуватися при проведенні весняно-польових робіт на підприємствах сфери агропромислового комплексу має належним чином експлуатуватися техніка. Зокрема, необхідно дотримуватися Закону України «Про охорону праці» та Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві.

Відповідно до ст. 186 п. 10 Земельного кодексу України робочі проекти землеустрою підлягають погодженню територіальним органом центрального органу виконавчої влади, який реалізує державну політику у сфері земельних відносин, і структурним підрозділом відповідної обласної державної адміністрації у сфері охорони навколишнього природного середовища. Робочі проекти землеустрою затверджуються замовниками.

Одним із етапів робочого проектування є здійснення авторського нагляду за його виконанням. Авторський нагляд передбачає перевірку технологічної послідовності та якості виконання робіт, передбачених проектом, а також дотримання вимог нормативно-правових актів з питань здійснення землеустрою. Строки здійснення авторського нагляду визначаються відповідно до графіка реалізації робочого проекту землеустрою. Результати, одержані під час авторського нагляду, заносяться в журнал авторського нагляду за виконанням проектів землеустрою.

Графічні матеріали (креслення) мають забезпечувати повноту технічної інформації щодо умов створення, технології проектування лісосмуг і порядку перенесення проекту в природу. До графічних матеріалів можна включити План крутизни схилів та агропромислових груп ґрунтів, проект створення польових лісових насаджень, розмічувальне креслення з перенесення проекту в природу.

Головні висновки. Отже, робочі проекти землеустрою створення (відновлення) полезахисних лісових смуг є суттєвим інструментом щодо підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь та поліпшення екологічного стану агроландшафтів. Роботи із захисного лісорозведення повинні виконуватися за робочими проектами на високому агротехнічному рівні, із суворим урахуванням конкретних агрокліматичних умов, з широким впровадженням наукових досягнень і передового досвіду використання механізації та хімії. Ці роботи спрямовані на забезпечення високої приживлюваності, стійкості та ефективної захисної ролі насаджень.

Перспективи використання результатів дослідження. Методичні підходи до розробки робочих проектів землеустрою зі створення (відновлення) полезахисних лісових насаджень забезпечить створення систем агролісомеліоративних насаджень

на науково обґрунтованих засадах. Це може забезпечити покращення екологічної ролі лісосмуг та істотно підвищення урожайності сільськогосподарських культур, зменшення інтенсивності розвитку ерозійних процесів ґрунту, відновлення та стабілізацію стану навколишнього природного середовища та сталого розвитку регіону.

Крім того, необхідно запровадити еколого-економічні та правові механізми мотивування власників і користувачів земель до збереження, відтворення і створення закінченої системи полезахисних лісонасаджень. Актуальним залишається екологічний моніторинг лісосмуг і розробка рекомендацій щодо економічної ефективності полезахисних лісосмуг.

Література

1. Космічний моніторинг посушливих явищ / О.Г. Тараріко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 10. С. 16–20.
2. Дідух Я.П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. 2009. № 2. С. 34–44.
3. Лукіша В.В. Проблеми полезахисних лісосмуг у агроландшафтах України в контексті змін клімату. *Екологічні науки*. № 2(25). 2013. № 1. С. 56–64.
4. Дусяк Н.В., Пічура В.І., Потравка Л.О. Еколого-економічні аспекти лісорозведення в Україні в контексті сталого землекористування. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2019. № 2. С. 49–63.
5. Постанова КМУ «Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок (№ 733 від 16.05.2007, зі змінами). UDR: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF>.
6. Локтева-Маклашова Н.В., Майстренко М.О. Новели законодавства України щодо врегулювання правового режиму полезахисних лісових смуг і земельних ділянок під ними. *Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції*. 2019. Спецвипуск. С. 83–86.
7. Аналітична записка БАУ № 15 «Аналіз додаткових джерел деревного палива в Україні». UDR: www.uabio.org/activity/uabio-analytics.
8. Опенько І.А. Еколого-економічні засади раціонального використання та охорони земель під полезахисними лісовими насадженнями : монографія / Опенько І.А., Євсюков Т.О. К. : «Компринт», 2016. 183 с.
9. Чоловський Ю.М. Агролісомеліоративні заходи як складник раціонального землекористування. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. Вип. 20.5. С. 58–62.
10. Стрельчук Л.М. Сучасний стан і проблеми екосистем захисних лісосмуг північного Причорномор'я. *Таврійський науковий вісник*. 2013. № 84. С. 261–264.
11. Правила утримання та збереження полезахисних лісових смуг: аналітичний огляд. UDR: <https://nubip.edu.ua/node/79584>.
12. Постанова КМУ «Про затвердження Правил утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення» від 22 липня 2020 року № 650. UDR: <https://www.kmu.gov.ua/npas/prg-zatverdzhennya-pravil-utrimann-650>.
13. Постанова КМУ «Про затвердження Правил відтворення лісів» від 1 березня 2007 року № 303. UDR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-2007-%D0%BF#Text>.

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ

УДК 598.2:591.53

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.25>

СЕЗОННА ДИНАМІКА КОНСОРТИВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПТАХІВ У ПРИВАТНИХ САДАХ МІСТА ВІЛЬНЯНСЬКА (ЗАПОРІЗЬКА ОБЛАСТЬ)

Борисов В.В., Кошелєв В.О., Кошелєв О.І.

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького
вул. Гетьманська, 20, 72300, м. Мелітополь, Запорізька область
vborisov98@gmail.com, kochelev10041@gmail.com, aikoshelev4971@gmail.com

Вивчення консортивних зв'язків птахів проводилося у 2017-2020 роках в плодкових садах у приватному житловому секторі м. Вільнянськ (Запорізька область). В усі сезони року враховувалася відвідуваність птахами плодкових дерев 6 видів різного віку, розраховується бюджет часу. Протягом року в садах зареєстровано перебування 62 видів птахів, в тому числі у гніздовий період – 29 (в тому числі гніздяться – 19), у зимовий період – 32, під час весняних і осінніх міграцій – 56 видів.

Плодові дерева залучають птахів як джерело кормів, місце гніздування та відпочинку. У літній період в садах домінують всеїдні птахи (13,1%) і зоофаги (9,4%), в осінній і зимовий періоди – зоофаги (14,6%), частка всеїдних скорочується (8,3%). Екологічна група птахів, які годуються із засідки, домінує навесні і влітку, група обшарщиків зростає восени і взимку (9,4%). Серед топоморф домінують види дріміофіли, частка видів, які віддають перевагу галявинам, незначна (0,3-1,8%). Серед кліматоморф домінують види, які зустрічаються цілий рік, що свідчить про стабільність консортивних угруповань плодкових дерев у приватних садах.

В індивідуальних консорціях яблуні, груші, сливи і абрикоса домінують еврифаги і зоофаги з групи оглядачів третього рівня, дріміофіли домінують в усі сезони року. У консорціях молоді вишні відсутні види з груп обшарщиків другого і четвертого рівня, що свідчить про її малу привабливість для птахів; але в ній зростає частка фітофагів влітку у період дозрівання соковитих плодів. Повний контроль за uszkodженнями плодкових дерев комахами-шкідниками в усі сезони здійснюють види-дріміофіли з групи осілих; у літній час частка сезонних видів становить 0,52%.

У консорціях шовковиці влітку в період дозрівання плодів домінують еврифаги і фітофаги, в осінній і зимовий періоди переважають види-зоофаги, коли дерева шовковиці використовувалися як місце короткочасного відпочинку. Консорції волоського горіха включають комахоїдних (6 видів) і птахів, які живляться плодами (6), серед яких домінували оглядачі і зоофаги-обшарщики (5).

Виявлено тісні зв'язки птахів садів зі скверами і парками, які оточують приватні сади. Консортивні зв'язки птахів у садах відіграють позитивну роль як шлях біологічного методу боротьби з комахами-шкідниками та бур'янами; середовищеутворювальна роль птахів виявляється через явище орнітохорії, фабричні і форичні зв'язки. З'ясування закономірностей і структури консортивних зв'язків дозволяє активізувати роботи із залучення птахів у сади шляхом диференційованої адресної установки штучних гніздівель і зимової підгодівлі. *Ключові слова:* консорція, консортивні зв'язки, птахи, приватний сад, плодові дерева, сезонна динаміка.

Seasonal dynamics of consorvative relations of birds and private gardens in the Volnyansk city (Zaporozhye region). Borisov V., Koshelev V., Koshelev A.

The study of consortive relations of birds was conducted in 2017-2020 in orchards in the private residential sector of Volnyansk city (Zaporozhye region). In all seasons of the year, bird attendance of fruit trees of 6 species of different ages was taken into account, the time budget is calculated. During the year, 62 species of birds were registered in the gardens, including in the nesting period – 29 (including nesting – 19), in winter – 32, during spring and autumn migrations – 56 species.

Fruit trees attract birds as a source of food, a place for nesting and rest. In summer, gardens are dominated by omnivorous birds (13.1%) and zoophagous (9.4%), in autumn and winter – zoophagous (14.6%), the share of omnivores is reduced (8.3%). The ecological group of ambushed birds dominates in spring and summer, the group of weavers grows in autumn and winter (9.4%). The topomorphs are dominated by species of drimiophiles, the share of species that prefer meadows is insignificant (0.3-1.8%).

Climatomorphs are dominated by species that occur throughout the year, which indicates the stability of consortium groups of fruit trees in private gardens. The individual consortia of apple, pear, plum and apricot are dominated by euryphagous and zoophagous from the group of observers of the third level, drimiophiles dominate in all seasons of the year.

In the consortia of young cherries there are no species from the groups of landowners of the second and fourth level, which indicates its low attractiveness for birds; but it increases the proportion of phytophages in the summer during the ripening of juicy fruits. Full control over the damage of fruit trees by pests in all seasons is carried out by species-drimiophiles from the group of sedentary; in summer the share of seasonal species is 0.52%. Mulberry consortia are dominated by euryphagous and phytophagous in the summer during fruit ripening and zoophagous species predominate in the autumn and winter, when mulberry trees were used as a place of short-term rest.

Walnut consortia include insectivores (6 species) and fruit-eating birds (6), which were dominated by scorpions and zoophagous scavengers (5). Close connections of garden birds with squares and parks surrounding private gardens have been revealed. Consortium connections of birds in gardens play a positive role as a way of biological method of control of insect pests and weeds; environmental role of birds is manifested through the phenomenon of ornithochoria, factory and foric connections. Clarification of patterns and structure of consortium relations allows to intensify work on attracting birds to gardens by differentiated address installation of artificial nests and winter feeding. *Key words*: consortium, consortium relations, birds, private garden, fruit trees, seasonal dynamics.

Постановка проблеми. Консорції є важливим структурним і функціональним елементом біогеоценозів. Важливе значення має вивчення динаміки консортивних зв'язків птахів як механізмів стабільності біогеоценозів, біорізноманіття і стану оточуючого середовища. До останнього часу консортивні зв'язки птахів із плодовими деревами в садах на території України не вивчалися в умовах істотного антропогенного навантаження [1-4]. Завдяки топічним, трофічним, фабричним і форичним зв'язкам птахів підтримуються прямі і зворотні зв'язки між фітоценозом і зооценозом, єдність біогеоценозу, їх середовищеутворювальна роль через явище зоохорії.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано в рамках державної бюджетної науково-дослідної роботи «Інвентаризація міської фауни, растрове картування та створення Атласу урбанізованих видів тварин малого міста (північно-західне Приазов'я)» (2016-2018 рр.).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основою для цієї роботи є праці В.В. Мазинга, В.Л. Булахова і О.Л. Пономаренко [1; 3; 5-9].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. До останнього часу мало уваги приділялося вивченню консортивних зв'язків птахів у плодкових садах. Попередні дослідження проводилися з аборигенними й інвазійними видами деревних рослин у природних і штучних лісах [10-15]. Метою цієї роботи є вивчення сезонної динаміки екологічних груп птахів та їх консортивних зв'язків із плодовими деревами.

Новизна. Вперше було вивчено консортивні зв'язки птахів із плодовими деревами в умовах приватних садів м. Вільнянськ.

Методологічне або загальнонаукове значення. На основі консортивних зв'язків птахів можливо регулювати розміщення і чисельність птахів та їх угруповань у різні сезони року, проводити біоіндикацію навколишнього середовища, диференційоване повидове приваблення птахів шляхом встановлення штучних гніздівель і підгодівлі взимку, збереження біорізноманіття в умовах міста.

Матеріал і методика досліджень. Вивчення орнітофауни

і орнітокомплексів м. Вільнянськ проводили у 2017-2020 рр. Зареєстровано 180 видів птахів, у тому числі тих, які гніздяться, – 86, зимуючих – 53, мігруючих навесні і восени – 102 види [16-18]. Місто Вільнянськ є районним центром Запорізької області, його площа складає 16,1 км², чисельність мешканців – 15,6 тис. осіб [16]. Більшу частину міста займає приватний житловий сектор з одноповерховою забудовою із садами й городами.

В західній частині міста (масив приватного сектору) в якості модельних ділянок були обрані 6 присадибних приватних територій загальною площею 9177 кв. м (0,92 га), в складі яких було 20 дерев, серед яких абрикоси, яблуні, грецький горіх, шовковиця, вишня, груша, слива (рис. 1).

Серед деревного складу у садах переважають абрикоси, на другому місці по чисельності домінують яблуні та горіхи. Вишня займає третє місце (10%). Найменше в садових насадженнях представлені шовковиця та слива (по 5% від загального складу). Висота дерев грецького горіха становить в середньому від 27-30 м, розмах крони коливається від 14-18 м. Вочевидь, що розвинена масивна структура крони та її густота приваблює птахів як місце відпочинку та як джерело кормової бази, а також виконує найбільшу середовищеутворювальну функцію.

Для дослідження консорцій використовували метод хронометрування бюджету часу (ДТВ) візитів птахів на один екземпляр деревної породи [5, 10, 19, 20]. За допомогою візуального спостереження фіксу-



Рис. 1 Відсотковий розподіл садових дерев у приватному секторі

вали бюджет часу птахів для кожного дерева як ядра консорції протягом світлового дня. Розподіл птахів за розмірами біоморфних ланок проводили відповідно до змін, внесених О.Л. Пономаренко у робочу схему біоморф М.П. Акімова [19, 21].

Виклад основного матеріалу. Протягом року в приватних садах у межах м. Вільнянськ нами зареєстровано перебування 62 видів птахів (30% від міської орнітофауни), з яких зустрінуті в гніздовий період – 29 (гніздяться 19 видів), у зимовий – 32, під час весняних і осінніх міграцій – 62 види (з них фонові види: горлиця садова *Streptopelia decaocto*, одуд *Upupa epops*, крутиголовка *Jynx torquilla*, дятел звичайний *Dendrocopos major*, дятел сирійський *Dendrocopos syriacus*, сорокопуд терновий *Lanius collurio*, сорокопуд чорнолобий *Lanius minor*, шпак звичайний *Sturnus vulgaris*, сойка *Garrulus glandarius*, сорока *Pica pica*, галка *Corvus monedula*, грак *Corvus frugilegus*, ворона сіра *Corvus cornix*, кропив'янка чорноголова *Sylvia atricapilla*, мухоловка сіра *Muscicapa striata*, горихвістка звичайна *Phoenicurus phoenicurus*, горихвістка чорна *Phoenicurus ochruros*, вільшанка *Erithacus rubecula*, соловейко східний *Luscinia luscinia*, синиця блакитна *Parus caeruleus*, синиця велика *Parus major*, горобець хатний *Passer domesticus*, горобець польовий *Passer montanus*, зеленяк *Chloris chloris*, щиглик *Carduelis carduelis*, коноплянка *Acanthis cannabina*, вівсянка садова *Emberiza hortulana*.

У консорції зрілого та старого генеративного волоського (грецького) горіха функціональна структура трофоморф II і III порядків представлена майже в повному обсязі (за винятком групи мисливців), на відміну від інших фруктових дерев. За

бюджетом часу в літній період переважають всеїдні птахи (13,09%), на другому місці – птахи-зоофаги (9,36%). Восени і взимку найбільше виражена частка зоофагів, яка зростає до 14,58% і 8,31% відповідно (табл. 1).

Група засідників представлена в літній і весняні сезони. Частка обшарщиків суттєво зростає восени (9,41%). Серед топоморф домінують дріміофільні види. Частка узлісників незначна (від 0,28% до 1,81%). У клімаморф майже повністю домінують птахи, які зустрічаються цілий рік, що свідчить про стабільність консортивного угруповання (табл. 2). Частка цих видів коливається в діапазоні від 97,55-99,7% навесні та влітку.

Для зрілої та старої генеративної яблуні за бюджетом часу в літній період лідирують всеїдні птахи (11,51%) та птахи-зоофаги (9,03%). Восени і взимку найбільше виражена частка зоофагів, яка зростає до 18,81% і 17,82% відповідно. Збільшується частка оглядачів 3 рівня, особливо це виражено літом і весною (табл. 3). За рівнем різноманіття функціональної структури яблуня несуттєво поступається горіху. На відміну від горіха, в її структурі відсутні групи засідників 2 рівня, оглядальників та обшарщиків 6 рівня.

Частка сезонних видів складає від 0,07-0,65%, а дріміофіли повністю домінують в усі сезони року. Частка узлісників становить 0,32%. Висота яблуневих дерев від 5-7 м., розмах крони – від 3-7 м. Наявність групи узлісників у яблуні (табл. 4) свідчить, що 5 із 7 дерев контактують із населенням узлісь неподалік розташованих парків Ювілейний і Шевченко, які межують з приватним сектором.

Для зрілого та старого генеративного абрикоса (діаметр крони 8-11 м., висота від 8-10 м.) за бюдже-

Таблиця 1

Сезонна динаміка трофоморфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілого та старого генеративного грецького горіха

Трофоморфи I порядку	Трофоморфи II порядку	Трофоморфи III порядку	Часткова участь у загальному бюджеті часу від всіх дерев (ДТВ), %			
			Літо	Осінь	Зима	Весна
Фітофаги	Насіннеїди	6	3,23	-	-	1,86
	Плодоїди	6	4,52	0,94	0,59	7,44
	Фітофагів усього			7,75	0,94	0,59
Всеїдні	Оглядачі	3	6,45	3,76	1,19	8,93
	Оглядачі	6	-	0,28	0,36	0,74
	Обшарщики	2	0,19	-	-	-
	Обшарщики	3	-	2,54	0,71	-
	Обшарщики	4	1,61	1,41	0,83	0,89
	Обшарщики	5	1,29	-	-	0,3
	Обшарщики	6	2,9	-	-	5,65
Всеїдних усього			13,09	7,8	1,54	17,03
Зоофаги	Глибокі обшарщики	5	4,52	9,41	1,78	0,74
	Обшарщики	2	3,87	5,17	6,53	0,15
	Засідники	2	0,9	-	-	0,3
	Зоофагів усього			9,36	14,58	8,31

том часу в літній період переважають всеїдні птахи (11,62%) та птахи-зоофаги (6,46%). Осінню і взимку найбільше виражена частка зоофагів, яка зростає до 6,11% і 8,91% відповідно (табл. 5).

На яблуні переважала частка оглядачів 3 рівня та обшарщиків 4 рівня, особливо це виражено літом

і весною. Рівень функціональної структури абрикосу ще нижчий, ніж у яблуні та горіху, в структурі якого відсутні групи не тільки засідників 2 рівня, оглядачів та обшарщиків 6 рівня, але і обшарщиків 2 рівня (табл. 6). Частка сезонних видів складає (від 0,15-2,58%), а також повне домінування дріміофілів в усі

Таблиця 2

Сезонна динаміка топо- та кліматорфного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілого (g2) та старого (g3) генеративного грецького горіха

Біоморфи II порядку	Часткова участь у бюджеті часу (ДТВ), %			
	Літо	Осінь	Зима	Весна
Топоморфи				
Дріміофіли	98,19	99,72	99,64	98,81
Узлісники	1,81	0,28	0,36	1,19
Убіквісти	-	-	-	-
Усього	100	100	100	100
Кліматорфи				
Цілолітні види	97,55	100	100	99,7
Сезонники	2,45	-	-	0,3
Усього	100	100	100	100

Таблиця 3

Сезонна динаміка трофоморфного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілої (g2) та старої (g3) генеративної яблуні

Трофоморфи I порядку	Трофоморфи II порядку	Трофоморфи III порядку	Часткова участь у загальному бюджеті часу від всіх дерев (ДТВ), %			
			Літо	Осінь	Зима	Весна
Фітофаги	Насінніди	6	-	-	-	-
	Плодоїди	6	-	0,94	0,95	2,23
	Фітофагів усього		-	0,94	0,95	2,23
Всеїдні	Оглядачі	3	9,68	2,82	3,56	20,83
	Обшарщики	2	0,32	-	-	-
	Обшарщики	3	-	0,47	0,59	-
	Обшарщики	4	1,29	1,98	1,19	4,46
	Обшарщики	5	0,32	-	-	-
Всеїдних усього			11,61	5,27	5,34	25,29
Зоофаги	Глибокі обшарщики	5	2,58	1,88	2,38	1,49
	Обшарщики	2	6,45	16,93	15,44	0,15
	Зоофагів усього			9,03	18,81	17,82

Таблиця 4

Сезонна динаміка топо- та кліматорфного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілої (g2) та старої (g3) генеративної яблуні

Біоморфи II порядку	Часткова участь у бюджеті часу (ДТВ), %			
	Літо	Осінь	Зима	Весна
Топоморфи				
Дріміофіли	99,68	100	100	100
Узлісники	0,32	-	-	-
Убіквісти	-	-	-	-
Усього	100	100	100	100
Кліматорфи				
Цілолітні види	99,35	100	100	99,93
Сезонники	0,65	-	-	0,07
Усього	100	100	100	100

сезони року, лише влітку з'являється група узлісників (3,23%).

Для молоді вишні в літній бюджет часу всеїдні птахи складають (4,06%), птахи-зоофаги – 2,39%. Група фітофагів відсутня взагалі. Осінню і взимку найбільше виражена частка зоофагів, яка зростає

до 6,11% і 8,91% відповідно, а весною – до 0,37% (табл. 7).

Відсутня трофічна ланка глибоких обшарщиків 5 рівня серед зоофагів та немає повного спектру обшарщиків 2 та 4 рівня, а також оглядальників 6 рівня птахів-еврифогів, що вказує на малу при-

Таблиця 5

Сезонна динаміка трофоморфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілого та старого генеративного абрикоса

Трофоморфи I порядку	Трофоморфи II порядку	Трофоморфи III порядку	Часткова участь у загальному бюджеті часу від всіх дерев (ДТВ), %			
			Літо	Осінь	Зима	Весна
Фітофаги	Насіннеїди	6	-	-	-	-
	Плодоїди	6	3,23	-	-	10,04
	Фітофагів усього		3,23	-	-	10,04
Всеїдні	Оглядальники	3	4,52	2,82	1,19	3,35
	Обшарщики	3	1,61	0,75	0,83	-
	Обшарщики	4	4,52	0,75	0,36	1,49
	Обшарщики	5	0,97	-	-	0,15
	Всеїдних усього		11,62	4,32	2,38	4,99
Зоофаги	Глибокі обшарщики	5	1,94	1,41	2,97	2,23
	Обшарщики	2	4,52	4,7	5,94	-
	Зоофагів усього		6,46	6,11	8,91	2,23

Таблиця 6

Сезонна динаміка топо- та клімаморфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілого (g2) та старого (g3) генеративної абрикоса

Біоморфи II порядку	Часткова участь у бюджеті часу (ДТВ), %			
	Літо	Осінь	Зима	Весна
Топоморфи				
Дріміофіли	96,77	100	100	100
Узлісники	3,23	-	-	-
Убіквісти	-	-	-	-
Усього	100	100	100	100
Клімаморфи				
Цілолітні види	97,42	100	100	99,85
Сезонники	2,58	-	-	0,15
Усього	100	100	100	100

Таблиця 7

Сезонна динаміка трофоморфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції молоді вишні

Трофоморфи I порядку	Трофоморфи II порядку	Трофоморфи III порядку	Часткова участь у загальному бюджеті часу від всіх дерев (ДТВ), %			
			Літо	Осінь	Зима	Весна
Всеїдні	Оглядальники	3	1,29	0,94	1,19	-
	Обшарщики	2	0,13	-	-	-
	Обшарщики	3	1,61	0,38	0,48	-
	Обшарщики	5	1,03	-	-	0,15
	Всеїдних усього		4,06	1,32	1,67	0,15
Зоофаги	Обшарщики	2	1,94	5,17	4,16	0,22
	Засідники	2	0,45	-	-	0,15
	Зоофагів усього		2,39	5,17	4,16	0,37

вабливість вишні з огляду на не досить розвинену ярусність, густоту крони та висоту (висота дерев від 4-7 метрів, розмах крони – від 5-8 метрів). Частка сезонних видів весною та влітку складає (0,3-3,23%), частка узлісників – 2,58% (табл. 8).

Для зрілої та старої генеративної груші (розмах крони від 7-9 м, висота 12-15 м) у літній бюджет часу всеїдні птахи складають 6,39%, птахи-зоофаги – 5,16%. Весною лідирують серед всіх груп фітофаги – 8,56%, що пов'язано з тим, що відбува-

Таблиця 8

Сезонна динаміка топо- та кліматорфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції молоді (g1) вишні

Біоморфи II порядку	Часткова участь у бюджеті часу (ДТВ), %			
	Літо	Осінь	Зима	Весна
Топоморфи				
Дрімюфіли	100	100	100	100
Узлісники	2,58	-	-	0,15
Убіквісти	-	-	-	-
Усього	100	100	100	100
Кліматорфи				
Цілолітні види	96,77	100	100	99,7
Сезонники	3,23	-	-	0,3
Усього	100	100	100	100

Таблиця 9

Сезонна динаміка трофоморфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілої та старої генеративної груші

Трофоморфи I порядку	Трофоморфи II порядку	Трофоморфи III порядку	Часткова участь у загальному бюджеті часу від всіх дерев (ДТВ), %			
			Літо	Осінь	Зима	Весна
Фітофаги	Насіннеїди	6	-	-	-	-
	Плодоїди	6	6,45	3,76	1,19	8,56
	Фітофагів усього		6,45	3,76	1,19	8,56
Всеїдні	Оглядальники	3	5,16	3,48	2,38	5,58
	Оглядальники	6	-	0,47	0,24	-
	Обшарщики	2	0,65	-	-	-
	Обшарщики	3	-	2,73	0,83	-
	Обшарщики	4	0,32	1,6	2,38	0,74
	Обшарщики	5	0,26	-	-	-
	Всеїдних усього		6,39	8,28	5,83	6,32
Зоофаги	Глибокі обшарщики	5	3,22	3,76	3,56	2,98
	Обшарщики	2	1,94	14,1	20,2	0,07
	Зоофагів усього		5,16	17,86	23,76	3,05

Таблиця 10

Сезонна динаміка топо- та кліматорфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілої (g2) та старої (g3) генеративної груші

Біоморфи II порядку	Часткова участь у бюджеті часу (ДТВ), %			
	Літо	Осінь	Зима	Весна
Топоморфи				
Дрімюфіли	99,03	100	99,76	99,93
Узлісники	0,97	0,19	0,24	0,07
Убіквісти	-	-	-	-
Усього	100	100	100	100
Кліматорфи				
Цілолітні види	99,1	100	100	99,93
Сезонники	0,9	-	-	0,07
Усього	100	100	100	100

ється активний період вегетації. Осінню і взимку найбільше виражена частка зоофагів, яка зростає до 17,86% і 23,76% відповідно (табл. 9).

Присутній майже повний набір трофоморф, за винятком засідників 2 рівня, тобто трофічна структура більш схожа в цьому випадку з яблунею та горі-

хом. Частка сезонних видів весною та влітку складає 0,07-0,9% відповідно, частка узлісників коливається від 0,07-0,97% (табл. 10).

Для зрілої сливи структура загалом схожа із молодію генеративною вишнею. Проте серед всіх дерев вона найбідніша як у трофічній структурі, так

Таблиця 11

Сезонна динаміка трофоморфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілої сливи

Трофоморфи I порядку	Трофоморфи II порядку	Трофоморфи III порядку	Часткова участь у загальному бюджеті часу від всіх дерев (ДТВ), %			
			Літо	Осінь	Зима	Весна
Всеїдні	Оглядачі	3	0,65	1,22	1,19	3,72
	Обшарщики	3	-	0,85	0,36	-
	Обшарщики	5	0,32	-	-	-
	Всеїдних усього			0,97	2,07	1,55
Зоофаги	Обшарщики	2	1,94	2,82	3,56	0,15
	Засідники	2	0,19	-	-	-
	Зоофагів усього			2,13	2,82	3,56

Таблиця 12

Сезонна динаміка топо- та клімаморфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілої (g2) сливи

Біоморфи II порядку	Часткова участь у бюджеті часу (ДТВ), %			
	Літо	Осінь	Зима	Весна
Топоморфи				
Дрімюфіли	100	100	100	100
Узлісники	-	-	-	-
Убіквісти	-	-	-	-
Усього	100	100	100	100
Клімаморфи				
Цілолітні види	99,48	100	100	100
Сезонники	0,52	-	-	-
Усього	100	100	100	100

Таблиця 13

Сезонна динаміка трофоморфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілої (g2) шовковиці

Трофоморфи I порядку	Трофоморфи II порядку	Трофоморфи III порядку	Часткова участь у загальному бюджеті часу від всіх дерев (ДТВ), %			
			Літо	Осінь	Зима	Весна
Фітофаги	Насіннеїди	6	3,23	-	-	1,86
	Плодоїди	6	-	0,38	0,48	-
	Фітофагів усього			3,23	0,38	0,48
Всеїдні	Оглядальники	3	1,29	0,94	1,19	2,23
	Обшарщики	3	-	1,41	0,95	-
	Обшарщики	5	0,32	-	-	0,07
	Обшарщики	6	0,65	-	-	-
	Всеїдних усього			2,26	2,35	2,14
Зоофаги	Глибокі обшарщики	5	-	0,94	1,19	-
	Обшарщики	2	-	5,64	7,13	-
	Зоофагів усього			-	6,58	8,32

Сезонна динаміка топо- та клімаморфічного складу консортивних угруповань птахів у консорції зрілої (g2) шовковиці

Біоморфи II порядку	Часткова участь у бюджеті часу (ДТВ), %			
	Літо	Осінь	Зима	Весна
Топоморфи				
Дрімюфіли	100	100	100	100
Узлісники	-	-	-	-
Убіквісти	-	-	-	-
Усього	100	100	100	100
Клімаморфи				
Цілолітні види	99,68	100	100	9
Сезонники	0,32	-	-	-
Усього	100	100	100	100

і по кількості видів консортів, які віддають перевагу іншим деревам, розташованим поруч зі сливою. Тут також відсутні фітофаги. Літній бюджет часу всеїдні птахи складають 0,97%, птахи-зоофаги – 2,13%. Осінню і взимку найбільше виражена частка зоофагів, яка зростає до 2,82% і 3,56% відповідно (табл. 11). Весною бюджет часу зоофагів спадає до 0,37%, збільшується частка всеїдних до 3,72%.

Відсутня трофічна ланка глибоких обшарщиків 5 рівня серед зоофагів і немає повного спектру обшарщиків 2, 4, 6 рівнів, а також оглядачів 6 рівня – птахів еврифагів, що вказує на малу привабливість сливи з огляду на дуже слабку ярусність, густоту крони та висоту (висота дерева – 3 м, розмах крони – 5-6 метрів). Повний контроль дерева дрімюфілами здійснювався в усі сезони. Частка сезонних видів влітку (табл. 12) складає 0,52%.

Для зрілої шовковиці в літній бюджет часу всеїдні птахи складають 6,39%, птахи-фітофаги – 3,23%. Весною та влітку фітофаги і всеїдні продовжують зберігати лідерство – 1,86% та 2,3%. Восени та взимку найбільше виражена частка зоофагів, яка зростає до 6,58% і 8,32%. Їх приваблює масивний широкий стовбур дерева (табл. 13).

Присутній майже повний набір трофоморф, за винятком засідників 2 рівня, обшарщиків 2 та 4 рівнів і оглядачів 6 рівня. Частка сезонних видів весною та влітку складає лише 0,32%, узлісники відсутні (табл. 14). Можна допустити їх відсутність через те, що вони не вибирають це дерево (його висота – 7 м) через деградований стан крони, від якої уціліла лише одна масивна гілка внаслідок сильних поривів вітрів у 2019 році. Більшість зафіксованих птахів-консортів використовували шовковицю як місце

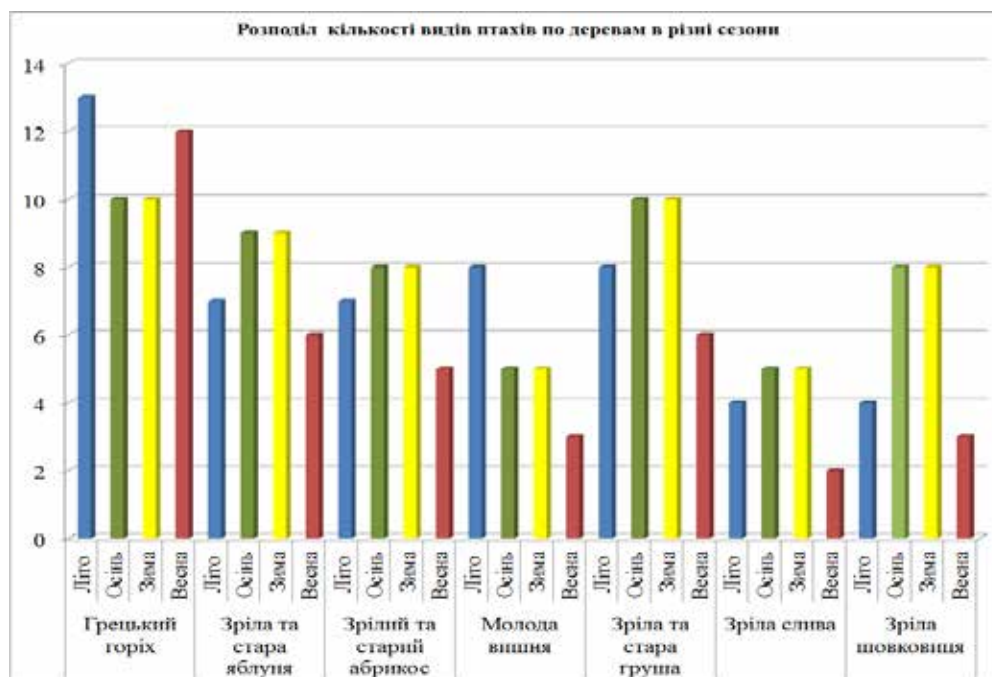


Рис. 2. Розподіл кількості видів птахів по плодих деревах у м. Вільнянськ

недовгого перепочинку та інших топічних зв'язків (співів, чистки пір'я, огляду території).

Розподіл кількості видів птахів по садових деревах (рис. 2) приватного сектору м. Вільнянська був досить неоднорідним. Максимальна кількість птахів-консогтів припадала в літній період на грецький горіх – 13 видів, що є найбільшим показником серед усіх садових дерев. Друге місце займає зріла та стара груші – 10 видів (осінь і зима), на зрілу

та стару яблуню припадає 9 видів (осінь і зима). Найменше видів було зафіксовано на зрілій сливі – лише 2 види (весною). Небагато їх було і на шовковиці – 3 (навесні).

Аналіз розподілу трофоморф II і III порядку показав, що група мисливців відсутня на всіх деревах (рис. 3). Що ж стосується оглядачів 3 рівня, то вони становили найбільшу частку в бюджеті весняного періоду року в зрілій та старій яблуні – 20,83%, на

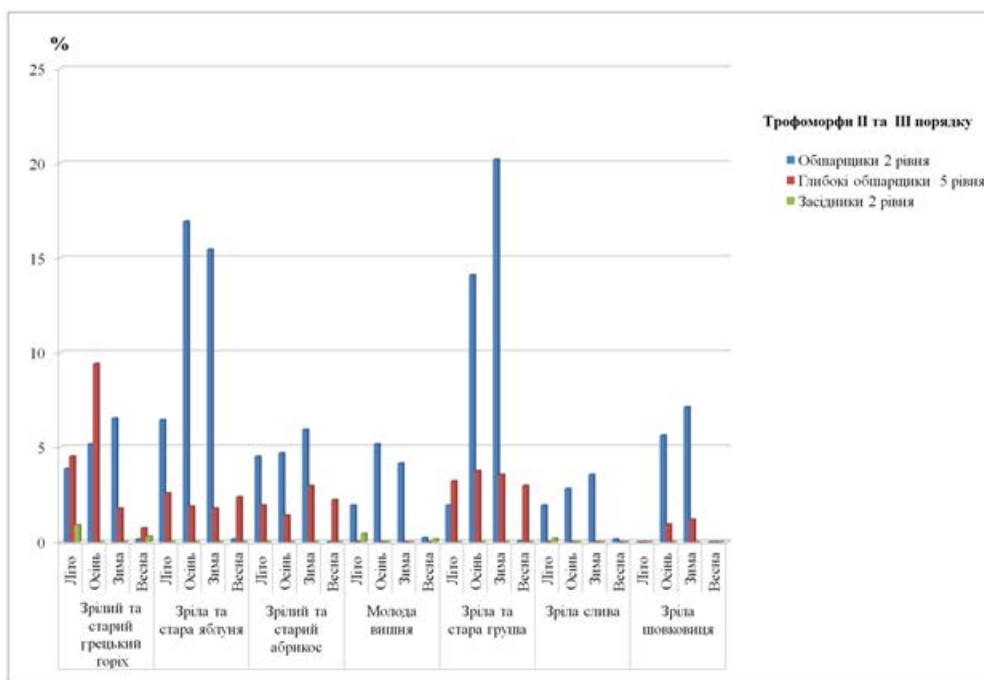


Рис. 3. Розподіл всеїдних птахів за трофоморфами II і III порядку по плодових деревах різного віку в м. Вільнянськ

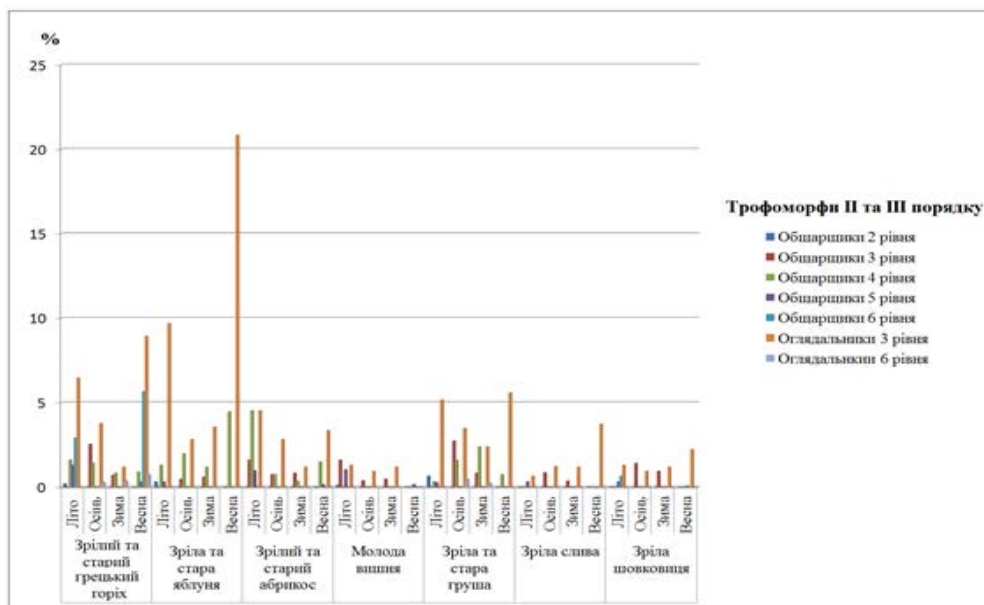


Рис. 4. Розподіл птахів-зоофагів за трофоморфами II і III порядку по плодових деревах різного віку в м. Вільнянськ

зрілому та старому грецькому горіху вони склали 8,93%, зрілій і старій груші – 5,58%, зрілій сливі – 3,72%, зрілому та старому абрикосу – 3,35%, зрілій шовковиці – 2,23%.

Зустрічі обшарщиків 4-го рівня були найвищі на зрілій та старій яблуні у весняну пору року (4,46%) та зрілому і старому абрикосу (1,89%), найменше їх було на зрілій та старій груші (0,74%). Оглядальники 6-го рівня фіксувалися восени і взимку у зрілого і старого горіха (0,28% і 0,36%) та у зрілої і старої груші (0,47% і 0,24%). Зрілий і старий грецький горіх мав максимальні показники обшарщиків 5-го рівня – 1,29%, молода вишня – 1,03% проти 0,32% кожного з 3-х дерев (яблуні, сливи та шовковиці).

Найбільший відсоток обшарщиків 2-го рівня літом був представлений на зрілій і старій груші (0,65% проти 0,32% яблуні) та 0,19% у зрілого та грецького горіха. Обшарщики 6-го рівня фіксувалися у зрілого і старого грецького горіха (2,9%) та зрілої шовковиці (0,65%).

Графічний розподіл зоофагів по трофоморфах II і III порядку (рис. 4) показав, що група засідників 2 рівня виражена слабо і наявна лише у 2-х дерев – на грецькому горіхові влітку (0,9%) та навесні (0,3%) і у молодій вишні (0,5% та 0,15% в ці ж самі пори року). Пік максимальних показників обшарщиків 2-го рівня осінню та в зимовий період припадає на стару і зрілу грушу (14,1% та 20,2% відповідно) та зрілу і стару яблуню (16,9% і 15% відповідно).

Із суттєвим відривом у ці ж пори року за ними слідує зрілий і старий грецький горіх (5,17% і 6,53%), зріла шовковиця (5,64% і 7,13%), молода вишня (5,17% і 4,16%), зрілий і старий абрикос

(4,7% та 5,94%), зріла слива (2,82% і 3,56%). Влітку відсоток обшарщиків найвищий у зрілого і старого абрикоса (4,52%), зрілого, старого та грецького горіха (3,87%), найнижчий – у зрілої сливи (2,82%), молодій вишні (1,94%).

Показники глибоких обшарщиків 5-го рівня восени і взимку досягають найбільших значень на зрілому та старому грецькому горіхові (9,41% і 1,78%), зрілій і старій груші (3,76% та 3,56%), зрілому та старому абрикосу (1,41% і 2,97%), яблуні (1,88% і 1,78%), ще слабкіше глибокі обшарщики представлені на зрілій шовковиці (0,94% та 1,19%).

Головні висновки. Консортивні зв'язки птахів із плодовими деревами у приватних садах міста різноманітні і динамічні за сезонами року. Виявлені відмінності носять специфічний характер для різних видів дерев. Постійне перебування і огляд птахами дерев забезпечує їх очистку від комах-шкідників протягом року на різних фазах їх розвитку.

Особливо важлива трофічна функція і роль у міських приватних плодівих садах *Dendrocopos syriacus*, *Phoenicurus phoenicurus*, *Parus caeruleus*, *Parus major*, *Passer domesticus*, *Passer montanus*. Встановлено достовірну залежність між сезоном, кількістю видів птахів, які відвідують плоді дерева, співвідношення екологічних груп.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані дані можуть бути використані співробітниками приватних господарств для організації біологічних методів боротьби і захисту плодівих дерев від шкідників, екологічними службами міста для біологічного моніторингу навколишнього середовища і оцінки його стану.

Література

1. Мазинг В.В. Консорции как элементы функциональной структуры биоценозов. *Труды МОИП*. 1966. Т. 27. С. 117–126.
2. Мазинг В.В. Проблемы изучения консорций. *Значение консортивных связей в организации биогеоценозов* : материалы II Всесоюз. совещ. по проблеме изуч. консорций. (Пермь, 1976 год). Пермь : ПГПИ, 1976. С. 18–27.
3. Булахов В.Л. Консортивные связи в средообразующей деятельности позвоночных животных в степных лесах УССР. *Значение консортивных связей в организации биогеоценозов* : материалы II Всесоюз. совещ. по проблеме изуч. консорций. (Пермь, 1976 год). Пермь : ПГПИ, 1976. С. 274–277.
4. Булахов В.Л., Пахомов О.Е., Гассо В.Я. Середовищетвірна активність тварин як функціональний елемент екосистем. *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах* : матеріали IV міжнар. наук. конф. (Дніпропетровськ, 9-12 жовтня 2007 року). Дніпропетровськ : ДНУ, 2007. С. 3–7.
5. Пономаренко О.Л. Особливості сезонної динаміки просторового розподілу птахів у консорціях дібров степового Придніпров'я. *Науковий Вісник Українського державного лісотехнічного університету*. 1999. Вип. 9, № 11. С. 94–98.
6. Пономаренко А.Л. О зависимости распределения орнитоконсортот в липо-ясеневых дубравах от пространственной структуры древостоя. *Структура і функціональна роль тваринного населення у природних і трансформованих екосистемах* : тези I міжнар. наук. конф. (Дніпропетровськ, 17-20 вересня 2001 року). Дніпропетровськ : ДНУ, 2001. С. 194–195.
7. Пономаренко О.Л. Особливості функціонального складу консортивних угруповань птахів ясена звичайного (*Fraxinus excelsior*). *Биоразнообразие и роль зооценоза в естественных и антропогенных экосистемах* : материалы II междунар. научн. конф. (Днепропетровск, 28-31 октября 2003 года). Днепропетровск : Оксамит-Текс, 2003. С. 241–242.
8. Пономаренко О.Л. Птахи як елемент індивідуальних консорцій клена польового (*Acer campestre*). *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах* : матеріали IV міжнар. наук. конф. (Дніпропетровськ, 9-12 жовтня 2007 року). Дніпропетровськ : ДНУ, 2007. С. 444–445.
9. Пономаренко О.Л. Участь птахів в індивідуальних консорціях дуба звичайного (*Quercus robur*). *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах* : матеріали VII міжнар. наук. конф. (Дніпропетровськ, 22-25 жовтня 2013 року). Дніпропетровськ : Адверта, 2013. С. 236–238.
10. Пономаренко О.Л. Динаміка функціональної структури угруповань птахів індивідуальних консорцій ясена звичайного під впливом річної динаміки кліматичних факторів. *Ecology and Noospherology*. 2018. Vol. 29. № 1. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/etn_2018_29_1_6.

11. Климчук О.О. Сезонна динаміка консортивних зв'язків птахів у соснових насадженнях центрального Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Т. 19. Вип. 8. С. 52–56.
12. Климчук О.О. Сезонна динаміка консортивних зв'язків птахів у чистих дубових і грабово-дубових насадженнях центрального Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Т. 25. Вип. 2. С. 119–124.
13. Кошелев В.А., Матрухан Т.И., Яковлева А.С. Роль птиц в распространении семян плодово-ягодных деревьев и кустарников в условиях северо-западного Приазовья. *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах* : матеріали VIII міжнар. наук. конф. Zoocenosis-2015. (Дніпропетровськ, 21-23 грудня 2015 року). Дніпропетровськ : Ліра, 2015. С. 254–255.
14. Кошелев В.А. Консортивные связи птиц и шелковицы на юге Украины. *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах* : матеріали VIII міжнар. наук. конф. (Дніпропетровськ, 21-23 грудня 2015 року). Дніпропетровськ : Ліра, 2015. С. 249–252.
15. Кошелев В.А. Консортивные связи птиц в тростниковых зарослях на водоемах Северного Приазовья. *Мелітопольські краєзнавчі читання* : матеріали III відкр. регіон. наук.-практ. конф. (Мелітополь, 4 грудня 2016 року). Мелітополь, 2017. С. 42–46.
16. Географічна енциклопедія України / редкол. О.М. Маринич та інші. Київ : Українська Радянська Енциклопедія. Т. 1. 1989. 416 с.
17. Гудина А.Н. Авифауна Запорожской области. *Природа острова Хортица. Сб. научн. работ нац. заповедника Хортица*. Запорожье, 1993. Вып. 1. С. 102–146.
18. Борисов В.В., Кошелев О.И. Екологічна структура орнітофауни м. Вільнянськ (Запорізька обл.) у позагніздові періоди. *Екологічні науки*. 2019. № 4. Т. 27. С. 159–165.
19. Акимов М.П. Биоценотическая рабочая система жизненных форм – биоморф. *Научные записки ДГУ*. Харьков, 1955. Т. 51. С. 5–54.
20. Wheelwright N.T. How long do fruit-eating birds stay in the plants where they feed. *Biotropica*. 1991. Vol. 23. № 1. P. 29–40. Режим доступу: https://www.jstor.org/stable/2388685?seq=3#metadata_info_tab_contents.
21. Пономаренко О.Л. Динаміка функціонального складу угруповань птахів в індивідуальних консорціях липи серцелистої. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2005. Вип. 13. Т. 1. С. 226–231.
22. Барановский А.В. Механизмы экологической сегрегации домового и полевого воробьев : монография. Рязань, 2010. 192 с.
23. Seress G., Liker A. Habitat urbanization and its effects on birds. *Acta zoologica Akad. Scient. Hungaridae*. 2015. Vol. 64. № 4. P. 373–408. DOI: 10.17109/AZH.61.4.373.2015.
24. Skorca P., Lenda M., Sutherland W.J. Response of young and adult birds to the same environmental variables and different spatial scales during post breeding period. *Landscape Ecol.* 2016. 31. P. 2063–2078. DOI:10.1007/s10980-016-0382-x.

ІНВАЗІЙНІ ЧУЖОРІДНІ ВИДИ РОСЛИН УРОЧИЩА «ФЕОФАНІЯ»

Губарь Л.М., Конякін С.М.

ДУ «Інститут еволюційної екології Національної академії наук України»
вул. академіка Лебедєва, 37, 03143, м. Київ
ogubar@gmail.com, ser681@ukr.net

На території урочища «Феофанія» зафіксовано 55 інвазійних чужорідних рослин. У спектрі провідних родин домінують *Asteraceae* (16 видів) і *Brassicaceae* (8 видів). За часом заносу переважають кенофіти (29 видів), за ступенем натуралізації – епекофіти (30 видів), що пов'язано з інтенсивним розвитком інфраструктури м. Києва та його околиць останніми роками.

Аналіз життєвих форм інвазійних видів показав, що переважають однорічні трав'янисті монокарпіки (37 видів). За відношенням до вологості домінують ксеромезофіти (29 видів), за відношенням до інтенсивності освітлення – геліофіти (33 види), що загалом притаманно для чужорідних видів рослин флори України. Встановлено, що за походженням переважають північноамериканські види рослин (16 видів).

За ступенем адаптації до умов регіону виділено п'ять груп поширення інвазійних чужорідних видів рослини в урочищі «Феофанія». Серед них 13 видів, які поширюються активно та масово по всій території; 10 видів, які поширюються активно та масово в окремих локалітетах; 11 видів, які поширені спорадично по всій території та активно формують сталі осередки; 18 видів, які повсюдно поширені по всій території, але помірно активні; 3 види із високим ступенем інвазійності у локальних мікроосередках.

З'ясовано, що поширення інвазійних видів рослин чітко залежить від різноманіття ценозів урочища. У лісових ценозах активно поширилися *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*, утворивши підріст. *Impatiens parviflora* займає практично весь трав'янистий покрив. Лучні ценози успішно заселяють *Phalacrolooma annum*, *Solidago canadensis*, *Asclepias syriaca*, *Oenothera rubricaulis* та інші. Уздовж долини струмка Віта поширилися *Echinocystis lobata* та *Salix fragilis*.

Більшість інвазійних видів поширюються рудеральними ценозами: *Anisantha tectorum*, *Xanthoxalis fontana*, *Lepidium densiflorum*, *Erigeron canadensis* та іншими. В урочищі слід очікувати поширення втікачів із культури *Ailanthus altissima*, *Quercus rubra*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Padus serotina* та чужорідних видів роду *Heracleum* L. Більшість інвазійних видів (36 видів) урочища подолали Е-бар'єр та поширені спорадично по всій території. *Ключові слова*: інвазійні види рослин, натуралізація, урочище «Феофанія».

Invasive alien species of plants of the local landscape Feofania. Gubar L.M., Koniakin S.N.

55 invasive alien plants have been observed on the territory of the local landscape “Feofania”. The spectrum of the leading families is dominated by *Asteraceae* (16 species) and *Brassicaceae* (8 species). According to the time of introduction, kenophytes are predominate (29 species), according to the degree of naturalization – epecophytes (30 species), which is associated with the intensive development of the infrastructure of the Kyiv city and environs in the last years.

Analysis of the life forms of invasive species showed that annual herbaceous monocarps (37 species) are predominate. According to humidity, xeromesophytes (29 species) are dominate, according to the intensity of illumination – heliophytes (33 species), which is generally typical for alien plant species of the flora of Ukraine. It is established that according to the origin is dominated North American plant species (16 species).

According to the degree of adaptation to the conditions of the region, five groups of distribution of invasive alien plant species in the local landscape Feofania have been identified. Among them there are 13 species that are actively and massively distributed throughout the territory; 10 species that are actively and massively distributed in some localities; 11 species, which are distributed sporadically throughout the territory and actively form stable center; 18 species that are widespread throughout the territory, but moderately active; 3 species with a high degree of invasiveness in local hearth.

It was found that the distribution of invasive plant species clearly depends on the diversity of coenoses of the local landscape “Feofania”. *Acer negundo* and *Robinia pseudoacacia* actively spread in forest coenoses, forming undergrowth. *Impatiens parviflora* occupies almost the entire herbaceous cover. Meadow coenoses successfully colonize *Phalacrolooma annum*, *Solidago canadensis*, *Asclepias syriaca*, *Oenothera rubricaulis*, etc. *Echinocystis lobata* and *Salix fragilis* have spread along the valley of the Vita stream.

It was established that most invasive species are distributed in ruderal coenoses: *Anisantha tectorum*, *Xanthoxalis fontana*, *Lepidium densiflorum*, *Erigeron canadensis*, etc. In the local landscape “Feofania”, one can expect the spread of fugitives from the culture of *Ailanthus altissima*, *Quercus rubra*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Padus serotina* and alien species of the genus *Heracleum* L. Most of the invasive species of the local landscape Feofania have overcome the E-barrier and are distributed sporadically throughout the territory. *Key words*: invasive plant species, naturalization, local landscape “Feofania”.

Постановка проблеми. Інвазійні чужорідні види рослин вважаються однією з основних загроз не тільки для біорізноманіття, а й для здоров'я людини, їхня експансія призводить до серйозних екологічних, соціальних і економічних наслідків. Відповідно до завдань

Глобальної стратегії з проблеми інвазійних неаборигенних видів [1] та Європейської стратегії з проблеми інвазійних неаборигенних видів [2; 3] розвиток регіональних, локальних досліджень інвазійних чужорідних видів рослин нині є надзвичайно актуальним.

Особливу увагу слід приділяти інвазійним рослинам, зокрема їхньому видовому складу, просторовому поширенню, впливу на рослинні угруповання та популяційні дослідження окремих видів. Проблема актуальності неаборигенних організмів для України зростає, оскільки рівень адвентизації флори країни, як і окремих її регіонів [4], досить високий. У процесі міграції природним шляхом, навмисним або ненавмисним втручанням людини відбувається розселення видів на нові території поза межами первинного ареалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний науковий доробок українських вчених у дослідженні синантропізації рослинного покриву неаборигенних рослин, фітоінвазій та інших пов'язаних із ними аспектів досить різноплановий та об'ємний [5, 9]. Актуальність проблеми фітоінвазій вкотре було підтверджено на III Всеукраїнській науковій конференції «Синантропізація рослинного покриву України», яка відбулася 26-27 вересня 2019 року у Києві [6]. У колективній статті [7] наведені результати досліджень щодо синантропізації біоти ППСРМ загальнодержавного значення «Феофанія», вказуються види-втікачі з культури, особливо деревні види: *Acer negundo*, *Aesculus hippocastanum* L., *Ailanthus altissima*, *Quercus rubra* L., *Juglans mandshurica* Maxim., *J. regia* L., *Padus serotina*, *P. virginiana* (L.) Roem. тощо. Подана інформація про деякі однорічні трав'янисті рослини, які викликають фітоінвазії: *Bidens frondosa*, *Conium maculatum*, *Descurainia sophia*, *Erigeron canadensis*, *Impatiens parviflora* тощо.

Новизна. У роботі вперше наведений перелік інвазійних видів урочища Феофанія. За рівнем адаптації до екологічних умов виділено п'ять груп інвазійних чужорідних рослин, які характеризуються різноманітним ступенем впливу, щільністю поширення й ценотичною активністю видів.

Мета дослідження – встановити видовий склад інвазійних чужорідних видів рослин, дослідити їх сучасне поширення, виявити осередки на території урочища «Феофанія» (м. Київ та його околиці).

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Вивчаючи спонтанну флору урочища «Феофанія» (орієнтовно 600 видів судинних рослин) [7] було поставлене завдання скласти перелік інвазійних чужорідних видів рослин урочища у зв'язку з актуальністю питання і їх активністю поширення та з огляду на те, що подібні комплексні дослідження проводяться вперше. Слід зазначити, що низка чужорідних видів, які не віднесені до інвазійних, можуть стати такими в майбутньому, зайнявши через деякий час оптимальні місця зростання та здійснивши адаптивні зміни на генетичному рівні.

Методологічне або загальнонаукове значення. Об'єктом досліджень стали інвазійні види рослин, які зростають на території урочища «Феофанія»

та підлягають комплексним заходам щодо контролю і обмеження їх поширення. Дослідження проводилися маршрутно-польовим і напівстаціонарним методом. Авторами було здійснено понад 30 виходів (2017-2020 рр.), в ході яких склалися геоботанічні описи та популяційні дослідження, фотографування та збір гербарного матеріалу. За основу визначення інвазійності видів взято список чужорідних видів України з високою інвазійною спроможністю [8].

Регіон дослідження. Лісостепове урочище «Феофанія» розташоване на південно-західній околиці м. Києва. Урочище Феофанія прорізане глибокими балками із задернованими схилами і вузькими тальвегами. Найвиразніший елемент рельєфу – Феофаніївська (Хотівська) балка, долиною якої протікає Феофаніївський струмок. Абсолютні позначки рельєфу: середня висота – 167 м. н.р.м., найвища – 192 м. н.р.м.

В урочищі «Феофанія» репрезентовані ландшафти широколистяно-лісового типу з підвищеними акумулятивно-денудативними лесовими рівнинами і схилами із сірими, ясно- та темно-сірими лісовими суглинковими та легкосуглинковими ґрунтами [10]. Трапляються дерновопідзолисті та лучно-болотні ґрунти.

Урочище «Феофанія» з природно-заповідною територією (150 га) репрезентує угруповання корінної діброви з високою щільністю вікових дерев і похідних грабового лісу, наявні водно-болотні ділянки та фрагменти остепненої луки, які поєднуються зі штучними фітоценозами, каскадом штучних ставків, природними джерелами та струмками.

Виклад основного матеріалу. В умовах збільшення антропогенного впливу на довкілля підвищується рівень адвентизації рослинного покриву природоохоронних і рекреаційних зон саме через інтенсивне збільшення чисельності чужорідних видів та активне поширення інвазійних. Не оминули інвазійні рослини і територію урочища «Феофанія», тим більше, що розташоване воно на території м. Києва та його околиць. У результаті проведених досліджень виявлено 55 інвазійних видів для території урочища Феофанія (табл. 1).

Серед них за часом заносу за незначною кількістю переважають кенофіти – 29 видів, які складають 52,7% від загальної чисельності інвазійних видів і є характерними для флори України, що свідчить про активізацію процесів занесення у нинішній період і високу інвазійну спроможність. Археофіти нараховують 26 видів (47,3%) та представлені в основному епекофітами. Серед провідних родин зафіксовані *Asteraceae* (16 видів), *Brassicaceae* (8) та *Poaceae* (6). Ці родини типові для спектрів адвентивної флори багатьох регіонів помірної зони Голарктики.

Види інвазійних чужорідних рослин урочища «Феофанія» за ступенем натуралізації розподіляються на 4 групи. Найбільшою чисельністю видів за ступенем натуралізації представлені епекофіти

Характеристика чужорідних інвазійних видів рослин урочища «Феофанія»

№ п/п	Назва виду	Походження*	Ступінь натуралізації**	Життєва форма***	Фактор зволоження****	Фактор освітлення*****	Частота трапляння	Бар'єр
Археофіти								
1.	<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski	сер.-сх.-тур.	Agr.-ерс.	T	хер.-mes.	G	часто	F
2.	<i>Artemisia absinthium</i> L.	ір.-тур.	Ерс.	H	хер.-mes.	Sc.-g.	спорадично	E
3.	<i>Apera spica-venti</i> (L.) P. Beauv	нез.	Agr.-ерс.	T	mes.	G	спорадично	F
4.	<i>Atriplex sagittata</i> Borkh.	сер.-ір.-тур.	Ерс.	T	mes.	Sc.-g.	звичайно	E
5.	<i>Ballota nigra</i> L.	сер.-ір.-тур.	Agr.-ерс.	H	хер.-mes.	Sc.-g.	спорадично	F
6.	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	зах.-середз.	Agr.-ерс.	T	хер.-mes.	G	часто	F
7.	<i>Carduus acanthoides</i> L.	середземн.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	спорадично	E
8.	<i>Conium maculatum</i> L.	сер.-ір.-тур.	Ерс.	T	mes.	Sc.-g.	звичайно	E
9.	<i>Descurania sophia</i> (L.) Webb. ex Prantl	ір.-тур.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	звичайно	E
10.	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	аз.	Agr.-ерс.	T	mes.	G	спорадично	F
11.	<i>Galeopsis ladanum</i> L.	середземн.	Ерс.	T	mes.	Sc.-g.	зрідка	E
12.	<i>Hordeum murinum</i> L.	сер.-ір.-тур.	Ерс.	T	mes.-хер.	G	спорадично	E
13.	<i>Lepidium ruderales</i> L.	ір.-тур.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	звичайно	E
14.	<i>Lactuca serriola</i> Torner	сер.-ір.-тур.	Ерс.	T	хер.	G	часто	E
15.	<i>Malva neglecta</i> Wallr.	ір.-тур.	Ерс.	H	mes.	G	звичайно	E
16.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	сер.-ір.-тур.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	звичайно	E
17.	<i>Portulaca oleracea</i> L.	ір.-тур.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	часто	E
18.	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	середземн.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	спорадично	E
19.	<i>Salix fragilis</i> L.	мало.-аз.	Agr.	F	mes.	G	звичайно	F
20.	<i>Senecio vulgaris</i> L.	аз.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	звичайно	E
21.	<i>Setaria glauca</i> P. Beauv.	ін-малоаз.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	спорадично	E
22.	<i>Sinapis arvensis</i> L.	сер.-атл.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	звичайно	E
23.	<i>Sonchus arvensis</i> L.	середземн.	Ерс.	H	mes.	Sc.-g.	спорадично	E
24.	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	середземн.	Ерс.	T	mes.	G	зрідка	E
25.	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	середземн.	Ерс.	T	mes.	Sc.-g.	спорадично	E
26.	<i>Vicicia villosa</i> Roth	середземн.	Agr.-ерс.	T	хер.-mes.	Sc.-g.	часто	F
Кенофіти								
27.	<i>Acer negundo</i> L.	пн.-амер.	Agr.-ерс.	F	хер.-mes.	G.-sc.	часто	F
28.	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	п.-аз.	Ерс.	H	хер.	G	зрідка	E
29.	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	сх.-аз.	Agr.-ерс.	F	хер.-mes.	G	звичайно	E
30.	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	пн.-амер.	Ерс.	T	хер.-mes.	Sc.-g.	спорадично	E
31.	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	пн.-амер.	Agr.-ерс.	T	хер.-mes.	G	спорадично	F
32.	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	пн.-амер.	Agr.-ерс.	Ch.	mes.	Sc.-g.	зрідка	F
33.	<i>Asclepias syriaca</i> L.	пн.-амер.	Ерс.	H	хер.-mes.	G	спорадично	E
34.	<i>Bidens frondosa</i> L.	пн.-амер.	Agr.-ерс.	T	mes.	G	спорадично	F
35.	<i>Cannabis ruderalis</i> Janisch.	серед.аз.	Ерс.	T	хер.-mes.	G	звичайно	E
36.	<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.	пд.-свр.аз.	Agr.-ерс.	H	хер.-mes.	G	звичайно	E
37.	<i>Erigeron canadensis</i> L.	пн.-амер.	Agr.-ерс.	T	mes.-хер.	G	часто	F
38.	<i>Echinocystis lobata</i> (Mixch.) Torr. et A. Gray	пн.-амер.	Agr.-ерс.	T	mes.	Sc.-g.	спорадично	E
39.	<i>Elsholtzia ciliate</i> (Thunb.) Hyl.	аз.	Ерс.	T	mes.	Sc.-g.	звичайно	E
40.	<i>Impatiens parviflora</i> DC.	ц.-аз.	Agr.	T	mes.	Sc.	часто	F
41.	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	пд.-амер.	Ерс.	T	mes.	G	спорадично	F
42.	<i>Geranium sibiricum</i> L.	аз.	Ерс.	T	mes.	G.-sc.	спорадично	E
43.	<i>Helianthus tuberosus</i> L.	пн.-амер.	Erg.	H	хер.-mes.	G	зрідка	E
44.	<i>Heracleum mantegazzianum</i> Sommier & Levier	кав.	Agr.	H	mes.	Sc.-g.	поодинокі	E
45.	<i>Lepidium densiflorum</i> Schrad.	пн.-амер.	Ерс.	H	хер.-mes.	G	звичайно	E
46.	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	сер.-ір.-тур.	Erg.	T	mes.	G	звичайно	E

Продовження таблиці 1

47.	<i>Oenothera rubricaulis</i> Klebahn.	пн.-амер.	Ерс.	Т	хер.-мес.	Sc.-g.	спорадично	Е
48.	<i>Padus serotina</i> (Ehrh.) Borkh.	пн.-амер.	Ерг.	F	mes.	Sc.-g.	звичайно	F
49.	<i>Phalacrolooma annuum</i> (L.) Dumort.	пн.-амер.	Агр.-ерс.	Т	хер.-мес.	G	часто	F
50.	<i>Phalacrolooma septentrionale</i> (Fernald et Wiegand) Tzvel.	пн.-амер.	Агр.-ерс.	Т	хер.-мес.	G	спорадично	F
51.	<i>Reynoutria japonica</i> Houtt.	сх.-аз.	Ерг.	Н	mes.	Sc.-g.	зрідка	Е
52.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L	пн.-амер.	Ерг.	F	хер.-мес.	Sc.-g.	спорадично	F
53.	<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	сер. аз.	Ерс	Т	mes.-хер.	G	спорадично	Е
54.	<i>Solidago canadensis</i> L.	пн.-амер.	Агр.-ерс.	Н	хер.-мес.	Sc.-g.	часто	F
55.	<i>Xanthoxalis fontana</i> (Bunge) Holub	пн.-амер. і сх.-аз.	Ерс.	Т	хер.-мес.	Sc.-g.	часто	Е

Примітка* – «пн.-амер.» – північноамериканське, «пд.-амер.» – південноамериканське; «пн.-амер і сх.-аз.» – північноамериканське і східноазіатське, «середземн.» – середземноморське, «сер.-ір.-тур.» – середземноморсько-ірано-туранське, «сер.-сх.-тур.» – середземноморсько-східно-туранське, «зах.-сер.» – західносередземноморське, «ір.-тур.» – ірано-туранське, «сер.-атл.-евр.» – середземноморсько-атлантично-європейське, «сер.аз.» – середземноморське і азіатське, «аз.» – азіатське, «п.-аз.» – передньоазіатське, «сх.-аз.» – східноазійське, «ц.-аз.» – центральноазіатське, «серед.аз.» – середньоазіатське, «пд.-евр.аз.» – південноєвропейське і азіатське, «мало-аз.» – малоазіатське, «ін.-малоаз.» – індо-малоазіатське, «кав.» – кавказьке, «нез.» – нез'ясоване.

** – «Ерс.» – епекофіт; «Агр.» – агріофіт; «Агр.-ерс.» – агріо-епекофіт; «Ерг.» – ергазіофіт.

*** – «Т» – терофіт, «Н» – гемікриптофіт, «Ph.» – фанерофіт, «Ch.» – хамефіт.

**** – «mes.» – мезофіт, «mes.-хер.» – мезоксерофіт, «хер.-мес.» – ксеромезофіт, «хер.» – ксерофіт.

***** – «G» – геліофіт, «G.-sc.» – геліосциофіт, «Sc.-g.» – сциогеліофіт, «Sc.» – сциофіт.

(30 видів; 54,5%). У спектрі біоморф за тривалістю життєвого циклу цієї групи переважають однорічники – 24 види. Епекофіти мають також велике ценотичне значення, оскільки домінують у рослинному покриві повністю трансформованих біотопів.

На другому місці за чисельністю видів знаходяться агріо-епекофіти (17 видів; 30,9%). У спектрі життєвих форм переважають однорічники – 11 видів. Незначна представленість агріо-епекофітів пояснюється вузькими екологічними факторами території, що уможливило натуралізацію лише частини здатних дичавіти культурних видів.

Ергазіофіти представлені 5 видами (9,1%). Спектр життєвих форм різноманітний. Агріофіти представлені 3 видами (5,5%). До цієї групи віднесені види, які виявлені нами в 1-5 місцезростаннях, наприклад, *Heracleum mantegazzianum*, *Salix fragilis*. Останні зустрічаються в прибережно-водних екотопах долини струмка Віта. Спектр життєвих форм різноманітний.

Головними екологічними чинниками, які впливають на розподіл видів адвентивних рослин за екотопами, є відношення до вологості, ступінь освітлення, рельєф місцевості. За відношенням до водного режиму переважають ксеромезофіти – 29 видів (52,7%), друге місце займають мезофіти – 21 (38,2%), мезоксерофіти – 3 (5,5%) та найменше нараховують ксерофіти – 2 (3,6%).

Серед життєвих форм встановлено переважання терофітів – 37 видів рослин (67,3%), що загалом притаманно для чужорідних видів рослин. Інші групи менш численні: гемікриптофіти – 12 (21,8%), фанерофіти – 5 (9,1%) і хамефіти – 1 вид (1,8%). За відношенням до світла, як і в більшості адвентив-

них фракцій флор, спостерігається переважання геліофітів (33 види; 60%). Інші групи малочисельні: сциогеліофіти нараховують 19 видів (34,6%), геліосциофіти – 2 (3,6%), а сциофіти представлені 1 видом (1,8%).

Результати аналізу первинних ареалів інвазійних чужорідних видів рослин урочища «Феофанія» свідчать про переважання видів північноамериканського (16 видів; 29,1%), середземноморського та середземноморсько-ірано-туранського (по 7 видів; 12,7%), ірано-туранського (5; 9,1%) та азіатського (4; 7,3%) походження. Інші види рослин представлені незначною чисельністю і нараховують від 1 до 2 видів та становлять 29,1% від загальної чисельності видів.

За рівнем адаптації до умов регіону виділено п'ять груп, у розмежування яких здебільшого покладені ступінь, масовість поширення і ценотична активність видів:

1. Види, які поширюються активно та масово по всій території: **Археофіти:** *Anisantha tectorum*, *Capsella bursa-pastoris*, *Papaver rhoeas*, *Vicia villosa*. **Кенофіти:** *Acer negundo*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens frondosa*, *Erigeron canadensis*, *Impatiens parviflora*, *Phalacrolooma annuum*, *P. septentrionale*, *Robinia pseudoacacia*, *Solidago canadensis*.

2. Види, які поширюються активно та масово в окремих локалітетах: **Археофіти:** *Apera spicaventi*, *Salix fragilis*, *Echinochloa crusgalli*, *Carduus acanthoides*. **Кенофіти:** *Amorpha fruticosa*, *Asclepias syriaca*, *Cardaria draba*, *Echinocystis lobata*, *Heracleum mantegazzianum*, *Oenothera rubricaulis*.

3. Види, які поширені спорадично по всій території та активно формують сталі осередки: **Археофіти:** *Descurania sophia*, *Hordeum murinum*, *Lepidium*

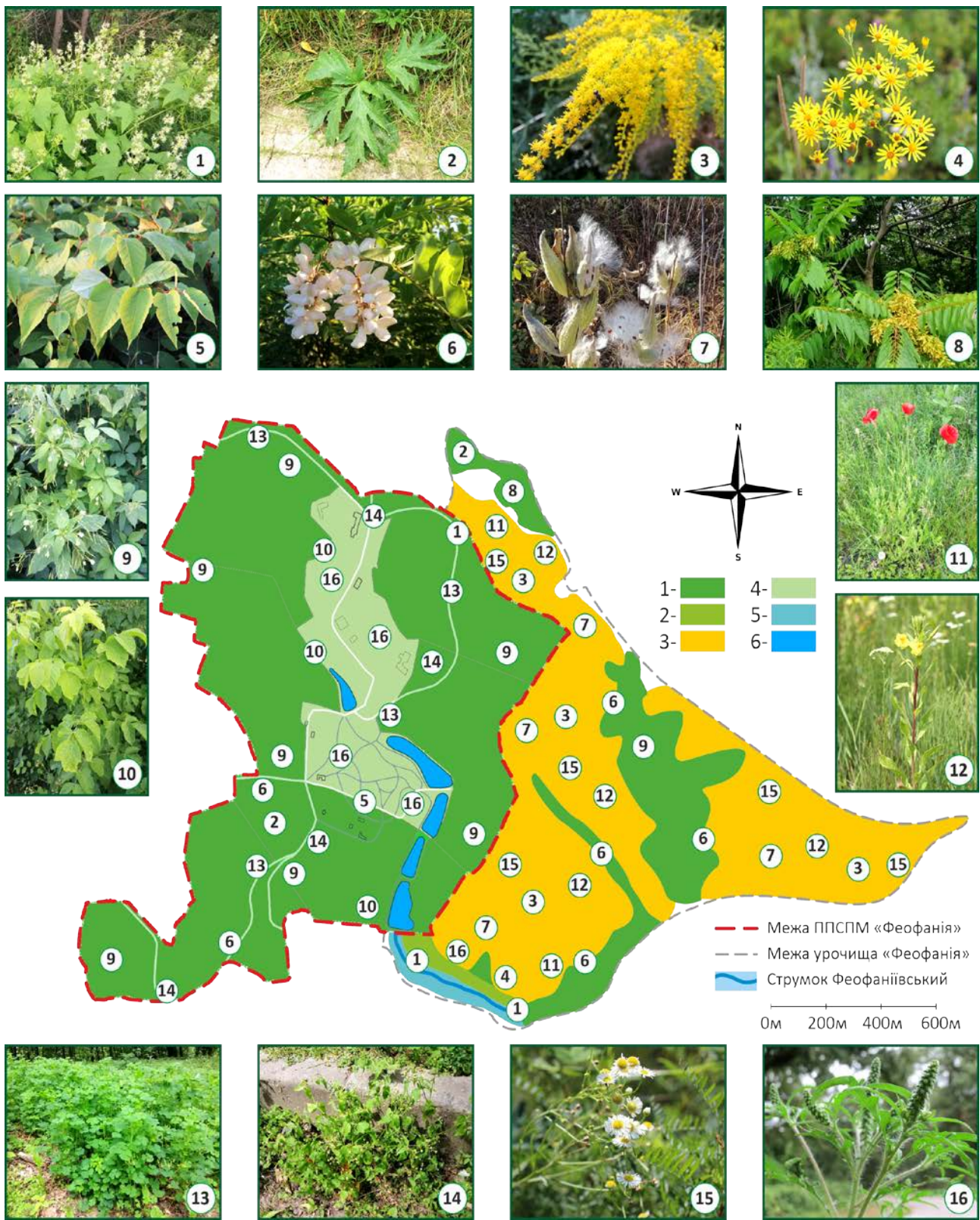


Рис. 1. Картосхема поширення деяких інвазійних чужорідних видів рослин в урочищі «Феофанія»

Умовні позначення до території урочища: 1 – біотопи фанерофітного типу (G); 2 – злаково-трав'янисті, мезо- та ксеротичні біотопи з домінуванням гемікриптофітів, що формуються в умовах помірного або недостатнього зволоження (луки, степи) (E); 3 – біотопи, сформовані господарською діяльністю людини (перелоги) (I), 4 – те саме, садово-паркові (I) біотопи; 5 – перезволожені біотопи трав'яного типу, болотна та прибережно-водна рослинність (D); 6 – біотопи континентальних водойм (C).

Інвазійні чужорідні види: 1. *Echinocystis lobata*; 2. *Heracleum mantegazzianum*; 3. *Solidago canadensis*; 4. *Senecio vulgaris*; 5. *Reynoutria japonica*; 6. *Robinia pseudoacacia*; 7. *Asclepias syriaca*; 8. *Ailanthus altissima*; 9. *Impatiens parviflora*; 10. *Acer negundo*; 11. *Papaver rhoeas*; 12. *Oenothera rubricaulis*; 13. *Xanthoxalis fontana*; 14. *Galinsoga parviflora*; 15. *Phalacrolooma annum*; 16. *Ambrosia artemisiifolia*.

densiflorum, *Lepidium ruderalis*, *Lolium multiflorum*, *Portulaca oleracea*. **Кенофіти:** *Galinsoga parviflora*, *Helianthus tuberosus*, *Padus serotina*, *Reynoutria japonica*, *Xanthoxalis fontana*.

4. Види, які повсюдно поширені по всій території, але помірно активні: **Археофіти:** *Artemisia absinthium*, *Atriplex sagittata*, *Ballota nigra*, *Conium maculatum*, *Galeopsis ladanum*, *Lactuca serriola*, *Malva neglecta*, *Raphanus raphanistrum*, *Senecio vulgaris*, *Setaria glauca*, *Sinapis arvensis*, *Sonchus arvensis*, *S. asper*, *S. oleraceus*. **Кенофіти:** *Amaranthus retroflexus*, *Elstolzia ciliate*, *Geranium sibiricum*, *Sisymbrium loeselii*.

5. Види з високим ступенем інвазійності у локальних мікросередках: **Кенофіти:** *Acroptilon repens*, *Ailanthus altissima*, *Cannabis ruderalis*.

Окремо слід вказати на наявність на території урочища «Феофанія» потенційно інвазійних видів, які в регіоні відомі здавна, але дотепер не виявляли активності, хоча активно поширені у сусідніх регіонах або недавно занесені і виявляють тенденцію до більш широкого розповсюдження. Серед них *Centaurea diffusa* Lam., *Digitaria ischaenum* (Schreb.) Muenl., *Lathyrus tuberosus* L., *Vicia tetrasperma* (L.) Schreb. Ці види формують сталі осередки, але їхня активність не є постійною. У різні роки фіксувалося як активне поширення, так і пригнічення їх розповсюдження. Картосхему поширення деяких інвазійних чужорідних видів рослин в урочищі подано на рис. 1.

Оцінюючи характер поширення інвазійних рослин в урочищі було встановлено, що більшість із них трапляються спорадично (22 види; 37,9%). Це зумовлено різноманітністю біотопів і специфікою рельєфу місцевості урочища. Друге місце посідають види, які поширені звичайно (14; 24,1%), це види, які приурочені до конкретного типу біотопу та втікачі з культури. На третьому місці – види, які поширені часто (11; 19,0%). Здебільшого це інвазійні види рослин, які активно охоплюють усі біотопи, змінюючи їх структуру. Зрідка (8; 13,8%) трапляються види, що зайняли свої біотопи, але за невідомих причин не поширилися далі. Найменше значення у видів, які поширені поодинокі (3; 5,2%). Це також види зі значними можливостями до проникнення у різні біотопи, проте зафіксовані на території урочища відносно недавно та не набули широкого розповсюдження.

Враховуючи специфіку ландшафтних умов регіону дослідження (особливо ґрунтово-кліматичних), слід зауважити, що поширення інвазійних видів рослин чітко залежить від різноманіття ценозів урочища. У лісових ценозах активно поширився *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*, утворивши активний підріст. *Impatiens parviflora* займає практично весь трав'янистий покрив. Лучні ценози успішно заселяють *Phalacrolooma annuum*, *Solidago canadensis*, *Asclepias syriaca*, *Oenothera rubricaulis*.

Уздовж долини струмка Віта поширилися *Echinocystis lobata* та *Salix fragilis*. Проте більшість

інвазійних видів поширюються рудеральними ценозами: *Anisantha tectorum*, *Xanthoxalis fontana*, *Lepidium densiflorum*, *Erigeron canadensis* та інші. Ймовірно, надалі тут можливо очікувати більш широкого поширення насамперед втікачів із культури *Ailanthus altissima*, *Quercus rubra*, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Padus serotina* та чужорідних видів роду *Heracleum* L.

Чужорідні види, натуралізуючись у нових умовах, долають певні бар'єри [11; 12]. Більшість інвазійних чужорідних видів урочища подолали Е-бар'єр – 36 видів. Тут спостерігається репродуктивне поновлення популяції та ефективне поширення діаспор по всій території дослідження. Переважна кількість видів, що подолали цей бар'єр, зосереджені у трансформованих біотопах. Найбільш активні виявляють стабільну тенденцію до вкорінення у напівприродні біотопи, де поширені поодинокі або невеликими групами, зрідка формують більш-менш значні осередки. Серед цих видів переважають археофіти (19 видів).

Видів, які натуралізувалися на фітоценотичному рівні, тобто подолали F-бар'єр, менше (19 видів), проте вони активно поновлюють популяції та більш або менш масово поширюються як у штучних екотопах, так і у напівприродних. Серед цих видів переважають кенофіти (17 видів). Види, що подолали F-бар'єр, характеризуються активним поширенням по всій території урочища; види, які не подолали Е-бар'єр, розповсюджені переважно спорадично чи локально.

Головні висновки. Таким чином, у ході проведених польових досліджень встановлено, що інвазійні чужорідні рослини урочища «Феофанія» складають 55 видів. У результаті аналізу за часом заносу та ступенем натуралізації інвазійних видів рослин урочища встановлено переважання кенофітів та епекофітів. Це пов'язано з інтенсивним розвитком інфраструктури м. Києва, що призводить до формування різноманітних штучних екотопів.

Серед життєвих форм інвазійних видів рослин переважають однорічні трав'янисті монокарпіки, за відношенням до вологості домінують ксеромезофіти, до інтенсивності освітлення – геліофіти, що є притаманним для чужорідних видів рослин. У результаті аналізу первинних ареалів інвазійних чужорідних видів рослин урочища «Феофанія» з'ясовано переважання північно-американських видів. Більшість інвазійних видів урочища пройшли Е-бар'єр і поширені спорадично по всій території.

Перспективи використання результатів дослідження. У майбутньому будуть розроблені заходи щодо припинення інвазійного впливу на природні та напівприродні біотопи урочища «Феофанія». Серед них потрібно продовжити моніторинг поширення інвазійних чужорідних видів рослин і запровадити дії, розроблені на основі «Національної стратегії щодо інвазійних чужорідних видів».

Література

1. Global Strategy on Invasive Alien Species. Convention of Biological Diversity, SBSTTA Sixth Meeting. Montreal, 2001. 52 p.
2. Scalera R., Genovesi P. Guidance for governments concerning invasive alien species pathways action plans. Strasbourg, 2016.
3. Genovesi P., Shine C. European strategy on invasive alien species. (Council of Europe Press, 2004).
4. Протопопова В.В., Шевера М.В., Мосякін С.Л., Соломаха В.А., Соломаха Т.Д., Васильєва Т.В., Петрик С.П. Інвазійні види у флорі Північного Причорномор'я. К. : Фітосоціоцентр, 2009. 56 с.
5. Федорончук М.М., Зав'ялова Л.В., Кучер О.О., Коломійчук В.П., Конякін С.М., Лисогор Л.П., Прядко О.І. Синантропізація флори та рослинності – серйозна загроза біорізноманіттю. III Всеукраїнська наукова конференція «Синантропізація рослинного покриву України». *Вісник НАН України*. 2020, № 1. С. 62–67.
6. Синантропізація рослинного покриву України. III Всеукраїнська наукова конференція, 26-27 вересня 2019 року, м. Київ. Збірник наукових статей. Київ : Наш формат, 2019. 184 с.
7. Радченко В.Г., Бурда Р.І., Пашкевич Н.А., Конякін С.М., Крохмальний О.Ф., Гапонова Л.П., Матяшук Р.К., Шупова Т.В., Дубровський Ю.В. Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва Феофанія – осередок біотичного різноманіття урбаноеко-системи Києва. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2019. Вип. 25. Том. 1. С. 138–146.
8. Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ : Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. 2002. 32 с.
9. Бурда Р.І., Пашкевич Н.А., Бойко Г.В., Фіцайло Т.В. Чужорідні види охоронних флор Лісостепу України. Київ : Наукова думка, 2015. 116 с.
10. Баршевська Н.М., Тютюнник Ю.Г. Ландшафтне різноманіття території паркових зон м. Києва (на прикладі парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Феофанія»). *Фізична географія та геоморфологія*. 2014. Вип. 3(75). С. 70–74.
11. Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta D.D., West C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distribution*. 2000. № 6. P. 93–107.
12. Pyšek P., Richardson D.M., Rejmánek M., Webster G., Williamson M., Kirschner J. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon*. 2004. Vol. 53(1). P. 131–143.

УДК 595.771

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.27>

ЕКОЛОГО-МОРФОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОШОК (DIPTERA, SIMULIIDAE) СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я

Павліченко В.І.

Запорізький державний медичний університет
проспект Маяковського, 26, 69000, м. Запоріжжя
pavlichenko.victor@gmail.com

Встановлено, що сучасну фауну мошок малих річок і струмків степового Придніпров'я складають 16 видів із 8 родів. Досліджено загальну мікрофлору (*Citobacter freundii*, *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus muscae*, *Bacillus coagulans*, *Bac. lentus* і *Bac. firmus*) різних фаз розвитку *Wilhelmia pseudequina* Seg.: внутрішня мікрофлора за чисельністю переважає зовнішню в 3-5 разів. Розглянуто роль ціанобактерій і водоростей у живленні личинок – зі 134 таксонів водотоків 91 використовується як харчовий компонент.

Підвищення температури у водоймі з 10°C до 20°C позитивно корелює зі швидкістю живлення личинок, яка збільшується майже вдвічі. Ці спостереження доводять, що проведення протиличинкових обробок з урахуванням температури водоймі буде більш економічним і ефективним. У біотопах розвитку преімагінальних фаз природними регуляторами їх чисельності є мікроспоридії, целоміцидії і личинки трьох видів волохокрильців (*Hydropsyche angustipennis* Curt, *H. pellucidula* Curt, *H. ornatula* Mc.). У кишківниках 42,35% особин домінантного виду *H. angustipennis* Curt виявлені яйця (до 58 штук в одного волохокрильця), личинки здебільшого молодших стадій (до 80,62%) та лялечки масових видів симулід.

Встановлено, що структура статі личинок *W. pseudequina* Seg. залежить від віку та сезону (генерації). Так, серед личинок молодшого віку (2-ої та 3-ої стадії) відношення чисельності самиць до самців в особин зимової генерації становить 1:1,32, у особин літньої генерації 1:2,01, а в особин осінньої генерації – 1:2,62. Натомість для личинок старшого віку (4-ої та 6-ої стадії) перевага самців була характерна тільки для літньої генерації, а взимку та восени переважали самиці. Серед імаго також влітку було більше самців, а восени – самиць.

Вивчення індивідуальної, генераційної (сезонної) та біотопічної мінливості 10 діагностичних ознак личинок *W. pseudequina* Seg. показали, що самицям властива більша норма реакції, ніж самцям, що підтверджує необхідність урахування статі в таких дослідженнях. За допомогою фенетичного аналізу головної капсули у личинок *Nevermannia lundstromi* End. вперше виділено та досліджено 53 фена (18 основних і 35 рідкісних), а в імаго самиць *W. pseudequina* Seg. – 36 фенів крила таксономічного значення. **Ключові слова:** Simuliidae, мошки, степове Придніпров'я, фауна, личинки, живлення, природні регулятори, мінливість, фени, *Wilhelmia pseudequina* Seg., *Nevermannia lundstromi* End.

Ecological and morphological research of blackflies (Diptera, Simuliidae) of the Dnieper river steppe region. Pavlichenko V.

In the article it has been established that the modern blackflies fauna of small rivers and streams of the Dnieper river steppe region consists of 16 species from 8 genus. The general microflora (*Citobacter freundii*, *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus muscae*, *Bacillus coagulans*, *Bac. lentus* and *Bac. firmus*) of different phases of *Wilhelmia pseudequina* Seg. development has been studied. The internal microflora outnumber the external one by 3-5 times.

The role of cyanobacteria and algae in the nutrition of larvae has been considered and studied that 91 of the 134 watercourse taxa are used as a food component. The increase in body of water temperature from 10°C to 20°C is positively correlated with the feeding rate of larvae, which increases almost twice. These observations suggest that anti-larval treatments based on water temperature will be more economical and efficient. In the development biotopes of preimaginal phases the natural regulators of their numbers are microsporidia, coelomycetes and larvae of three caddisflies species (*Hydropsyche angustipennis* Curt, *H. pellucidula* Curt, *H. ornatula* Mc.).

In the intestines of 42.35% of *H. angustipennis* Curt dominant species individuals has been found eggs (up to 58 pieces in one caddisfly), mostly younger stages larvae (up to 80.62%) and pupae of simuliidae mass species. It has been found that the sex structure of the *W. pseudequina* Seg. larvae depends on age and season (generation). Thus, among the larvae of younger age (2nd and 3rd stage) the ratio of the number of females to males in individuals of winter generation was 1:1.32, in individuals of summer generation it was 1:2.01 and in individuals of autumn generation – 1: 2.62. The advantage of males among older larvae (4th and 6th stages), however, was characteristic only for the summer generation and females predominated in winter and autumn. There were also more males in summer and females in autumn among the imagoes.

Study of individual, generational (seasonal) and biotopic variability of 10 diagnostic features of *W. pseudequina* Seg. larvae showed that females have a higher rate of response than males, which confirms the necessity of take into account gender in such studies. 53 phens (18 main and 35 rare) of the *Nevermannia lundstromi* End. larvae and 36 wing taxonomic significance phens of the *W. pseudequina* Seg. imagoes has been studied for the first time by phenetic analysis of the main capsule. **Key words:** Simuliidae, blackflies, Dnieper river steppe region, fauna, larvae, nutrition, natural regulators, variability, phens, *Wilhelmia pseudequina* Seg., *Nevermannia lundstromi* End.

Постановка проблеми. На території України встановлено поширення близько 284 видів кровосисних двокрилих (Diptera) [1; 2]: москітів (*Phlebotomidae*) – 7 (2,46%), комарів (*Culicidae*) – 58 (20,42%), гедзів (*Tabanidae*) – 63 (22,19%), мокреців (*Ceratopogonidae*) – 66 (23,24%), але найбільша

таксономічна різноманітність характерна для мошок (*Simuliidae*) – 90 (31,69%), вивченню еколого-морфологічних особливостей яких присвячена робота.

Актуальність дослідження. Мошки – настирливі кровососи людини і тварин. Від їх укусів у людини підвищується температура тіла до +38°C,

виникають набряки в місцях укусів, знижується працездатність, у тварин фіксується погіршення умов пасовищного режиму, зниження молочної і м'ясної продуктивності.

У 13 областях України реєструється захворювання симуліїдотоксикоз великої рогатої худоби, що часто закінчується летально [3]. Кровосисні мошки також є специфічними переносниками збудників онхоцеркозу людини і тварин, вердикмансиозу маралів, гемоспоридіозу і трипаносомозу птахів, анаплазмозу великої рогатої худоби, лейкоцитозоонозу тощо.

Морфологічна одноманітність симулід викликає великі труднощі при діагностиці та породжує синонімію або переопис таксонів. Так, А.А. Панченко [4] нараховує у фауні України 104 види, але більш глибоким дослідженням К.Б. Сухомлін та О.П. Зінченко [2] в межах України нині зареєстровано лише 90 видів.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями полягає у вивченні екології та меж мінливості діагностичних ознак різних стадій розвитку масових видів регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження кровосисних мошок у степовому Придніпров'ї розпочато у 1960 році В.Ф. Євлаховою, Г.А. Сербиненко та М.І. Потаповим у зоні Каховського водосховища, продовжено у 1963 році А.Г. Топчієвим на Дніпропетровщині, а з 1974-2008 років – В.І. Павліченко у Запорізькій, Луганській та Донецькій областях [1].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Мета роботи – дослідити регіональні екологічні фактори впливу на структуру та динаміку преімагінальних та імагінальних геміпопуляцій кровосисних мошок.

Новизна. Наведення узагальнених даних багаторічного моніторингу фауни, морфології та екології симулід степового Придніпров'я.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Матеріалом для написання роботи слугували власні збори водних фаз та імаго, проведені за загальновищаними методиками [5]. Вперше при дослідженні мошок використані мікробіологічні [6], альгологічні [7, 8] та фенетичні методи [9].

Виклад основного матеріалу. Як відомо, степова зона України характеризується невеликою кількістю опадів (300-550 мм), помірно континентальним кліматом, бідною рослинністю та слабкою річковою сіткою, густина якої досягає всього 0,05-0,16 км/км². Тільки 14 річок перевищують довжину 100 км, а інші водотоки є малими річками (від 10 до 100 км) і струмками (до 10 км). Влітку в степових річках значно падає рівень води, а швидкість течії зменшується до 0,1-0,2 м/с. Багато річок зарегульовано, а деякі пересихають. Все це викликає різке скорочення розвитку преімагінальних фаз мошок.

Біотопи розвитку мошок досліджуваного регіону. Ріки, малі річки та струмки степового Придніпров'я, в яких відбувається розвиток преімагінальних фаз мошок, характеризуються різними екологічними умовами, що зумовлює видовий склад і чисельність цих комах. Вони займають ділянки з чистою або дещо забрудненою водою, яка має течію від 0,1 до 1,5 м/с і більше. Ріка Дніпро, яка зарегульована каскадом водосховищ, втратила своє значення для розвитку мошок, але до побудови Каховського водосховища тут розвивалися *Byssodon maculatus* Mg. і *Schoenbaueria nigra* Mg.

Нині біотопи мошок зустрічаються на окремих ділянках річок Орель, Самара, Конка, Мокра Московка, Волнянка. Їх ширина складає 1-20 м і більше на окремих ділянках, глибина – від 0,2 до 5 м, дно мулисте та піщане, швидкість течії – 0,2-0,8 м/с, а під час паводку – 1 м/с і більше. Температура води влітку становить 16-26°C. Значний розвиток мошок відбувається також у струмках різного походження. Їх ширина до 1,5 м, глибина 0,1-0,5 м, на дні – пісок, мул або галька, швидкість течії 0,3-0,6 м/с, температура води влітку 20-28°C.

Згідно наших досліджень, фауну мошок малих річок і струмків степового Придніпров'я складають 16 видів із 8 родів (*Cnephia pallipes* Fries., *Nevermannia angustitarsis* Lundstr., *N. lundstromi* End., *Eusimulium angustipes* Edw., *E. aureum* Fries., *Wilhelmia balcania* End., *W. equina* L., *W. lineata* Mg., *W. pseudequina* Seg., *Boophthora erythrocephala* De Geer, *Odagmia argyreata* Mg., *O. baracornis* Smart, *O. intermedia* Roub., *O. ornata* Mg., *Argentisimulium noelleri* Fried., *Simulium morsitans* Edw.). Серед них є масові види – *N. angustitarsis* Lundstr., *N. lundstromi* End. і *W. pseudequina* Seg., преімагінальний розвиток яких відбувається на *Oenanthe* sp., *Butomus umbellatus*, *Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus*, *P. natans*, *Potamogeton* sp., *Scirpus lacustris*, *Eleocharis* sp., *Thypha latifolia*, *T. angustifolia*, *Carex* sp., *Sparganium* sp. та інші субстрати.

Екологічні фактори впливу на чисельність геміпопуляцій личинок: бактерії, ціанобактерії, водорості, мікроспоридії, целоміцидії, волохокрильці та інші.

Роль бактерій. І.А. Рубцов [5] вважає їх основною їжею личинок некровосисних видів мошок. Проведене нами [6] вивчення видового складу чотирьох груп бактеріальної мікрофлори (стафілококи, стрептококи, кишкові палички та спорові аероби) покритив і кишечника личинок мошок *W. pseudequina* Seg. дозволило встановити таке. Група стафілококів представлена трьома непатогенними штамми (плазму не коагулюють, гемолітично неактивні), віднесеними до видів *Staphylococcus muscae* і *Staphylococcus* sp. Серед стрептококів переважав *Streptococcus faecalis*, що є санітарно-показовим видом мікроорганізмів. Кишкові палички були представлені двома видами – *Citrobacter freundii*

i Escherichia coli, які також мають певне санітарно-показове значення. Зі спорових аеробних мікроорганізмів виділено 4 штами, диференційовані як *Bacillus firmus*. Тільки зі змивів з покриттів виділені *B. lentus* і *B. coagulans*.

Описана мікрофлора надходить у кишківники личинок із навколишнього середовища. Про це свідчить спільність видів бактерій, виділених із кишечника та покриттів. Кількісне порівняння вивчених груп бактерій показало, що домінуюче положення в кишечниках личинок мошок займають неспороутворюючі бактерії.

Роль ціанобактерій і водоростей у живленні личинок. Водорості як харчовий компонент личинок мошок характеризують І.А. Рубцов [5] та інші. Наші дослідження [7, 8] альгофлори степових річок Вольнянки, Мокрої Московки та струмків дозволили виявити в них 134 таксони видового і внутрішньовидового рангу із 4 відділів – *Cyanobacteria*, *Euglenophyta*, *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, але в кишечниках личинок діагностовано лише 91 (67,91%), що видно з узагальнених даних табл. 1.

Будь-якої трофічної спеціалізації не виявлено, але встановлено певний зв'язок між кількісним розвитком планктонних водоростей та ціанобактерій і їх чисельністю у кишківниках личинок. Так, у річках домінували діатомові водорості, а в струмках – ціанобактерії. Як відомо, останні мають більшу харчову цінність порівняно з водоростями, що, можливо, і зумовило більш високу чисельність личинок мошок у струмках – 120 особин на 1 дм² субстрату.

Наявність у їжі личинок санітарно-показових організмів серед бактерій (3 види) і водоростей (17 видів) свідчить про деяке забруднення водойм, у яких розвиваються ці види мошок.

Експериментальним шляхом на одному зі стаціонарних біотопів було встановлено, що підвищення температури у водоймі з 10°C до 20°C позитивно корелює зі швидкістю живлення личинок, яка теж збільшується майже вдвічі (табл. 2) [10]. Отримані дані підтверджують результати лабораторних дослідів Lacey L.A., Mulla M.S. [11]. Ці спостереження свідчать, що проведення протиличинкових обробок з урахуванням температури водойм, можливо, буде більш економічним та ефективним.

Мікроспориції та целоміцидії як регулятори чисельності преімагінальних фаз мошок. Ураженість личинок мікроспориціями у водоймах степового Придніпров'я у зимово-весняний період низька (1-2%), влітку вона підвищується (10-18%), а восени сягає максимуму (в окремих водоймах – до 45%) та викликає збільшення довжини тіла (від 6,8 мм до 8 мм), ваги (від 4,83 мг до 9,3 мг), кількості променів великого віяла (на 15,52%) та рядів гачків у задньому прикріпному органі (на 12,89%) [12].

На Донбасі мікроспорицидиозі симулід досягають 70%, що можна пояснити більшим антропогенним навантаженням регіону [13].

У досліджуваних біотопах личинки мошок уражені (на 3,1%) також водояним грибом целоміцидієм (*Coelomycidium simulii Debaisieux*). Уражені личинки набувають бурого кольору, задній кінець їхнього

Таблиця 1

Ціанобактерії та водорості з кишечників личинок мошок

Відділ	Кількість видів	У річках	У струмку
<i>Cyanobacteria</i>	9 (9,89%)	5 (9,80%)	7 (10,45%)
<i>Euglenophyta</i>	9 (9,89%)	5 (9,80%)	7 (10,45%)
<i>Chlorophyta</i>	25 (27,47%)	17 (33,33%)	20 (29,85%)
<i>Bacillariophyta</i>	48 (52,75%)	24 (47,07%)	33 (49,25%)
Всього	91 (100%)	51 (100%)	67 (100%)

Таблиця 2

Ступінь наповнення кишечника личинок мошок частинками вугілля при різних строках живлення та температурі водойми

Строк живлення у хвиликах	Кількість личинок	% наповнення кишечника (кількість личинок)		
Дослід при 10°C				
10	60	20 (18)	25 (30)	30 (12)
20	53	40 (35)	80 (13)	100 (5)
30	86	50 (15)	80 (45)	100 (26)
60	74	80 (5)	100 (8)	30 (61)*
Дослід при 20°C				
10	61	40 (42)	60 (19)	-
20	59	50 (10)	80 (8)	100 (41)
30	66	100 (5)	80 (61)*	-
40	74	У кишечниках вугілля відсутнє		

Примітка: в дужках показана кількість личинок у досліді; зірочкою передано передню частину кишечника вже без вугілля.

тіла значно товстішає, імагінальні диски не розвиваються, статеві зачатки відсутні. По всьому тілу личинок виявляються спороцисти діаметром 96-230 мкм (рис. 1: В). Хворі личинки трохи крупніші за здорових, але таких значних змін, як при мікроспоридіозах, не відбувається. Як при мікроспоридіозах, так і при целоміцидіозах інтенсивно уражені личинки гинуть. У лялечок мошок мікроспоридії і целоміцидії не виявлені [12].

За результатами досліджень проточних водойм Волинського Полісся загалом мікроспоридії вражають 10,6% личинок, а целоміцидії – 2,9% [14].

Вплив волохокрильців на чисельність преімагінальних фаз мошок досліджено у личинок трьох видів: *Hydropsyche angustipennis* Curt, *H. pellucidula* Curt, *H. ornatula* Mc. У кишківниках 42,35% особин домінуючого виду *H. angustipennis* Curt виявлені яйця (до 58 штук в одного волохокрильця), личинки здебільшого молодших стадій (до 80,62%) і лялечки масових видів симулід [15]. З огляду на те, що мошки зустрічаються в їжі волохокрильців протягом декількох місяців і у великій кількості, їх можна вважати значним фактором обмеження чисельності кровосисних мошок, особливо *W. pseudequina* Seg.

Співвідношення статі личинок *W. pseudequina* Seg. У личинок цього виду стать діагностується візуально (рис. 1: А, Б). Встановлено, що структура статі залежить від їх віку та сезону (генерації). Так, серед личинок молодшого віку (2-ої та 3-ої стадії) відношення чисельності самиць до самців у особин зимової генерації становить 1:1,32, у особин літньої генерації 1:2,01, у особин осінньої генерації – 1:2,62. Натомість для личинок старшого віку (4-ої та 6-ої стадії) перевага самців була характерна тільки для літньої генерації, а взимку та восени переважали самиці. Серед імаго також влітку було більше самців, а восени – самиць [1].

Вивчення індивідуальної, генераційної (сезонної) та біотопічної мінливості 10 діагностичних ознак личинок *W. pseudequina* Seg. показали, що самицям властива більша норма реакції ніж самцям, що підтверджує необхідність врахування статі у подібних дослідженнях [17].

Фенетичні дослідження мошок. У 80-і рр. минулого століття отримала розвиток нова біологічна дисципліна – фенетика, яка вивчає мінливість видів шляхом виділення елементарних, дискретних та альтернативних ознак – фенів [18]. За допомогою фенетичного аналізу головної капсули у личинок *N. lundstromi* End. вперше виділено та досліджено 53 фени (18 основних і 35 рідкісних), а в імаго самиць *W. pseudequina* Seg. – 36 фенів крила [9, 19, 20].

У личинок симулід місця прикріплення м'язів на лобі головної капсули мають характерні для різних родів і видів групи плям. Досліджуваний вид має хрестоподібний рисунок, який утворюють 8 груп плям різного розміру, розділених нами на фени лобового (31), щічного (4) та вентрального (18) склери-

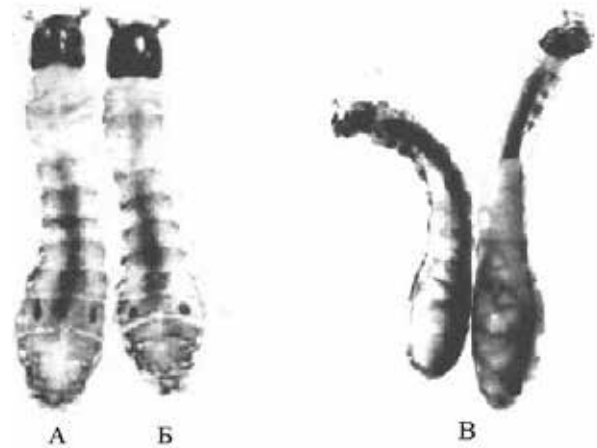


Рис. 1. Личинки *Wilhelmia pseudequina*: самиці (А), самиця (Б) та уражені грибом *Coelomycidium similii*

тів. Серед фенів лобового склерита тільки 4 (95%) зустрічалися протягом 10 років. За цей же період частота щічних фенів коливалася від 0 до 100%, у вентральних концентрація фена № 1 у 1975 році складала 4,0%, а в 1985 році вона досягла 16,25%, а концентрація фена № 2 із 96,0% знизилася до 61,25%.

Таксономічне значення має також будова крила мошок, яке описав І.А. Рубцов [5] та вказав на наявність на них 2-х чуттєвих органів (кілець). Ми доповнили ці дані ще двома чуттєвими органами, що знаходяться на радіальних жилках. За місцем розташування, кількістю, розміром і формою кілець виділено 4 групи фенів крила самиць *W. pseudequina* Seg.: 1) місце з'єднання другої радіальної жилки і загального стволика медіальних жилок – 9 фенів; 2) на субкостальній жилці – 14 фенів; 3) на першій радіальній жилці – 6 фенів; 4) на другій радіальній жилці – 7 фенів. Детальний аналіз виділених фенів наведено у попередніх публікаціях [19; 20]. Білоруські симулідологи [21] також звернули увагу на структури крила самиць і використали їх для діагностики патогенних видів мошок Полісся Білорусі.

Головні висновки. Встановлено склад сучасної фауни мошок степового Придніпров'я. Досліджено загальну мікрофлору різних фаз розвитку *W. pseudequina* Seg. Розглянута роль ціанобактерій і водоростей у живленні личинок – зі 134 таксонів водотоків 91 використовується як харчовий компонент.

Доведено, що підвищення температури у водоймі з 10°C до 20°C позитивно корелює зі швидкістю живлення личинок, яка збільшується майже вдвічі. Виявлено, що у біотопах розвитку преімагінальних фаз природними регуляторами їх чисельності є мікроспоридії, целоміцидії і личинки волохокрильців. Показано, що співвідношення статі личинок *W. pseudequina* Seg. залежить від їх віку та сезону (генерації), самицям властива більша норма реакції, ніж самцям. Досліджено фенотип личинок *N. lundstromi* End та імаго самиць *W. pseudequina* Seg.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані фауністичні, еколого-морфологічні та фенетичні дані актуальні для наукових досліджень і практичного використання.

Література

1. Воронова Н.В., Горбань В.В., Павліченко В.І. Кровосисні двокрилі (*Diptera*) степового Придніпров'я : монографія. Запоріжжя : ЗНУ, 2008. 208 с.
2. Сухомлін К.Б., Зінченко О.П. Таксономічна різноманітність мошок (*Diptera, Simuliidae*) України. *Український ентомологічний журнал*. 2016. № 1-2 (11). С. 38–45.
3. Катюха С.М. Кровосисні мошки в умовах Західного Полісся України та розробка методів боротьби з ними : автореф. дис. канд. вет. наук. Харків, 2006. 19 с.
4. Панченко А.А. Біорізноманіття України: Естественноисторическое изучение семейства мошек (*Diptera, Simuliidae*). Донецк : ДНУ, 2004. 169 с.
5. Рубцов И.А. Мошки (*сем. Simuliidae*). Фауна СССР. Двукрылые. М., Л. 1956. Т. 6. Вып. 6. 860 с.
6. Павліченко В.І., Павліченко В.М. Про деякі бактерії, виділені з мошок *Wilhelmia mediterranea* Puri. *Мікробіологічний журнал*. 1977. Вип. 2. С. 224–225.
7. Павліченко В.І. Водорості деяких водойм Дніпровського басейну. *Український ботанічний журнал*. 1979. Т. 35, № 5. С. 490–492.
8. Павліченко В.І., Шевченко А.К., Стеблюк М.В. К изучению спектра питания личинок мошек (*Diptera, Simuliidae*). *Вестник зоологии*. 1977. № 1. С. 64–68.
9. Павліченко В.І. Фенетический анализ как метод исследования популяций мошек (*Diptera, Simuliidae*). *Вісник Запорізького національного університету* : збірник наукових статей. Фізико-математичні науки. Біологічні науки. Запоріжжя : ЗНУ, 2005. С. 140–144.
10. Павліченко В.І. Материали по изучению питания личинок средиземноморской мошки *Wilhelmia mediterranea* (*Simuliidae*). *Паразитология*. 1983. Том 17. 4. С. 309–311.
11. Lacey L.A., Mulla M.S. Factors affecting feeding rates of black fly larvae. *Mosquito News*. 1979. V. 39. № 2. P. 315–319.
12. Павліченко В.І. Микроспоридии и целомицидии личинок мошек в водоемах Запорожской области. *Вестник зоологии*. 1982. № 3. С. 81–82.
13. Маслодудова Е.Н. Кровососущие мошки (*Diptera, Simuliidae*) и их зараженность микроспоридиями в Донбассе. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. 2020. № 1–2. С. 43–51.
14. Теплюк В.С. Роль мошок у гідробіоценозах Волинського Полісся. *Наук. вісн. Східноєвропейського нац. ун-ту ім. Лесі Українки*. 2013. № 10. С. 140–143.
15. Павліченко В.І. Роль личинок *Hydropsyche angustipennis* Curt. (*Trichoptera, Hydropsychidae*) в уничтожении личинок мошек в проточных водоемах Запорожской области. *Экология*. 1977. № 1. С. 104–105.
16. Павліченко В.І. Морфологическая изменчивость личинок средиземноморской мошки (*Wilhelmia mediterranea* Puri): половой диморфизм. *Биологические науки*. 1980. № 6. С. 45–48.
17. Павліченко В.І. Фауна и некоторые вопросы морфологии и экологии мошек (*Diptera, Simuliidae*) Запорожской области : автореф. дис. канд. биол. наук. К., 1978. 20 с.
18. Яблоков А.В. Состояние исследований и некоторые проблемы фенетики популяций. *Фенетика популяций*. М. : Наука, 1982. С. 3–14.
19. Павліченко В.І. Выделение фенотипов у кровососущих мошек. I. Фены личинок. *Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки і практики*. Збірник наукових статей ЗДМУ. Запоріжжя, 1998. Т. 2. Вип. 2. С. 55–58.
20. Павліченко В.І. Выделение фенотипов у кровососущих мошек. II. Фены крыла самок. *Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки і практики*. Збірник наукових статей ЗДМУ. Запоріжжя, 1998. Т. 2. Вип. 2. С. 58–60.
21. Василевич Ф.И., Каплич В.М., Скуловец М.В., Сухомлин Е.Б., Сивков Г.С. Патогенные виды мошек (*Diptera, Simuliidae*) Полесья Беларуси. М., 2004. 173 с.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ Hg У СИСТЕМІ «ГРУНТ-РОСЛИНА» ЕКОСИСТЕМ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ГОЛОСІЇВСЬКИЙ»

Риженко Н.О.¹, Риженко Д.І.¹, Ястребцова Н.І.²

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ

²Київський природничо-науковий ліцей № 145
вул. Шота Руставелі, 46, 01033, м. Київ
alsko2011@ukr.net

Вивчення закономірностей транслокації та біоаккумуляції токсичних металів дає змогу ефективніше розв'язувати проблемні наслідки забруднення навколишнього середовища, що набуває особливої актуальності, зокрема, для екосистем рекреаційних ландшафтів природоохоронних територій, що є важливими центрами природних екосистем і виконують необхідні рекреаційні й оздоровчі функції для мешканців мегаполісів. Сьогодні кількість антропогенних джерел, зокрема викиди промисловості, робота транспорту й електростанцій, відходи тощо, істотно впливає на збільшення вмісту поллютантів у довкіллі. Чільне місце серед токсичних металів посідає ртуть, сполуки якого належать до першого класу небезпечності та є токсичними для біоти й високо біодоступними. У результаті досліджень системи «грунт-рослина» НПП «Голосіївський», що проводилися у 2020 році, перевищення в ґрунті (0–20 см) ГДК валової форми ртуті на досліджуваній території не виявлено. Найвищу концентрацію металу мали зразки донних відкладів і ґрунту нижніх частин схилів, що свідчить про здатність до низхідної вертикальної міграції Hg у ландшафті. Найбільший уміст ртуті в загальній фітомасі мала кропива дводомна (*Urtica dioica* L.), а найменший – півники болотні (*Iris pseudacorus* L.). Оскільки лікарські рослини мають широке використання, необхідні гранично допустимі нормативи вмісту ртуті у фітомасі. Визначено рівень інтенсивності біоаккумуляції за вмістом Hg у загальній фітомасі таких рослин: Кропива дводомна (*Urtica dioica* L.) > Подорожник середній (*Plantago media* L.) > Розривтрава дрібноквіткова (*Impatiens parviflora* DC) = Лопух великий (*Arctium lappa* L.) = Злинка однорічна (*Erigeron annuus* L.) > Деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.) > Півники болотні (*Iris pseudacorus* L.). Рекомендовано використовувати Кропиву дводомну (*Urtica dioica* L.) як біоіндикаторний вид з метою фітореємедіації забруднених ґрунтів. *Ключові слова:* рослина, ґрунт, природний парк, екосистема, ландшафт.

Environmental assessment of Hg in the “soil-plant” system of recreational landscape ecosystems in the “Golosiivsky National Nature Park”. Ryzhenko N., Ryzhenko D., Yastrebtsova N.

Assessment of toxic metals in the soil-plant system as well as patterns of translocation and bioaccumulation solves the applied problem of pollution, which is especially relevant for ecosystems of recreational landscapes of protected areas. Such areas are important centers of natural ecosystems and perform the necessary recreational and health functions, which is extremely important for the inhabitants of megacities. Natural amounts of metals are present in relatively low concentrations, but recently the number of anthropogenic sources, in particular, industrial emissions, transport and power plants, waste, etc. has a significant impact on increasing the content of pollutants in the environment. Exceedance in the soil (0–20 cm) of the MPC of the of mercury in the study area was not detected. The highest absolute value of mercury concentration was characterized by samples of bottom sediments and soil of the lower parts of the slopes, which indicates the ability to descendant vertical migration of Hg in the landscape. The highest content of mercury in the total phytomass had *Urtica dioica* L., and the lowest-*Iris pseudacorus* L. Since herbal are widely used, it is advisable for them to develop maximum permissible standards for the content of mercury in the phytomass. According to the index of Hg bioaccumulation, plants can be ranked in the following descending order: *Urtica dioica* L. > *Plantago media* L. > *Impatiens parviflora* DC = *Arctium lappa* L. = *Erigeron annuus* L. > *Achillea millefolium* L. > *Iris pseudacorus* L. *Urtica dioica* L. should be recommended as a bioindicator species for the purpose of phytoremediation in contaminated soils. *Key words:* plant, soil, nature park, ecosystem, landscape.

Постановка проблеми. Токсичні метали є забрудниками навколишнього природного середовища через свою токсичність, стійкість у компонентах екосистем і біоаккумулятивні властивості [1–3]. Чільне місце серед вищезазначених поллютантів посідає ртуть, сполуки якого належать до першого класу небезпечності та є токсичними для біоти, зокрема метилртутью [4; 5]. Екологічна оцінка вмісту ртуті в системі «грунт-рослина», у тому числі й в екосистемах зелених паркових зон мегаполісів, має системний характер, дає змогу визначити його вплив на здоров'я населення, видову чутливість

рослин щодо біодоступності ртуті, прогнозувати наслідки забруднення та використовувати певні види для фітореємедіації.

Визначення рівня вмісту токсичних металів у системі «грунт-рослина» з метою встановлення закономірностей транслокації та біоаккумуляції розв'язує прикладну проблему наслідків забруднення, зокрема, для екосистем рекреаційних ландшафтів природоохоронних територій, що є важливими центрами природних екосистем і виконують необхідні рекреаційні й оздоровчі функції для мешканців мегаполісів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Низка сучасних досліджень присвячена проблемі забруднення токсичними металами у ґрунтах міст, зокрема в зелених паркових зонах [7–9]. У низці робіт зазначено, що в ґрунтах зелених паркових зон рівні металів перевищують їх фонові значення [10–13]. Антропогенні джерела, зокрема викиди промисловості, робота транспорту й електростанцій, відходи тощо, істотно впливають на рівень умісту поллютантів у довкіллі. Метали можуть прямо чи опосередковано впливати на здоров'я людей і функціонування біоти. Меркурій надзвичайно токсичний. За даними Державного агентства США за реєстром токсичних речовин і захворювань, Hg посідає третє місце серед найбільш токсичних елементів або речовин на планеті, включаючи миш'як і свинець. У результаті діяльності людини кількість меркурію в атмосфері майже потроїлася, з кожним роком збільшуючись на 1,5 відсотка [17]. Меркурій не входить до числа 15 есенціальних мікроелементів, але знаходиться в усіх живих організмах [5]. Механізм, за допомогою якого меркурій надходить до харчового ланцюга, залишається певною мірою невідомим і, ймовірно, варіює залежно від екосистеми. Hg у навколишньому середовищі може існувати в елементарній формі, у вигляді

неорганічної або органічної ртуті. Визначено, що період напіврозпаду Hg у головному мозку людини може досягати 20 років [18]. Незважаючи на те що сполуки меркурію належать до першого класу небезпечності, уміст металу в системі «ґрунт-рослина» зелених зон практично не досліджено.

Новизна. Уперше досліджено вміст меркурію в надземній фітомасі таких рослин, як Кривавик дводомна (*Urtica dioica* L.), Розрив-трава дрібноквіткова (*Impatiens parviflora* DC), Лопух великий (*Arctium lappa* L.), Подорожник середній (*Plantago media* L.), Півники болотні (*Iris pseudacorus* L.), Деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.), Злинка однорічна (*Erigeron annuus* L.), у рекреаційних ландшафтах Дидорівської та Горіхуватської балкових систем НПП «Голосіївський». Зазначено, що перевищення в ґрунті (0–20 см) ГДК меркурію на досліджуваній території не виявлено. Установлено, що найбільший коефіцієнт біоаккумуляції Hg серед досліджуваних рослин у Кривавики дводомної (*Urtica dioica* L.).

Виклад основного матеріалу. Проби ґрунту й рослин відбирали в серпні 2020 року на території Національного природного парку (НПП) «Голосіївський»: Дидорівська та Горіхуватська балкові системи (рис. 1).

Аналіз вмісту Hg у зразках ґрунту й рослин здійснювався в Санітарно-гігієнічній лабораторії відділу дослідження фізичних і хімічних факторів Міністерства охорони здоров'я України (Державна установа «Київський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України») у 2020 році.

Коефіцієнт біоаккумуляції (КБ) у системі «ґрунт-рослина» розраховували так [1–3]:

$$\text{КБ} = \frac{C_p}{C_r}, \quad (1)$$

де C_p – концентрація металу в рослині, мг/кг сухої речовини; C_r – концентрація металу в ґрунті, мг/кг.

Статистичний аналіз даних проводився відповідно до прийнятих методик. Зразки ґрунту (0–20 см) відбирали за ДСТУ 4287:2004 [19]. Як тест-об'єкти використовувалися такі види рослин: Розрив-трава дрібноквіткова (*Impatiens parviflora* DC), деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.), Подорожник середній (*Plantago media*, L) Кривавика дводомна (*Urtica dioica* L.), Півники болотні (*Iris pseudacorus* L.), Лопух великий (*Arctium lappa* L.), Злинка однорічна (*Erigeron annuus* L.) (таблиця 1).

Визначення Hg у зразках ґрунту та рослин здійснювався за «Методикою виконання вимірювань масової частки ртуті в пробах харчових продуктів, МВВ № 081/12-0996-15 продовольчої сировини, кормів, комбікормів і сировини для їх виробництва атомно-абсорбційним методом з використанням аналізатора ртуті РА-915 + з приставкою ППРО 915 +». Виявлено, що валовий уміст меркурію на досліджуваних ділянках не перевищував показник ГДК

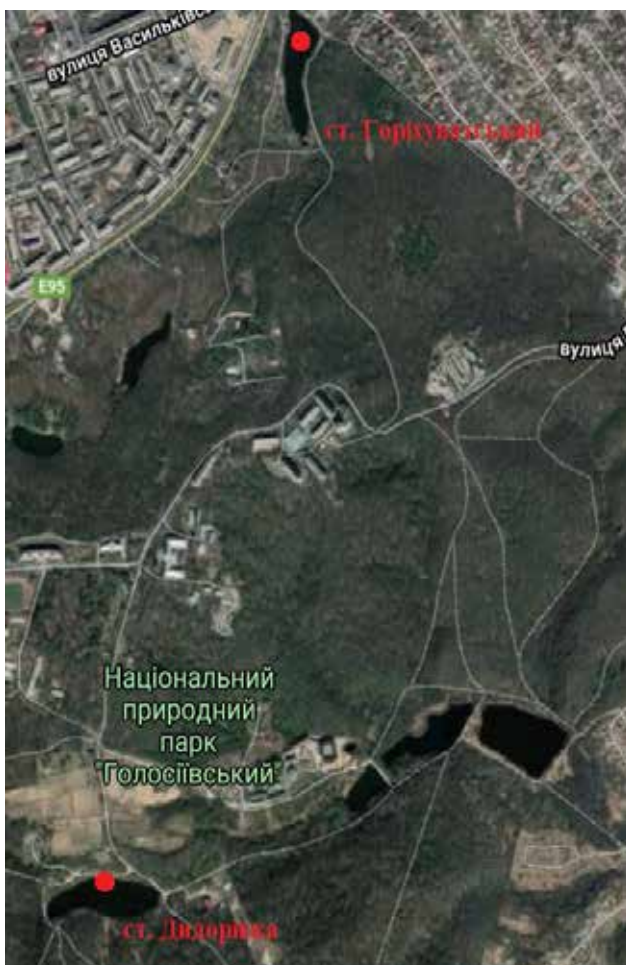


Рис. 1. Місця відбору проб у НПП «Голосіївський»

за нормами України, чинними стандартами Європи (таблиця 2).

Найвищі абсолютні значення концентрації меркурію мали зразки донних відкладів і ґрунту нижніх частин схилів, що свідчить про здатність до

низхідної вертикальної міграції Hg у ландшафті. Оскільки коефіцієнт варіації менші ніж 30%, то достовірної різниці між умістом Hg у ґрунті різних локацій рекреаційних ландшафтів НПП «Голосіївський» немає.

Таблиця 1

Перелік відібраних зразків у польових умовах

№ зразка	Назва об'єкта дослідження	Місце відбору проб
Південний схил Дидорівської балкової системи		
1	Донні відклади 0–20 см	Нижня частина
2	Ґрунт 0–20 см	Середня частина
3	Ґрунт 0–20 см	Верхня частина
4	Ґрунт 0–20 см	Нижня частина
8	Кропива дводомна (<i>Urtica dioica</i> L.)	Нижня частина
9	Розрив-трава дрібноквіткова (<i>Impatiens parviflora</i> DC)	Нижня частина
10	Лопух великий (<i>Arctium lappa</i> L.)	Середня частина
11	Подорожник середній (<i>Plantago media</i> L.)	Середня частина
12	Півники болотні (<i>Iris pseudacorus</i> L.)	Нижня частина
13	Деревій звичайний (<i>Achillea millefolium</i> L.)	Нижня частина
14	Злинка однорічна (<i>Erigeron annuus</i> L.)	Середня частина
Південний схил Горіхуватської балкової системи		
5	Ґрунт 0–20 см	Нижня частина
6	Ґрунт 0–20 см	Середня частина
7	Ґрунт 0–20 см	Верхня частина

Таблиця 2

Уміст Hg у ґрунті, 0–20 см

Місце дослідження	Уміст, мг/кг
Донні відкладення, Дидорівка	0,0069±0,000345
Середня частина схилу, Дидорівська балкова система	0,0063±0,000315
Верхня частина схилу, Дидорівська балкова система	0,0059±0,000295
Нижня частина схилу, Дидорівська балкова система	0,0067±0,000335
Нижня частина схилу, Горіхуватська балкова система	0,0059±0,000295
Середня частина схилу, Горіхуватська балкова система	0,0052±0,00026
Верхня частина схилу, Горіхуватська балкова система	0,005±0,00025
Коефіцієнт варіації(v), %	≈0
ГДК Європа [20]	2,5 (0,67)
ГДК Україна [21]	2,1

Таблиця 3

Вміст Hg у рослинах

Вид рослин	Уміст у загальній фітомасі, мг/кг сухої речовини
Кропива дводомна (<i>Urtica dioica</i> L.)	0,0028
Розрив-трава дрібноквіткова (<i>Impatiens parviflora</i> DC)	0,0027
Лопух великий (<i>Arctium lappa</i> L.)	0,0025
Подорожник середній (<i>Plantago media</i> L.)	0,0026
Півники болотні (<i>Iris pseudacorus</i> L.)	<0,001
Деревій звичайний (<i>Achillea millefolium</i> L.)	0,0026
Злинка однорічна (<i>Erigeron annuus</i> L.)	0,0025
ГДК [22]	0,02
Коефіцієнт варіації(v), %	≈0
Коефіцієнт осциляції (K _{Gr}), %	75,45

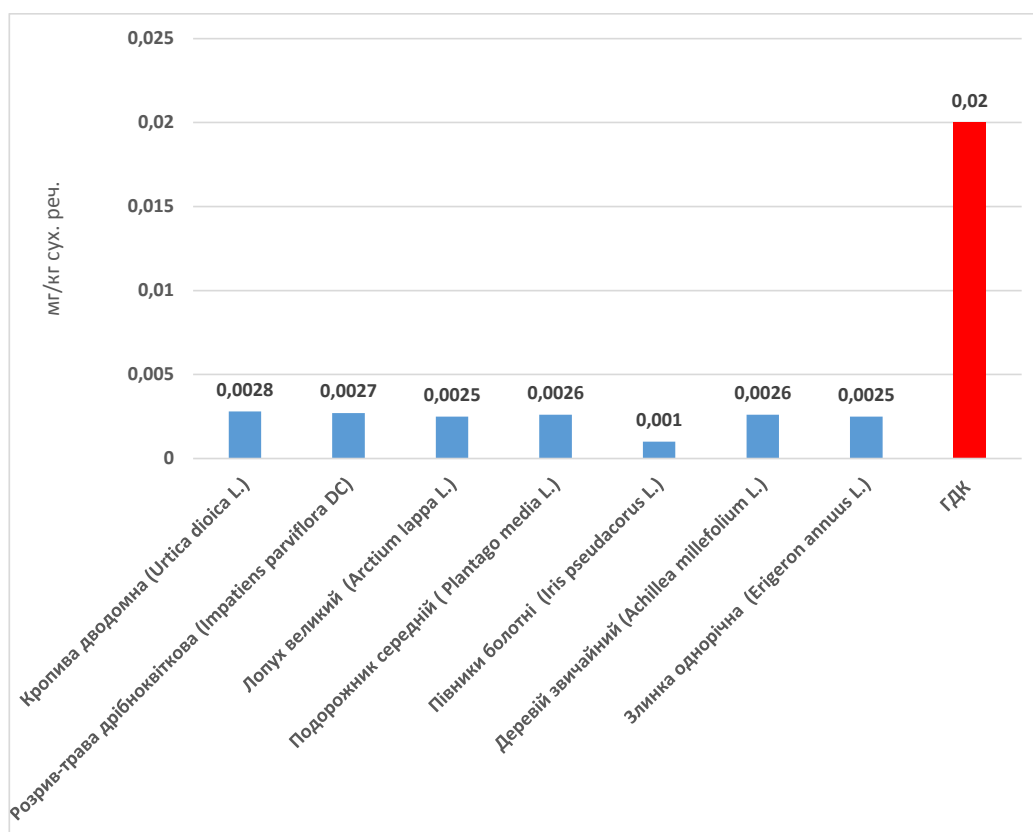


Рис. 2. Уміст Hg у фітомасі деяких видів рослин рекреаційних ландшафтів НПП «Голосіївський»

Найбільший уміст меркурію в загальній фітомасі мала кропива дводомна (*Urtica dioica* L.), а найменший – півники болотні (*Iris pseudacorus* L.) (таблиця 3). Це пояснюється різною видовою чутливістю та неоднаковою біодоступністю до досліджуваного металу у рослин.

Визначено вміст металу у фітомасі таких рослин: Кропива дводомна (*Urtica dioica* L.) > Розрив-трава дрібноквіткова (*Impatiens parviflora* DC) > Подорожник середній (*Plantago media* L.) = Деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.) > Лопух великий (*Arctium lappa* L.) = Злинка однорічна (*Erigeron annuus* L.) > Півники болотні (*Iris pseudacorus* L.). Оскільки немає ГДК для лікарських (дикорослих рослин), орієнтиром значення 0,02 мг/

кг сухої речовини, яке встановлене як гігієнічний норматив для овочів, картоплі, фруктів, винограду та ягід. Уміст меркурію в досліджуваних рослинах не перевищував вищезазначений установлений показник (рис. 2).

Найбільший коефіцієнт біоаккумуляції (Кб) мала Кропива дводомна (*Urtica dioica* L.), найменший – півники болотні (*Iris pseudacorus* L.) (таблиця 4).

Оскільки коефіцієнт варіації більше ніж 30%, то варіація між коефіцієнтами біоаккумуляції є помірною. Це свідчить про різний ступінь біодоступності окремих видів рослин до меркурію, що пояснюється їх фізіологічними особливостями, тобто «бар'єрним-безбар'єрним» механізмом поглинання ультрамікроелементів у системі «грунт-рослина».

Таблиця 4

Коефіцієнти біоаккумуляції Hg у системі «грунт-рослина»

Вид рослин	Кб
Кропива дводомна (<i>Urtica dioica</i> L.)	0,42
Розрив-трава дрібноквіткова (<i>Impatiens parviflora</i> DC)	0,40
Лопух великий (<i>Arctium lappa</i> L.)	0,40
Подорожник середній (<i>Plantago media</i> L.)	0,41
Півники болотні (<i>Iris pseudacorus</i> L.)	0,01
Деревій звичайний (<i>Achillea millefolium</i> L.)	0,39
Злинка однорічна (<i>Erigeron annuus</i> L.)	0,40
Коефіцієнт варіації (v), %	39,73
Коефіцієнт осциляції (Kr), %	118,11

Головні висновки. Перевищення в ґрунті (0–20 см) ГДК валової форми меркурію на досліджуваній території не виявлено. Найбільший уміст меркурію в загальній фітомасі мала Крופива дводомна (*Urtica dioica* L.), а найменший – Півники болотні (*Iris pseudacorus* L.). Визначено рівень інтенсивності біоаккумуляції за вмістом Hg у фітомасі таких рослин: Крופива дводомна (*Urtica dioica* L.) >

Подорожник середній (*Plantago media* L.) > Розривтрава дрібноквіткова (*Impatiens parviflora* DC) = Лопух великий (*Arctium lappa* L.) = Злинка однорічна (*Erigeron annuus* L.) > Деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.) > Півники болотні (*Iris pseudacorus* L.). Рекомендовано використовувати Крופиву дводомну (*Urtica dioica* L.) як біоіндикаторний вид з метою фітореMediaції забруднених ґрунтів.

Література

1. Alloway B.J. Heavy metals in soils. Trace elements and Metalloids in Soils and their Bioavailability / Springer, Third edition. UK : 2010. 235 p.
2. Basri H. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation / Bieby Voijant Tangahu, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Hassan Basri et al. *International Journal of Chemical Engineering*. 2011. Vol. 2011. 31 p.
3. Bradl H. Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation / Academic Press, Neubrucke, Germany, 2005. 282 p.
4. Зербино Д.Д. Болезни, вызываемые тяжелыми металлами. Ртутная болезнь. *Профилактика медицины. Экологическая патология: ртутная хвороба*. 2010. № 10 (76). 4 с. URL: <http://www.health-medix.com/articles/mistetzvo/2010-12-17/10DDZKPP.pdf>.
5. Трахтенберг І.М., Краснокутська Л.М., Лубянова І.П. Ртуть та її безпека – проблема давня і нова. *Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки*. 2016. № 1. С. 13–23.
6. Sieghardt M., Mursch-Radlgruber E., Paoletti E., Couenberg E., Dimitrakopoulos A., Rego F., Hatzistathis A., Barfoed Randrup T., Urban Forests and Trees, Springer, Berlin, 2005, p. 281.
7. Marjanović, Mirjana & Vukcevic, Marija & Antonović, Dušan & Dimitrijevic-Brankovic, Suzana & Jovanović, Đorđe & Matavulj, Milan & Ristić, Mirjana. Heavy metals concentration in soils from parks and green areas in Belgrade. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2009. № 74. P. 10.
8. Риженко Н.О. Принципи фітотоксикологічної класифікації металів та рослин в умовах природних екосистем. *Наукові доповіді НУБіП України* : електронне видання. 2017. № 5 (69). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/9479/8494>.
9. Kabata-Pendias A., Mukherjee Arun B. Trace Elements from Soil to Human. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2007. 550 p.
10. Li X.D., Poon C.S., Liu P.S. Appl. Geochem. 2001. № 16. P. 1361
11. Manta D. S., Angelone M., Bellanca A., Neri R., Sprovieri M., Sci. Total Environ. 2002. № 300. P. 229.
12. Madrid L., Diaz-Barrientos E., Madrid F., Chemosphere. 2002. № 49. P. 1301.
13. Lee S.L., Li X.D., Shi W.Z., Cheung C.N., Thornton I., Sci. Total Environ. 2006. № 356. P. 45.
14. Zhang C., Environ. Pollut. 2006. № 142. P. 501.
15. Romić M., Hengl T., Romić D., Husnjak S., Comput. Geosci. 2007. № 3. P. 1316.
16. Miao L., Xu R., Ma Y., Xu J., Wang J., Geochem. Explor. 2008. № 96. P. 43.
17. Rice K.M., Walker E.M., Jr, Wu, M., Gillette C., & Blough E.R. Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of preventive medicine and public health = Yebang Uihakhoe chi*. 2014. № 47 (2). P. 74–83.
18. Toxicological profile for Mercury. U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1999. 676 p.
19. Якість ґрунту. Відбирання проб : ДСТУ 4287:2004 (БЗ №11-2003/378). [Чинний від 2004-30-04] / Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського»; ТК 142 «Ґрунтознавство»; В. Соловей, М. Полупан. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 5 с. (Національний стандарт України).
20. Crommentuijn M.D. Polder, van de Plassche E.J Maximum permissible Concentrations and Negligible Concentrations for metals, taking background concentrations into account, Report No. 601501001, National Institute of public Health and ENVI BILTHOVEN, The Netherlands, 1997. 221 p.
21. Про затвердження методичних вказівок «Визначення вмісту ртуті в об'єктах виробничого, навколишнього середовища і біологічних матеріалах» : Наказ МОЗ України від 10 червня 2005 року № 263. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/MOZ4523?an=32>.
22. Державні гігієнічні правила і норми «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» : Наказ МОЗ України від 13.05.2013 № 368. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13>.

НОВАЯ РЕГИСТРАЦИЯ СИПУХИ (*Tyto ALBA*) И МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ В ЕЕ ПИТАНИИ НА ЮГО-ЗАПАДЕ БЕЛАРУСИ

Саварин А.А.¹, Китель Д.А.²

¹Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины
ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель, Республика Беларусь
gomelsavarin@gmail.com

²Брестское региональное отделение общественной организации
«Ахова птушак Бацькаўшчыны»
ул. л-та Рабцава, 100-14, 224039, г. Брест, Республика Беларусь
kitelden@gmail.com

В статье анализируется новая регистрация сипухи *Tyto alba* (Scopoli, 1769) в Беларуси. Погадки этого крайне редкого вида сов (Красная книга Республики Беларусь, II категория национальной природоохранной значимости) найдены 22 июня 2019 года в сарае (географические координаты № 52.430216° E 23.747866°), расположенном в д. Белёво Каменецкого района Брестской области.

Анализ останков пищевых объектов *T. Alba* представителей беспозвоночных не выявил, среди позвоночных отмечены только млекопитающие. В целых и разрушенных погадках (всего около 40) найдены части черепа 131 особи мелких млекопитающих. Доказано поедание совы представителей 3 отрядов (Lipotyphla, Rodentia, Carnivora), 10 родов и 11 видов млекопитающих. Соотношение количества обнаруженных особей землероек и грызунов в погадках приблизительно 1:2.

В группу основных пищевых объектов наряду с обыкновенной полевкой (*Microtus arvalis*) и обыкновенной бурозубкой (*Sorex araneus*) попала и белобрюхая белозубка (*Crocidura leucodon*) (44,27%, 18,32% и 11,45% всех жертв соответственно). С учетом многочисленных находок белобрюхой белозубки в последние годы на юге страны высказана точка зрения о росте численности этой землеройки. Благоприятствует выживанию *C. leucodon* появление на юге Беларуси новой наиболее теплой агроклиматической зоны.

Единичная находка в погадках черепа лесной мышовки (*Sicista betulina*) соответствует полученным ранее результатам по питанию ушастой совы (*Asio otus*) в Малоритском районе Брестской области (также единичная регистрация этого вида грызуна). Статус лесной мышовки на юго-западе страны оценен как малочисленный, возможно, редкий. С целью уточнения новых мест обитаний сипухи целесообразно провести обследование заброшенных деревянных построек на окраинах деревень и вблизи сельскохозяйственных угодий. **Ключевые слова:** Беларусь, Брестская область, *Tyto alba*, регистрация, погадки, микротиериофауна.

Нова реєстрація сипухи (*Tyto alba*) і дрібні ссавці в її харчуванні на південному заході Білорусі. Саварин О.О., Китель Д.О.

У статті аналізується нова реєстрація сипухи *Tyto alba* (Scopoli, 1769) у Білорусі. Пелетки цього вкрай рідкісного виду сов (Червона книга Республіки Білорусь, II категорія національної природоохоронної значимості) знайдені 22 червня 2019 року в сараї (географічні координати № 52.430216° E 23.747866°), розташованому в с. Бельово Кам'янецького району Брестської області.

Аналіз останків харчових об'єктів *T. alba* представників безхребетних не виявив, серед хребетних наявні тільки ссавці. У цілих і зруйнованих пелетках (усього близько 40) знайдені частини черепа 131 особини дрібних ссавців. Доведено поїдання совою представників 3 рядів (Lipotyphla, Rodentia, Carnivora), 10 родів і 11 видів ссавців. Співвідношення кількості виявлених особин землерійок і гризунів у пелетках приблизно 1:2.

До групи основних харчових об'єктів поряд зі звичайною полівкою (*Microtus arvalis*) і звичайною бурозубкою (*Sorex araneus*) потрапила і білозубка білочерева (*Crocidura leucodon*) (44,27%, 18,32% і 11,45% усіх жертв відповідно). З урахуванням численних знахідок *C. leucodon* останніми роками на півдні країни висловлена точка зору про зростання чисельності цієї землерійки. Сприяє виживанню *C. leucodon* поява на півдні Білорусі нової теплої агрокліматичної зони.

Одинична знахідка в погадках черепа лісової мишовки (*Sicista betulina*) відповідає отриманим раніше результатам із харчування вухатої сови (*Asio otus*) у Малоритському районі Брестської області (також одинична реєстрація цього виду гризуна). Статус лісової мишовки на південному заході країни оцінений як нечисленний, можливо, рідкісний. З метою уточнення нових місць проживання сипухи доцільно провести обстеження покинутих дерев'яних будівель на околицях і поблизу сільськогосподарських угідь. **Ключові слова:** Білорусь, Брестська область, *Tyto alba*, реєстрація, пелетки, микротиериофауна.

New registration of the barn owl (*Tyto alba*) and small mammals in its diet in south-west Belarus. Savarin A., Kitel D.

The article analyzes a new registration of the barn owl *Tyto alba* (Scopoli, 1769) in Belarus. The pellets of this extremely rare species of owls (Red List of the Republic of Belarus, II category of national conservation significance) were found on June 22, 2019 in the barn (geographical coordinates № 52.430216° E 23.747866°), located in the village of Belyovo Kamenets district Brest region.

Analysis of *T. alba* food objects remains did not reveal representatives of invertebrates; among vertebrates, only mammals were noted. Parts of the skull of 131 small mammals were found in intact and destroyed pellets (about 40 in total). The owl has been proven to eat representatives of 3 orders (Lipotyphla, Rodentia, Carnivora), 10 genera and 11 species of mammals. Aound shrews and rodents ratio in the pellets is approximately 1:2.

The group of main food items, along with the common vole (*Microtus arvalis*) and the common shrew (*Sorex araneus*), also included the bicolored shrew (*Crocidura leucodon*) (44.27%, 18.32% and 11.45% of all preys respectively). Taking into account the numerous finds of the bicolored shrew in recent years in the south of the country, a point of view has been expressed about the growth in this shrew number. The emergence of a new warmest agroclimatic zone in the south of Belarus favors the survival of *C. leucodon*.

A single find of the Northern birch mouse (*Sicista betulina*) skull in the pellets corresponds to the previously obtained results on the long-eared owl (*Asio otus*) diet in the Malorita district of the Brest region (also a single registration of this rodent species). The status of the Northern birch mouse in the southwest of the country is assessed as numerically insignificant, possibly rare. In order to clarify the new habitats of the barn owl, it is advisable to conduct a survey of abandoned wooden buildings on the outskirts of villages and near agricultural land. *Key words*: Belarus, Brest region, *Tyto alba*, registration, pellets, microteriofauna.

Постановка проблемы. Сипуха *Tyto alba* (Scopoli, 1769) – один из самых малочисленных видов орнитофауны Беларуси. Входит в систематический список птиц Беловежской пуши со статусом «гнездящийся вид» [1]. За последние десятилетия особи этого вида сов (*Strigiformes*) были зарегистрированы единично в Кобринском районе Брестской [2] и Верхнедвинском районе Витебской областей [3]. Осенью 2015 года одна особь была сбита машиной у д. Чернавчицы Брестского района [4]. В XX веке больше всего встреч сипухи зарегистрировано на юго-западе страны [5].

Птица занесена в Красную книгу Республики Беларусь (II категория национальной природоохранной значимости) [6] и Красную книгу Украины [7]. Уместно заметить, что численность сипухи и в Украине оценивается всего в несколько десятков пар, большая часть из которых обитает в западной части страны [8].

Актуальность исследования. В связи с крайней редкостью птицы известна лишь одна работа по питанию сипухи на открытых сельскохозяйственных угодьях в Брестском районе (материал собран в 2005-2006 гг., проанализировано 218 погадок [9]). В погадках обнаружены части черепа 15 видов мелких млекопитающих, в том числе 4 вида землероек (*Soricidae*), 10 грызунов (*Rodentia*) и 1 вид рукокрылых (*Chiroptera*). Основными пищевыми объектами сипухи являлись обыкновенная полевка (*Microtus arvalis*) и обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*). На территории восточной Польши эти два вида микротерофауны также входят в группу доминантных пищевых объектов *T. alba* [10].

Анализ пищевых объектов сов на трансграничной территории Беларуси, Польши и Украины важен с точки зрения зоогеографии и фауногенеза, поможет уточнить границы распространения малоизученных и редких видов мелких млекопитающих. Так, разбор собранных в Малоритском районе Брестской области погадок ушастой совы (*Asio otus*), которая как и сипуха охотится на открытых ландшафтах, позволил выявить некоторые особенности распространения видов-двойников р. *Crocidura* в Белорусском Полесье, а также доказать относительно высокую численность локальной популяции орешниковой сони (*Muscardinus avellanarius*) – вида, занесенного в Красную книгу Беларуси [11 и другие].

Цель статьи – указать место новой регистрации сипухи в Беларуси, высказать точку зрения

на распространение и численность некоторых видов мелких млекопитающих на основе анализа содержимого погадок.

Результаты исследований. Погадки сипухи найдены 22 июня 2019 года в заброшенном сарае (географические координаты № 52.430216° E 23.747866°), расположенном в д. Белёво (в 15 км от границ Беловежской пуши, Каменецкий район, Брестская область) В окрестности деревни нет лесных массивов. Сельскохозяйственные угодья мелиорированы. Эти ландшафтные особенности создают благоприятные условия для обитания луго-полевых, синантропных, водных и околородных млекопитающих.

Найденные непереваренные пищевые остатки сипухи отличались большими размерами (до 6 см длины) и округлостью (рис. 1).

Разобрано 18 целых погадок и определенное количество разрушенных («крошка»). В оформленных погадках найдены фрагменты черепа 61 особи мелких млекопитающих (3,39 ос. на погадку, limit 1-6), а во всех, включая «крошку», – 131 особи. Таким образом, общее количество погадок (до их разрушения) было около 40. Анализ останков пищевых объектов *T. alba* представителей беспозвоночных не выявил, среди позвоночных отмечены только млекопитающие.

Жертвами сипухи стали представители 3 отрядов (*Lipotyphla*, *Rodentia*, *Carnivora*), 10 родов и 11 видов млекопитающих. Несмотря на разновеликие выборки, частоты встречаемости большинства особей видов – основных пищевых объектов сипухи по нашим данным и сведениям [9] в значительной степени совпадают (табл. 1, выделено). Это обусловлено схожестью биотопов и высокой численно-



Рис. 1. Морфологические особенности погадок *Tyto alba*

Таблица 1

Состав и количественное соотношение пищевых объектов сипухи на юго-западе Беларуси

№	Отряд	Вид	Численные показатели		
			наши данные		[9]
			экз.	%	%
1.	Lipotyphla	<i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758	24	18,32	12,06
2.		<i>S. minutus</i> Linnaeus, 1766	1	0,76	3,57
3.		<i>Neomys fodiens</i> (Pennant, 1771)	3	2,29	0,55
4.		<i>Crocidura leucodon</i> (Hermann, 1780)	15	11,45	3,12
Всего			43	32,82	19,3
1.	Rodentia	<i>Sicista betulina</i> (Pallas, 1779)	1	0,76	-
2.		<i>Apodemus agrarius</i> (Pallas, 1771)	9	6,87	4,24
3.		<i>Sylvaemus tauricus</i> (Pallas, 1811)	5	3,82	0,11
4.		<i>Microtus arvalis</i> (Pallas, 1779)	58	44,27	50,16
5.		<i>Alexandromys oeconomus</i> (Pallas, 1776)	10	7,63	5,02
6.		<i>Mus musculus</i> Linnaeus, 1758	4	3,05	6,25
Всего			87	66,41	-
1.	Carnivora	<i>Mustela nivalis</i> Linnaeus, 1766	1	0,76	-

стью на полях и мелиоративных каналах *M. arvalis*, *Al. oeconomus* (рис. 2, а), *A. agrarius*, *S. araneus*. Обыкновенная полевка была наиболее потребляемой добычей.

По нашим данным соотношение количества обнаруженных особей землероек и грызунов в погадках приблизительно 1:2. Высокая доля (30-40%) насеко-

мых млекопитающих в пищевом спектре сипухи выявлена и в других регионах, включая Польшу [10; 12]. По сведениям белорусских специалистов [9], землеройки среди пищевых объектов сипухи составляли значительно меньшую долю – 19,3%.

Полагаем, что резкое возрастание (почти в 4 раза по сравнению с результатами [9]) доли белобрю-

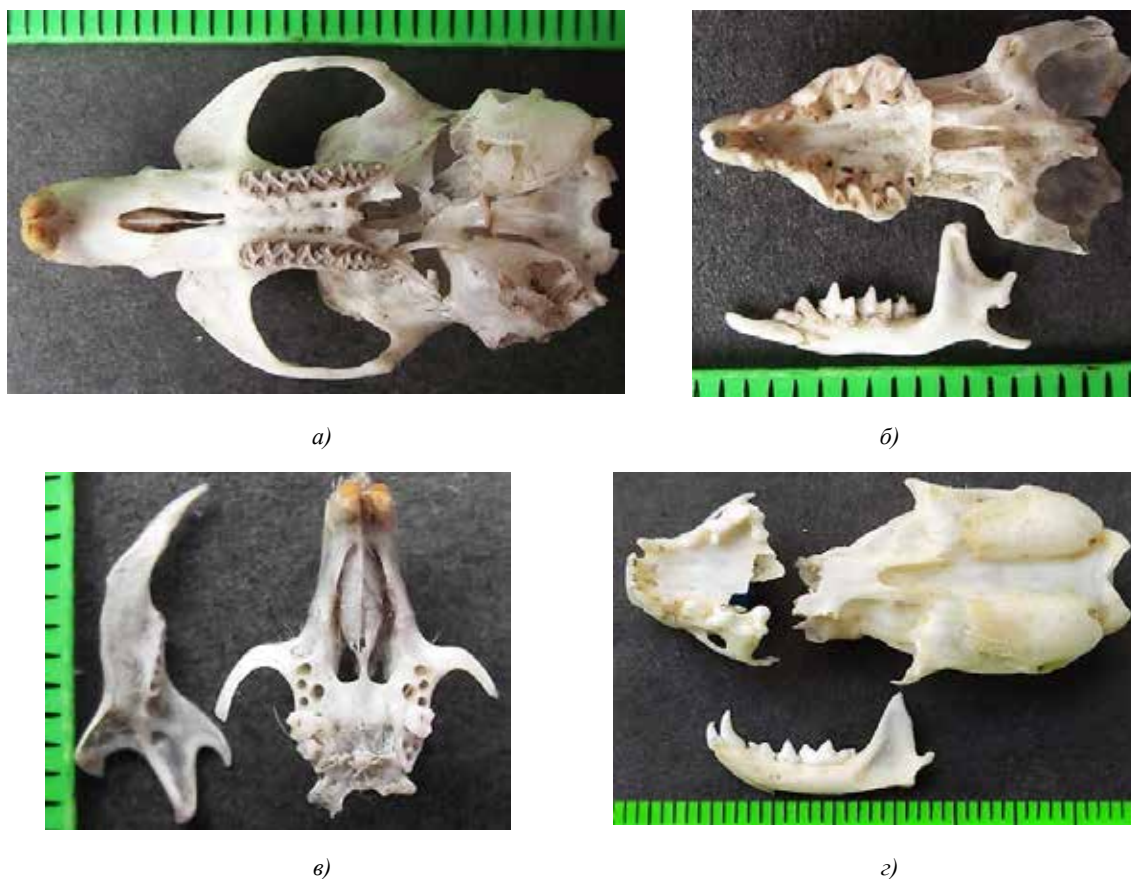


Рис. 2. Пищевые объекты сипухи: а) полевка-экономка; б) белозубка белобрюхая; в) мышовка лесная; з) ласка

хой белозубки (*C. leucodon*) (рис. 2, б) среди пищевых объектов *T. Alba* определяется не только высокой локальной численностью, но и расширением области распространения этой землеройки на юге страны, миграцией зверьков.

Нами отмечалось [13], что расселению белозубок способствовало появление на юге Беларуси новой наиболее теплой агроклиматической зоны (с короткой и теплой зимой, продолжительным вегетационным периодом). Вследствие потепления в последние годы есть находки *C. leucodon* и в прилегающих более северных районах, например, Барановичском [14]. По нашему мнению, в связи с сохранением указанной тенденции изменения климата [15] область распространения и численность белобрюхой белозубки на сельскохозяйственных и урбанизированных территориях будет увеличиваться. Ведь известно, что эта землеройка проявляет ярко выраженную склонность к синантропизации.

Единичная находка *Sicista betulina* (рис. 2, в) в погадках сипухи соответствует полученным нами результатам по питанию ушастой совы (*Asio otus*) в Малоритском районе Брестской области (также единичная регистрация этого вида грызуна). Представляет интерес тот факт, что в последнее десятилетие лесная мышовка отлавливались единично в различных регионах Беларуси. Поэтому статус вида на юго-западе страны оцениваем как малочисленный, возможно, редкий. *S. betulina* – редкий грызун и на территории Шацкого национального парка Украины [16].

Поедание сипухой ласки (*M. nivalis*) (рис. 2, г) – обычного вида-миофага, представителя хищных млекопитающих на окраинах сельхозугодий и бережий водоемов, подтверждает высокую локальную численность мышевидных грызунов. Эпизодическое попадание ласки в пищевые объекты сипухи известно и на территории Украины, в частности, в Крыму [8].

Главные выводы. Подтверждено обитание сипухи в д. Белёво Каменецкого района Брестской области. Анализ погадок доказал высокую долю среди пищевых объектов птицы насекомоядных млекопитающих (32,82%), в том числе особей белобрюхой белозубки (*C. leucodon*) (11,45%). С учетом поимок этой землеройки в ряде прилегающих районов сделано предположение о расширении области распространения вида в южной части Беларуси. Единичные находки лесной мышовки (*Sicista betulina*) в погадках сипухи и ушастой совы дают основание считать этого грызуна малочисленным, возможно, редким видом на юго-западе Беларуси.

Перспективы использования результатов исследования. С целью уточнения новых мест обитаний сипухи целесообразно провести обследование заброшенных деревянных построек на окраинах деревень и вблизи сельскохозяйственных угодий. Анализ вблизи агроценозов, даст возможность выявить поселения обыкновенного хомяка (*Cricetus cricetus*) и садовой сони (*Eliomys quercinus*) – видов грызунов, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Литература

1. Абрамчук А.В., Черкас Н.Д. Птицы Беловежской пуши: систематический список. *Subbuteo*. 2011. Т. 10. С. 24.
2. Никифоров М.Е., Самусенко И.Э. Находки и встречи птиц, утвержденные Белорусской орнито-фаунистической комиссией 16.12.2009. *Subbuteo*. 2011. Т. 10. С. 74.
3. Сіпуха заляцела ў офіс на поўначы Беларусі. URL: <https://ptushki.org/news/680857.html> (дата обращения: 02.07.2020).
4. Сіпуха (Tyto alba). URL: <https://birdwatch.by/node/9458> (дата обращения: 06.07.2020).
5. Гайдук В.Е., Абрамова И.В. Экология птиц юго-запада Беларуси. Неворобьинообразные. Брест : БрГУ, 2009. С. 240.
6. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных. Минск : Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2015. 317 с.
7. Червона книга України. Тваринний світ / За ред. І.А. Акімова. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.
8. Kucherenko V.M., Tovpinets N.N., Slavinskaya A.V., Yakunin S.N., Kovalenko I.S. (2020). The winter diet of the rare *Tyto alba* in contrast to *Asio otus* on Crimea Peninsula. *Nature Conservation Research*. 2020. 5(3). <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.023>.
9. Демянчик В.Т., Прокопчук В.В. Материалы по питанию гнездящейся пары сипухи (*Tyto alba*) на юго-западе Беларуси. *Subbuteo*. 2008. Т. 9. С. 34–39.
10. Kitowski I. Winter diet of the barn owl (*Tyto alba*) and the long-eared owl (*Asio otus*) in Eastern Poland. *North-Western Journal of Zoology*. 2013. № 9(1). P. 16–22.
11. Саварин А.А., Китель Д.А. О находках орешниковой сони (*Muscardinus avellanarius*) на юго-западе Беларуси. *Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины*. 2016. № 6(99). С. 120–121.
12. Purger J.J., Karanović T. First data on small mammal fauna from Krnjeuša (Bosanska Krajina), as obtained by a barn owl, *Tyto alba* (SCOP, 1769) pellet analysis. *Biol. vestn.* 1991. Vol. 39. Is. 3. P. 41–44.
13. Саварин А.А., Молош А.Н. Методические основы изучения мелких млекопитающих (на примере р. *Crocifura*). Минск : Колорград, 2016. 32 с.
14. Гричик В.В., Балаш А.В., Рак А.В., Спрингер А.М. Новые данные о распространении и биологии редких видов семейства землеройковых (Soricidae, Mammalia) в Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. Биология*. 2020. № 2. С. 58–65.
15. Данилович И.С., Мельник В.И., Гейер Б. Современные изменения климата Белорусского Полесья: причины, следствия, прогнозы. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2020. № 1. С. 3–13.
16. Сребродольська Є.Б., Дикий І.В., Мисюк В.О. Теріофауна Шацького національного природного парку. *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: «Биология, химия»*. 2004. № 2. С. 134–143.

ДЕКОРАТИВНІСТЬ ХРИЗАНТЕМИ ГІБРИДНОЇ (*CHRYSANTHEMUM* × *HORTORUM BAILEY*) В УМОВАХ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я

Чипиляк Т.Ф., Коршиков І.І., Лінкевич О.О.

Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України
вул. Маршака, 50, 50089, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область
chipiljak@i.ua; ivivkor@gmail.com; alonalinkevich@gmail.com

Висвітлені результати дослідження декоративних ознак хризантеми гібридної в умовах степового Придніпров'я (на прикладі м. Кривий Ріг). В якості об'єктів досліджень використані одновікові кущі 13 сортів із групи дрібноквіткові, низькорослі. Рослини отримані шляхом живцювання в зимовий період у закритому ґрунті та дорощені з травня по листопад у відкритому ґрунті. Біоморфологічні особливості описували в період масового цвітіння.

Результати проведених досліджень показали, що сорти виявляли габітуальні особливості розвитку. У 84,6% сортів ширина значно перевищувала висоту рослин (у 1,4-1,7 разів) і досягала 45-60 см. Залежно від співвідношення цих параметрів кущі набували шатроподібної, кулястої або напівкулястої форми. Масове цвітіння розпочинали ранні сорти на початку вересня, а наприкінці – сорти середнього терміну квітучання. Найбільш ефектне цвітіння тривало 30-45 діб, загальна тривалість квітучання досягала 85 діб із III декади серпня до II декади листопада.

Визначено широкі межі варіювання кількості суцвіть, які формувалися на одній особині, від 230 до 720 шт. Величина цього показника загалом залежала від кількості квітконосів та особливостей їх галуження – пагони першого (в середньому 4,5 шт.), другого (3,7 шт.) і третього порядків (3,3 шт.). Найвищою варіабельністю відрізнялося галуження першого порядку – від 3 до 8 одиниць. У 1/3 сортів висока кількість суцвіть (470-680 шт.) досягалася за рахунок формування на рослині не менше 9 квітконосів та їх галуження на I рівні від 5 одиниць і більше.

Декоративність рослин визначалася сукупністю зовнішніх ознак: висота та діаметр куща, забарвлення, махровість і діаметр суцвіть, тривалість цвітіння, оригінальність та загальний стан рослин. Використання сортів буде сприяти створенню сучасних високодекоративних культурфітоценозів на території об'єктів різноманітного функціонального призначення. Хризантему гібридну в умовах степового Придніпров'я можна використовувати в якості монокультури (в бордюрах, куртинах) та як доповнення до інших рослин у квітниках «безперервного квітучання». *Ключові слова:* *Chrysanthemum* × *hortorum*, декоративність, терміни цвітіння, генеративна сфера, степове Придніпров'я.

Decorativeness of the hybrid chrysanthemum (*Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey) in the conditions of steppe Dnieper. Chypylyak T., Korshikov I., Linkevych O.

The lighted up results of research of decorative signs of the hybrid chrysanthemum in the conditions of steppe Dnieper (on the example of Kryvyi Rih). One-age bushes of 13 varieties from the group of small-flowered, undersized plants were used as objects of research. Plants are obtained by grafting in the winter indoors, from May to November grown in open ground. Biomorphological features were described during the period of mass flowering.

The results of the research showed that the varieties developed according to their habitual features. In 84,6% of varieties, the width significantly exceeded the height of plants (1,4-1,7 times) and reached 45-60 cm. Depending on the ratio of these parameters, the bushes acquired a tent-shaped, spherical or hemispherical shape. Early sorts began their mass flowering in early September, and the sorts of medium term of flowering – at the end of September.

The most effective flowering lasted 30-45 days, the total duration of flowering reached 85 days – from the III decade of August to the II decade of November. Wide limits of variation in the number of inflorescences that were formed on one individual varied from 230 to 720 units. The magnitude of this indicator generally depended on the number of generative shoots and the peculiarities of their branching – shoots of the first (average 4,5 units), second (3,7 units) and third orders (3,3 units). The highest variability was observed by the first order branching – from 3 to 8 units.

In 1/3 of varieties, a high number of inflorescences (470-680 units) was achieved due to the formation of at least 9 generative shoots on the plant and their branching at the first level from 5 units and more. The decorativeness of plants was determined by a set of external features: height and habitus of bush, coloring, and diameter of inflorescences, flowering duration. The use of introduced varieties will contribute to the creation of modern highly decorative cultures of phytocenoses on the territory of objects of various functional purposes. The *Chrysanthemum* × *hortorum* in the conditions the steppe Dnieper can be used as a monoculture (in borders, curtains) and as a supplement to other plants in flower beds “continuous flowering”. *Key words:* *Chrysanthemum* × *hortorum*, decorativeness, flowering terms, the habitus, generative sphere, steppe Dnieper.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку суспільства у зв'язку з постійно зростаючим техногенним навантаженням на довкілля особливої актуальності набуває вирішення питань його захисту та оздоровлення на територіях промислово розвинутих регіонів, зокрема в мегаполісах – місцях великого скупчення населення.

Одну з головних ролей у формуванні ландшафтів міст відіграють композиції з рослинності, які забезпечують комфортне існування людей, надають неповторності і виразності середовищу [1]. Невід'ємним компонентом міських насаджень є квітникове оформлення, яке нині сприймається як художній елемент благоустрою. Підвищення вимог

до озеленення міських територій потребує залучення стійких до дії екстремальних екологічних чинників та антропогенного навантаження квітково-декоративних рослин, тому відбір видів і сортів треба проводити на основі наукового прогнозування їх адаптаційної здатності [2].

Особливо важливі дослідження розвитку рослин за впливу глобальних змін клімату, які по-різному виявляються на регіональному рівні [3; 4]. Так, в умовах степового клімату України вони виявляються широким спектром фенотипічних реакцій – перебудовою феноритмів, скороченням тривалості генеративної стадії, пригніченням насінневого розмноження і ростових процесів [5].

Для оформлення клумб «безперервного квітування» в осінню пору широко використовують *Chrysanthemum × hortorum* Bailey. Ця квітникова культура є високо-декоративною та універсальною у використанні, добре розмножується, витримує пересаджування під час бутонізації і масового цвітіння, стійка до шкідників, хвороб та інших негативних чинників [6-8]. Велике сортове різноманіття хризантем дає можливість підібрати цікавий набір дрібноквіткових сортів, але проведені дослідження показали, що сорти не завжди стабільні і можуть значно змінюватися при переміщенні в інші екологічні умови [9; 10].

Актуальність досліджень зумовлена необхідністю введення у культуру нових сортів хризантеми, стійких до умов степової зони України, які при випробуванні у цьому регіоні виявили найкращі комплекси біологічних і декоративних ознак.

Мета роботи – визначення морфологічних параметрів декоративності сортів хризантеми дрібноквіткової в кліматичних умовах Степового Придніпров'я

(на прикладі м. Кривий Ріг) для оптимізації їх використання в міських ландшафтах.

Матеріали та методи досліджень. Місто Кривий Ріг, на території якого проводилися дослідження, знаходиться на південному заході Дніпропетровської області в степовій ландшафтній зоні і входить до складу зони обмеженої інтродукції рослин. Річна сума опадів складає 350-450 мм, при цьому протягом літніх місяців баланс зволоження характеризується дефіцитом, коли за вегетаційний період випадає тільки 100-150 мм [11]. За останні 30 років на Криворіжжі (територія Криворізької агломерації) середньорічна температура повітря підвищилася на 2°C і складає +8,7 – +11,3°C [12]. Осінній перехід середньодобової температури повітря через 0°C зараз припадає на 30 листопада (раніше на 24 листопада), але в травні спостерігаються стійкі приморозки з температурою до мінус 1-4°C у повітрі і до 3-8°C морозу на поверхні ґрунту.

Інтродукційне випробування *Chrysanthemum × hortorum* в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України (далі – КБС) розпочате в 1988 році. Протягом 20 років колекція змінювалася як в якісному (сорти різні за формою, розміром і забарвленням суцвіття; габітусом куща; термінами і тривалістю квітування), так і кількісному відношенні (в різні роки в колекції налічувалося від 53 до 156 сортів).

За останні п'ять років колекційний фонд поповнився новими для нашого регіону культиварами і нині складається з 98 різноманітних за декоративними якостями сортів здебільшого (78%) дрібноквіткових (діаметр віночка до 9 см) і низькорослих (до 50 см). В якості об'єктів досліджень використані одновікові кущі, отримані шляхом живцювання в зимовий період у закритому ґрунті та дорощені

Таблиця 1

Морфометричні показники габітусу окремих сортів *Chrysanthemum × hortorum* в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України у 2015-2019 роках

Сорт	висота куща	діаметр куща	висота / ширина	форма куща
	см, M ± m			
‘Вогник’	25,3 ± 3,7	37,6 ± 6,1	1:1,5	напівкуляста
‘Вишенька’	28,8 ± 2,9	42,4 ± 2,4	1:1,5	напівкуляста
‘Гір-гар’	40,2 ± 3,4	61,0 ± 2,3	1:1,5	куляста, компактна
‘Добре утро’	29,7 ± 2,8	42,6 ± 3,5	1:1,4	напівкуляста
‘Колобок’	30,2 ± 3,1	51,6 ± 3,0	1:1,7	шатроподібна, нещільна
‘Лимонний рай’	37,4 ± 5,8	55,6 ± 4,0	1:1,5	напівкуляста, нещільна
‘Охристий луч’	31,6 ± 3,0	46,8 ± 1,9	1:1,5	напівкуляста, розлога
‘Рожевий діамант’	26,5 ± 4,1	44,1 ± 3,6	1:1,7	шатроподібна, розлога
‘Ромашкове поле’	30,8 ± 3,8	44,4 ± 7,5	1:1,4	напівкуляста, розлога
‘Сніжний ельф’	34,2 ± 4,6	43,0 ± 3,2	1:1,3	напівкуляста
‘Теракота’	40,6 ± 2,9	50,6 ± 3,5	1:1,2	розлога
‘Lipstick’	26, 2 ± 2,8	44,5 ± 1,2	1:1,7	шатроподібна
‘Violet Baby’	37,8 ± 2,2	60,4 ± 4,6	1:1,6	шатроподібна

з травня по листопад у відкритому ґрунті відповідно до потреб культури.

Досліджували 13 дрібноквіткових сортів, які відрізнялися за габітусом, термінами цвітіння, кольором, формою та махровістю суцвіть [6]. Біоморфологічні особливості описували в період масового цвітіння. Вивчення особливостей сезонного розвитку проводили за загальноприйнятою методикою фенологічних спостережень [13]. Результати досліджень оброблені за допомогою методів варіаційної статистики [14]. При інтерпретації отриманих результатів спиралися на уявлення про оптимум, норму і типові значення кількісних ознак, описаних Г.Н. Зайцевим [15]. Статистичну обробку здійснювали з використанням програми Microsoft Excel 2007.

Виклад основного матеріалу. За результатами дослідження встановлено, що вкорінені живці *Chrysanthemum* × *hortorum* у наших кліматичних умовах з II декади травня до кінця серпня (за 100-110 діб вегетативного розвитку) досягали розмірів розвиненої дорослої особини (табл. 1).

Незважаючи на те, що досліджувані сорти належать до однієї садової групи, рослини виявляли габітуальні особливості. Висота рослин відповідала низькорослій садовій групі (від 25 до 45 см), ширина кущів у сортів ‘Колобок’, ‘Рожевий діамант’, ‘Lipstick’ і ‘Violet Baby’ у 1,6-1,7 разів перевищувала висоту і досягала 45-60 см. За такої особливості формувалися розлогі кущі, а рослини набували шатроподібної форми. При співвідношенні висоти до ширини як 1/1,5 рослини хризантем набували напівкулястої розлогої або кулястої компактної форми (більше 50% сортів).

Цвітіння сортів хризантеми на Криворіжжі останніми роками (2015-2019 рр.) розпочиналося у другій декаді серпня (рис. 1).

Масове цвітіння розпочинали ранні сорти хризантеми гібридної на початку вересня. Через 10-15 діб початок масового цвітіння фіксували у середньо-ранніх, а в кінці вересня – у сортів середнього терміну квітування. Найбільш ефектне пишне цвітіння на досліджуваних хризантемах тривало від 30 до

Сорт	серпень			вересень			жовтень			листопад		
	декада			декада			декада			декада		
	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
Група раннього квітування												
‘Вогник’												
‘Колобок’												
‘Ромашкове поле’												
‘Violet Baby’												
Група середньо-раннього квітування												
‘Lipstick’												
‘Сніжний ельф’												
‘Лимонний рай’												
‘Рожевий діамант’												
‘Теракота’												
Група середнього квітування												
‘Вишенька’												
‘Добroe утро’												
‘Охрістий луч’												
‘Гір-гар’												

Рис. 1. Терміни цвітіння окремих сортів *Chrysanthemum* × *hortorum* в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України протягом 2015-2019 років (тривалість квітування – світла заливка; період масового цвітіння – темна заливка)

45 діб, тоді як загальна тривалість квітвання складала до 85 діб (остання декада серпня – друга декада листопада) (рис. 1).

Необхідно звернути увагу на те, що в умовах Криворіжжя найвищий декоративний ефект на осінніх клумбах можна отримати з середини вересня до середини жовтня – саме в цей проміжок часу масово квітують 2/3 сортів. У цей період проводили вивчення особливостей формування генеративної сфери хризантеми.

З'ясовано, що діаметр суцвіття досліджуваних сортів варіював у межах 1,5-4,3 см, що характерно для дрібноквіткової хризантеми (табл. 2). Широкими межами варіювання відрізнялася кількість суцвіть, які розквітають на досліджуваній особині визначеного сорту. Так, на кущі сорту 'Теракота' нараховувалося від 625 до 720 суцвіть. Найменшою продуктивністю відрізнявся сорт 'Гір-гар' – 225-295 суцвіть. При цьому формування більшої кількості квітконосів не забезпечувало більш рясного і пишного квітання. Наприклад, на рослині сорту 'Добре утро' формувалося найбільше квітконосів (20-21 шт.), натомість кількість суцвіть була однією з найменших.

Вивчення галузнення генеративних пагонів показало, що структура квітконосу досліджених сортів хризантеми складається з трьох рівнів – пагони першого, другого і третього порядків. За середніми показниками на першому рівні формувалося 4,5 пагони, кожен із яких розділявся на 3,7 пагонів, на 3,3 пагони, на яких формувалося окреме суцвіття.

Найвищою варіабельністю відрізнялося галузнення першого порядку – від 3 до 8 одиниць. Отримані результати показали, що 38,4% від загальної кількості сортів реалізовували стратегію високої квіткової продуктивності (від 470 до 680 суцвіть) через формування не менше 9 квітконосів і галузнення генеративного пагону на I рівні (порядку) від 5 і більше одиниць (рис. 2). Ще 23,2% сортів формували на особині від 430-630 суцвіть завдяки утворенню досить великої кількості суцвіть ('Lipstick') або за рахунок галузнення квітконосу на II рівні (порядку) на 4-5 одиниць ('Ромашкове поле', 'Violet Baby'). Таким чином, дослідження декоративних ознак хризантеми садової в кліматичних умовах Степового Придніпров'я (на прикладі м. Кривий Ріг) виявило сортові особливості розвитку як вегетативної, так і генеративної сфер.

Таблиця 2

Показники розвитку генеративної сфери окремих сортів *Chrysanthemum × hortorum* в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України у 2015-2019 роках

Сорт	Колір суцвіття	Тип суцвіття	Кількість квітконосів на кущі, шт. М ± m	Галузнення квітконосу пагони I / II / III порядку, шт.	Кількість суцвіть на кущі, шт. М ± m	Діаметр суцвіття, см
'Вишенька'	вишневі	помпони	9,1 ± 0,8	6 / 3 / 3	467,4 ± 45,6	3,14 ± 0,32
'Гір-гар'	насичено-жовті з теракотовим відтінком	махрові, плоскі	4,2 ± 0,8	5 / 4,5 / 2,5	260,8 ± 35,7	3,88 ± 0,45
'Доброс утро'	ніжно-бузкові	махрові, плоскі	21,1 ± 0,4	3 / 2 / 2	289,6 ± 24,5	3,26 ± 0,65
'Колобок'	помаранчево-жовті	напівмахрові	7,1 ± 1,8	6 / 2,5 / 3	286,4 ± 40,5	2,94 ± 0,61
'Лимоний рай'	лимонні з рожевим крапленням	напівкулясті	16,1 ± 2,1	4 / 2,5 / 2	368,3 ± 48,7	3,16 ± 0,29
'Охрістий луч'	насичено-жовті з теракотовим напиленням	махрові, плоскі	10,7 ± 2,3	8 / 2,5 / 3	658,8 ± 34,5	2,62 ± 0,74
'Рожевий діамант'	ніжно-рожеві	немахрові	11,7 ± 0,5	6 / 2,5 / 3	551,2 ± 28,2	2,88 ± 0,71
'Ромашкове поле'	білі	анемоно-подібні	8,1 ± 1,5	4,5 / 4,5 / 3	493,6 ± 33,9	2,31 ± 0,53
'Сніжний ельф'	сніжно-білі	напівмахрові	10,2 ± 0,3	6 / 3 / 3,5	665,8 ± 42,1	2,22 ± 0,72
'Теракота'	теракогові	напівмахрові	9,4 ± 1,1	5 / 4 / 3,5	670,4 ± 47,8	2,34 ± 0,35
'Lipstick'	малинові	махрові	15,2 ± 0,4	3 / 4 / 3,5	617,2 ± 34,5	3,16 ± 0,51
'Violet Baby'	темно-лавандові	махрові, плоскі	6,2 ± 1,7	5 / 4 / 3,5	423,2 ± 32,8	2,22 ± 0,32

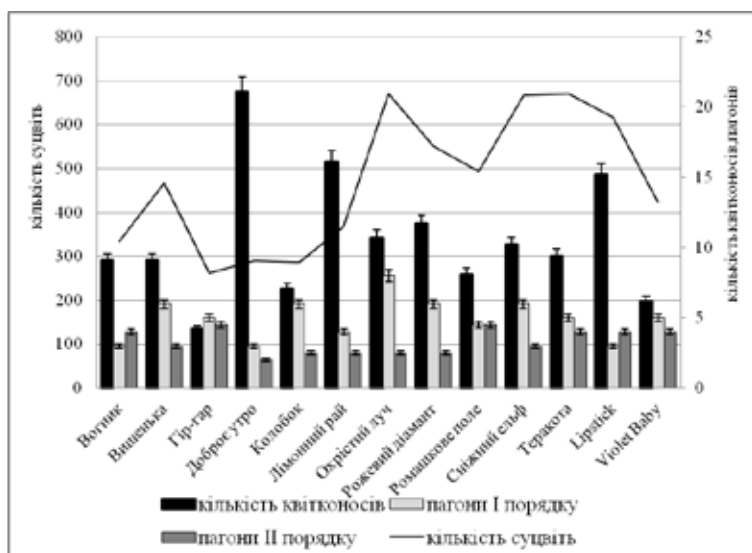


Рис. 2. Генеративна продуктивність окремих сортів *Chrysanthemum × hortorum* в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України протягом 2015-2019 років

Головні висновки. Результати проведених досліджень показали, що досліджувані сорти однієї садової групи (низкорослі, дрібноквіткові) виявляли габітуальні особливості розвитку. У 84,6% сортів ширина значно перевищувала висоту рослин (у 1,4-1,7 разів). Залежно від співвідношення цих параметрів кущі набували шатроподібної, кулястої або напівкулястої форми.

В наших кліматичних умовах хризантема дрібноквіткова найвищий декоративний ефект виявляє у вересні – жовтні протягом 30-45 діб. Визначено широкі межі варіювання кількості суцвіть, які формувалися на одній особині, від 230 до 720 шт. Величина цього показника загалом залежала від кількості квітконосів та особливостей їх галузнення. Декоративність рослин визначалася сукупністю зовнішніх ознак: висота та діаметр куща, забарвлення, махровість і діаметр суцвіть, тривалість цвітіння, оригінальність та загальний стан рослин.

Перспективи використання результатів дослідження. Різноманітність форм і забарвлення та тривале цвітіння визначають цінність хризантеми дрібноквіткової у декоративному садівництві степового Придніпров'я. Застосування отриманих результатів дає можливість отримати найвищий декоративний ефект на квітниках із вересня по листопад: поєднання контрастних кольорів чи відтінків одного кольору; створення бордюрів із хризантем кулястої форми; картин із сортів шатроподібної та розлогої форми тощо. Використання сортів буде сприяти створенню сучасних високодекоративних культурфітоценозів на території об'єктів різноманітного функціонального призначення в якості монокультури та як доповнення до інших рослин.

Література

1. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць. Львів, 2005. 455 с.
2. Левон Ф.М. Зелені насадження в антропогенно-трансформованому середовищі. Київ, 2008. 364 с.
3. Bramwell D. Plant adaption and climate change: 2nd World Scientific Congress Challenges in Botanical Research and Climate Change. Netherlands, 2008. P. 3.
4. Булах П.Е. Экологические аспекты интродукции растений с позиции системного анализа. *Интродукция растений*. 2010. № 3. С. 61–68.
5. Сремеев В.М., Єфімов В.В. Регіональні аспекти глобальної зміни клімату. *Вісник НАН України*. 2003. № 2. С. 34–38.
6. Горобець В.Ф. Хризантеми відкритого ґрунту. Київ, 2003. 42 с.
7. Стецович А.С. Биолого-морфологические особенности видов и сортов рода *Chrysanthemum* L. при интродукции на юг Черноземья : автореф. дис. канд. биол. наук: 03.02.01. Белгород, 2011. 19 с.
8. Чипиляк Т.Ф., Коршиков І.І., Лещенюк О.М., Лінкевич О.О. Хризантема дрібноквіткова в ландшафтних композиціях на Криворіжжі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 3. С. 57–61.
9. Дьяченко Н.Г. Хризантемы корейские. М., 2010. 32 с.
10. Недолужко А.И. Род *Chrysanthemum* L. на юге российского Дальнего Востока (интродукционные возможности, ресурсы изменчивости, селекция, сохранение генофонда) : автореф. дис. док. биол. наук: 06.01.05. Владивосток, 2010. 42 с.
11. Казаков В.Л., Паранько І.С., Сметана М.Г. Природнича географія Кривбасу. Кривий Ріг, 2005. 156 с.
12. Сайт погоди. URL: <http://gp5.ua> (дата звернення: 20.10.2019).
13. Рекомендации Совета ботсадов СССР. Киев, 1990. 184 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва, 1985. 351 с.
15. Зайцев Г.Н. Оптимум и норма в интродукции растений. Москва, 1983. 269 с.

ЗМІНА КЛІМАТУ

УДК 633.11:577.218:57.045

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.31>

МОЛЕКУЛЯРНІ МАРКЕРИ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОСУХОСТІЙКИХ ГЕНОТИПІВ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В.,
Хоменко С.О., Гуменюк О.В., Харченко М.В.
Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України
вул. Центральна, корпус 2, 08853, с. Центральне,
Миронівський район, Київська область
pykserg@ukr.net

Завдяки своїй широкій географічній адаптації та цінності для харчування людини пшениця є однією з найважливіших культур у світі. Рослини пшениці піддаються дії різних стресів у природному середовищі. Для виживання рослини реагують і пристосовуються до цих стресів на фізіологічному, біохімічному, клітинному, а також молекулярному рівнях. Серед абіотичних факторів, які сформували і продовжують формувати еволюцію рослин, доступність води є найбільш важливим.

У зв'язку з посухою урожай пшениці постійно знижується, що є загрозою для світової продовольчої безпеки в сільсько-господарському виробництві. Саме тому одним із пріоритетних напрямів селекції пшениці є створення сортів, стійких до дії водного дефіциту. Стійкість до посухи – це складна ознака, контрольована багатьма генами. Генотипи пшениці зазвичай демонструють різний рівень посухостійкості, що робить їх молекулярну характеристику і класифікацію вкрай важливими для створення стійких сортів.

Генна інженерія рослин на стійкість до посухи може бути досягнута шляхом регульованої експресії стрес-індукованих транскрипційних факторів, які будуть регулювати експресію відповідних генів. Досягнуті успіхи в дослідженнях геному і молекулярної технології призвели до використання в селекції ДНК-маркерів, що дало змогу значно підвищити ефективність добору і прискорити створення нових сортів із високим потенціалом врожайності та адаптивності. Введення молекулярних маркерів у селекцію рослин надало селекціонерам цінний інструмент для характеристики генетичного матеріалу.

Результати, отримані в ході аналізу літературних даних, свідчать, що молекулярні маркери дозволяють розрізняти послідовності ДНК-геному між сортами чи лініями і є потужними засобами для ідентифікації генотипів пшениці з господарсько-цінними ознаками. Вони дають змогу досліджувати тисячі геномних ділянок зародкової плазми пшениці в умовах водного дефіциту, а тому в багатьох країнах світу є невід'ємним складником селекційного процесу цієї культури. *Ключові слова:* пшениця, генотип, молекулярні маркери, посуха, стійкість, гени.

Molecular markers for identification of drought tolerant wheat genotypes under climate change conditions. Pykalo S., Demydov O., Yurchenko T., Khomenko S., Humeniuk O., Kharchenko M.

Wheat is one of the most important crops in the world due to its wide geographical adaptation and human nutritional value. Wheat plants are exposed to various stresses in their natural environment. For survival, plants respond and adapt to these stresses at physiological, biochemical, cellular, and molecular levels. Among the abiotic factors that have shaped and continue to shape plant evolution, water availability is the most important.

Due to the drought, the wheat harvest is constantly declining, which poses a threat to global food security in agricultural production. That is why one of the priority directions of wheat breeding is the creation of varieties that are resistant to the action of water deficit. Drought tolerance is a complex trait controlled by many genes. Wheat genotypes generally exhibit varying levels of drought tolerance, making molecular characterization and classification critical for developing resistant varieties.

Genetic engineering of plants for drought tolerance can be achieved through the regulated expression of stress-induced transcription factors, which, in turn, will regulate the expression of the corresponding genes. The advances in genome research and molecular technology have led to the use of DNA markers in breeding, which has significantly increased the efficiency of selection and accelerated the creation of new varieties with a high potential for productivity and adaptability. The introduction of molecular markers in plant breeding has provided breeders with a valuable tool for characterizing genetic material.

The results obtained in the course of the analysis of literature data indicate that molecular markers make it possible to distinguish genome DNA sequences between varieties and lines and thus are powerful tools for identifying wheat genotypes with commercially valuable traits. They make it possible to study thousands of genomic regions of wheat germplasm in conditions of water deficit, and therefore in many countries of the world are an integral part of the breeding process of this crop. *Key words:* wheat, genotype, molecular markers, drought, tolerance, genes.

Постановка проблеми. Пшениця – одна з найважливіших продовольчих культур, оскільки пшеничний хліб є продуктом харчування населення більшості країн світу [1–3]. Абіотичні стреси, такі як посуха, засолення, високі температури тощо, є поширеними несприятливими умовами навколишнього середовища, які негативно впливають на продуктивність пшениці в усьому світі. Окрім того, процеси урбанізації та індустріалізації все більше займають родючі землі і передбачають надмірне використання пестицидів, ставлячи під загрозу довкілля.

Глобальні зміни клімату, які спостерігаються у світі, викликали посилення впливу абіотичних стресових чинників на рослинний організм. Стрес, викликаний посухою, негативно впливає на ріст і розвиток рослин, що призводить до різкого зниження продуктивності рослин [4; 5]. Посуха є найбільш серйозною перешкодою при вирощуванні сільськогосподарських культур та отриманні максимального врожаю, оскільки вода необхідна для кожного етапу розвитку, починаючи з проростання насіння до дозрівання рослини [6–7].

Водний стрес призводить до зниження морфологічних і агрономічних параметрів, а також до порушень на фізіологічному, біохімічному і молекулярному рівнях [4]. З огляду на це доречним є ідентифікація сортів пшениці, які добре пристосовані до нестачі води, а також визначення ефективних і надійних критеріїв відбору посухостійких форм.

Традиційно сортовий відбір ґрунтується на морфологічних ознаках, при цьому полігенні ознаки, зокрема посухостійкість, проаналізувати дуже важко. Принципово новим підходом є застосування методів біотехнології, що значно полегшує та прискорює традиційний селекційний процес створення нових ліній і сортів пшениці [8].

Варто зазначити, що за останні десятиліття поряд із морфолого-анатомічними і фізіолого-біохімічними методами оцінки стрес-стійкості рослин біотехнологічні підходи набули досить широкого поширення [9]. Сучасні біотехнології дають змогу значно скоротити терміни добору та оцінки сортів і успішно застосовуються селекціонерами по всьому світу. Подальший прогрес у вивченні посухостійкості пшениці буде залежати не лише від розвитку клітинних технологій, але й більш глибокого пізнання молекулярних механізмів регуляції та експресії генів, які детермінують цю ознаку [10–11].

Виклад основного матеріалу. На сучасному етапі селекції оцінка генетичного різноманіття пшениці відбувається не лише на основі аналізу родоходів, вивчення морфологічних і біохімічних ознак, а й за допомогою молекулярно-генетичних досліджень [13–14]. Останні розробки у галузі молекулярної генетики надали селекціонерам потужні інструменти для виявлення форм із господарсько-цінними ознаками. Загалом молекулярно-генетичний аналіз дозволяє виявляти специфічні генетичні маркери,

зручні для відбору генотипів, стійких до різних несприятливих факторів навколишнього середовища, зокрема посухи. Накопичено вже багато даних, які свідчать про важливе значення молекулярних механізмів у формуванні стійкості рослин до різного роду стресів [13; 15; 16].

Вважається, що одним із можливих механізмів адаптації рослин до стресових умов є збільшення геномної нестабільності та розширення генетичного різноманіття [17; 18]. Дослідження багатьох авторів показують, що значну роль у процесах адаптації рослин до несприятливих факторів зовнішнього середовища відіграє активування мобільних генетичних елементів та генів, що кодують білки, які залучені в адаптивних реакціях [10; 14; 19; 20].

Активування мобільних генетичних елементів за умов стресу призводить до підвищення мутабельності за рахунок більш високої частоти їх перемішень у ділянки активного еухроматину [10; 14; 21]. В. McClintock [22] вперше запропонувала гіпотезу про те, що індукція міграції мобільних генетичних елементів, спричинена стресовими чинниками, найімовірніше є реакцією геному на несподівані зміни середовища. Ці елементи індукують генетичну мінливість у широкому діапазоні – від структурних перебудов хромосом до незначних змін експресії генів [14; 21].

Одними з найбільш досліджених мобільних генетичних елементів у рослин є ретротранспозони. Доведено підвищення активності ретротранспозонів за умов абіотичного стресу та виявлено їх транскрипційну активність, що свідчить про значну роль цих елементів у формуванні відповіді на дію стресових чинників [21].

Зазначено, що реакція рослини на посуху супроводжується також активацією генів, які беруть участь у сприйнятті стресу та в передачі сигналу стресу [23]. Ці групи генів кодують білки, які захищають клітини від згубних наслідків дії водного дефіциту. Вони беруть участь у всій послідовності реакції клітини на стрес, такий як передача сигналів, контроль транскрипції, захист мембран і білків, а також видалення вільних радикалів і токсичних сполук [24]. Сюди належать гени, які детермінують накопичення сумісних осмолітів, пасивний транспорт через мембрани та енергозберігаючі водні транспортні системи [24; 25]. Інша група генів, активованих у результаті посухи, складається з регуляторних білків, які додатково регулюють передачу сигналу стресу і модулюють експресію генів [24].

Розшифрування нуклеотидних послідовностей геномів пшениці дозволило виявити окремі гени, пов'язані зі стрес-реакцією [11]. Е. Sivamani та співавтори [16] вказали, що ген *HVA1* сприяє росту рослин пшениці за умов посухи. Натепер велика увага приділяється послідовностям генів, що кодують білки, які відіграють велику роль у реакції рослин на стресові фактори. Ці гени здебільшого представлені транскрипційними факторами і генами дегідринів [26].

Серед усіх транскрипційних факторів увагу багатьох вчених привертають чинники, які пов'язують елемент відповіді на дегідратацію (DREB) [10; 11]. У літературі наводяться дані на користь того, що ген *Dreb1* у третій хромосомі геному А може відповідати за формування толерантності до абіотичних стресових чинників, зокрема до посухи [10; 15]. Гени групи DREB можуть розглядатися як перспективні кандидати для селекції за допомогою маркер-асоційованої селекції (MAS), спрямованої на стійкість до посухи [15].

О.Р. Lakhneko та співавтори [27] вивчали поліморфізм попередньо відібраних локусів генів трьох транскрипційних факторів (*TaNAC2a*, *TaWRKY2*, *TaWRKY19*) і протеїн пізнього ембріогенезу (*LEA*) дегідрину (*Td29b*), пов'язаних зі стійкістю пшениці до посухи. Структуру генів і хромосомну локалізацію було встановлено за допомогою біоінформаційних підходів.

З'ясовано, що гени *TaWRKY2* і *TaWRKY19* складаються з чотирьох екзонів і трьох інтронів, локалізованих на плечах 2BS і 1DS хромосоми; *TaNAC2a* містить два екзони та один інтрон 7AS; ген *Td29b* містить один екзон 3AS. У результаті використання полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) не було виявлено поліморфізму для локусів генів *TaNAC2a*, *TaWRKY19* і *Td29b* за допомогою попередньо відібраних пар праймерів. Проте для локусу *TaWRKY2* виявлено поліморфні фрагменти. Скринінг поширення поліморфних локусів проводили для набору сортів пшениці та жита, а також міжвидових гібридів. Виявлений поліморфізм локусу *TaWRKY2* свідчить про наявність деяких інших алелів цього гена. Автори зазначили, що одержані дані є важливими для подальших досліджень посухостійкості пшениці.

Значного поширення набула практика використання головних генів і їх комбінацій (пірамідування), що пов'язано з наявністю молекулярних маркерів до цих генів і з можливістю використання їх у MAS [27; 28]. Молекулярно-генетичні маркери – поліморфні ознаки, які виявляються методами молекулярної біології на рівні нуклеотидної послідовності ДНК для певного гену або для будь-якої іншої ділянки хромосоми при порівнянні різних генотипів [28].

Молекулярні або ДНК-маркери широко використовуються для виявлення локусів генів, що детермінують ознаку посухостійкості, а тому дозволяють успішно вирішувати низку задач фундаментального і прикладного характеру. Їх використання набуває популярності в практичній селекції не лише для оцінки генетичної різноманітності, а й для ідентифікації стійких форм [27]. Переваги використання цієї системи маркерів полягають у можливості тестування генетичного поліморфізму на рівні самих генів, а не їх продуктів, як це відбувається у випадку застосування біохімічного маркування [23]. ДНК-маркерна система дозволяє маркувати різні ділянки ДНК, в тому числі некодуючі [29]. Окрім того, матеріалом для подібного роду маркування можуть слу-

гувати різні тканини і органи незалежно від стадії онтогенезу, що надає незаперечну перевагу порівняно з іншими типами маркерів [30].

Молекулярні маркери є корисним доповненням до морфологічних і фізіологічних характеристик сортів, оскільки дозволяють ідентифікувати сорти на ранніх стадіях розвитку рослин, а тому значно підвищують ефективність селекції [20; 32]. Відомо, що стійкість до посухи та інших абіотичних стресів контролюється багатьма другорядними генами (полігенами) [29].

Локуси на хромосомах, які належать до цього типу генів, називають локусами кількісних ознак (QTL) [31]. Розробка ефективних молекулярних маркерів необхідна для ідентифікації низки QTL для різних культур, у тому числі пшениці [31; 32]. Потенційні маркери стійкості до стресу можна визначити за допомогою картування QTL характеристик, пов'язаних із урожайністю, у середовищах з модельованим водним дефіцитом [33]. Синтез молекулярних маркерів шляхом картування QTL значно полегшує вивчення складних кількісно успадковуваних ознак [34].

Молекулярні маркери вважаються поліморфними, якщо існує різниця в послідовності ДНК між досліджуваними індивідуумами [30; 34]. Таким чином, вони є індикатором поліморфізму послідовностей. У селекції пшениці на посухостійкість є певний набір сучасних технологій виявлення поліморфізму на рівні ДНК, серед яких можна виділити такі: 1) аналіз поліморфізму довжин фрагментів рестрикції (RFLP); 2) аналіз поліморфізму за допомогою ПЛР (SSR, ISSR, RAPD, CAPS, SNP, IRAP, функціональні маркери); 3) транскриптомний аналіз [34; 35].

RFLP (restriction fragment length polymorphism; поліморфізм довжини рестрикційних фрагментів) – перший метод молекулярних маркерів, розроблений D. Botstein із колегами [36] для профілювання ДНК. Метод заснований на техніці розщеплення за допомогою особливих рестрикційних ферментів (ендонуклеаз рестрикції) молекул ДНК, що розрізняються в гомологічних ділянках і відповідно місць рестрикції при порівнянні довжин отриманих фрагментів [37].

Одержані фрагменти розподіляються за допомогою електрофорезу. Після перенесення на мембрану вони ідентифікуються гібридизацією з радіоактивно міченими пробамі (Southern blotting). Гібридизація дозволяє визначати довжини фрагментів, комплементарних пробам. Кожен фрагмент розглядається як окрема алель і використовується в генетичному аналізі. Достатній ступінь поліморфізму, кодомінантність, частота і рівномірний розподіл по геному, висока відтворюваність дозволили використовувати цей метод для локалізації генів посухостійкості пшениці [38].

J.M. Morgan спільно з M.K. Tan [39] методом RFLP у пшениці визначили хромосомне розташування локусу гена осморегуляції. Як зазначають автори, раніше була відома локалізація цього гена на хромосомі 7A, але його специфічне положення зали-

шалося нез'ясованим. Аналіз зчеплення з локусами RFLP дозволив припустити вірогідне положення на короткому плечі приблизно в 13 сМ до напрямку центромери від локусу RFLP *Xpsr119*. Дослідники підсумували, що отримані результати, які базувалися на порівняно невеликій вибірці, є попередніми (розвідувальними), а тому вимагають подальшого підтвердження.

RFLP аналіз також був використаний для маркування солестійких генів у пшениці. Виявлено, що лише один амплікон *Psr906* є поліморфним із загальної їх кількості (80), розташованих на 7 хромосомі гомологічних груп [40]. Окрім цього, результати засвідчили, що ген солестійкості розташований у локусі *Xpsr906* довгого плеча хромосоми 5A.

SSR (simple sequence repeats, тандеми повторів простих послідовностей) – ділянки ДНК, що складаються з тандемів повторюваних одиниць: моно-, ди-, три-, тетра- або пентануклеотидів [41]. Це прості повторювані послідовності (мікросателіти), які зустрічаються повсюдно у еукаріот. Мікросателіти присутні як у некодуючих, так і в кодуючих ділянках геному, а також у хлоропластному [42] і мітохондріальному геномах [43].

Поліморфізм відображає зміну кількості повторюваних одиниць у певній ділянці геному. За деякими оцінками частота повторів у рослин коливається від 10 до 80 [44]. Нуклеотидна послідовність використовується для конструювання праймерів для ампліфікації різної кількості повторюваних одиниць [37; 45]. Ці праймери є дуже корисними для швидкого і точного виявлення поліморфних локусів.

Важливою особливістю мікросателітів є те, що вони еволюціонують швидше, ніж решта ДНК, піддаючись «динамічним мутаціям», які призводять до появи алелей із різною кількістю повторюваних одиниць [37]. Тому мікросателіти є досить поліморфними. Високий поліморфізм у поєднанні з повсюдним поширенням і мультиалелізмом робить їх дуже перспективними в якості молекулярних маркерів [45].

Маркери SSR часто використовуються для молекулярних досліджень пшениці, тому що вони мають кодомінантний тип спадкування, локусну специфічність, відтворюваність і високий рівень інформативності [20]. Крім того, вони мають багатоядерну природу, специфічність до хромосом, високий коефіцієнт поліморфізму і широке поширення по всьому геному пшениці, що робить його придатним молекулярним маркером для досліджень генетичних характеристик цієї культури [23; 46].

Використовуючи SSR маркери, R.S. Tomar і співавтори [47] провели кореляційний аналіз морфологічних і агрономічних ознак в умовах водного стресу і виявили філогенетичний зв'язок між 31 генотипом пшениці. Генетична різноманітність сортів озимої і ярої пшениці з точки зору стійкості до посухи була вивчена не лише фенотиповими спостереженнями, але й за допомогою SSR [48].

M. Golabadi та співавтори [49] використали мікросателітні маркери для ідентифікації QTL із такими ознаками, як маса тисячі зерен та індекс врожаю. M. Faheem зі співавторами [50] методом SSR досліджували генетичну різноманітність D-геному пшениці з точки зору посухостійкості. P. Ramya та співавтори [51], використовуючи SSR маркери, дали генетичну характеристику 24 сучасним сортам пшениці щодо їх використання в селекції на посухостійкість. Беручи до уваги результати багатьох досліджень, можна констатувати, що SSR маркери є досить корисними та надійними, а тому можуть бути ефективно використані для ідентифікації генів посухостійкості пшениці.

ISSR (Inter Simple Sequence Repeats, ділянка геному між двома сусідніми, протилежно орієнтованими мікросателітами) – в якості праймерів використовується послідовність серцевинної частини мікросателіту з декількома (1-3) нуклеотидами, які примикають до тандему повторностей [37]. Десятки фрагментів безлічі локусів, отриманих під час ПЛР, розподіляються електрофорезом і оцінюються на присутність (внаслідок домінантності маркерів) фрагментів певного розміру. Головна перевага цього типу маркерів – відсутність необхідності знання послідовностей при конструюванні праймерів [37].

ISSR – полілокусна система, яка за рахунок подовження праймера і підвищення температури відпалу характеризується більш високою точністю і відтворюваністю результатів, зберігаючи при цьому відносно невисоку собівартість [52]. Ця маркерна система може бути використана як експрес-метод встановлення генетичного поліморфізму. Інвертовані повтори викликають особливий інтерес, оскільки схильність до формування вторинних структур ДНК (шпильок, петель) становить основу для геномної нестабільності в ділянках їх локалізації [53].

При проведенні ISSR-аналізу немає потреби в попередній інформації про ділянку ДНК, що ампліфікується [54]. Цей метод характеризується високою точністю і відтворюваністю результатів. В якості праймерів для ISSR-аналізу поліморфізму ДНК використовують короткі ди- і тринуклеотидні мікросателітні повтори. Такі праймери дозволяють ампліфікувати фрагменти ДНК, які знаходяться між двома досить близько розташованими інвертованими мікросателітами. В результаті ампліфікується досить велика кількість фрагментів, представлених на електрофореграмі дискретними смугами (ISSR-фінгерпрінтинг). У геномах рослин кількість мікросателітних повторів досить велика, що робить цей метод зручним для генетичного аналізу [55]. ISSR-метод не вимагає попереднього знання нуклеотидної послідовності досліджуваної ДНК, характеризується високою відтворюваністю і може бути з успіхом використаний для виявлення посухостійких форм.

У дослідженні R.H. Maqsood та співавторів [56] за використання ISSR-аналізу у пшениці визначено

З QTL локуси, пов'язані з відносним вмістом води, термостабільністю клітинної мембрани та швидкістю фотосинтезу. У роботі автори використовували чотири ISSR праймери, які відобразили 73 поліморфні смуги із загальної їх кількості – 623.

За допомогою критерію Хі-квадрат показано, що 61 смуга розділена з коефіцієнтом поділу 3:1. Позитивна кореляція між відносним вмістом води, стабільністю клітинної мембрани, швидкістю фотосинтезу та масою тисячі зерен засвідчила, що виявлені QTL локуси можуть суттєво збільшити врожайність за стресових умов. Автори дійшли висновку, що виявлені локуси можуть бути корисними для селекціонерів при створенні посухостійких сортів пшениці.

RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA, випадково ампліфікована поліморфна ДНК) – метод ампліфікації ДНК сегментів із використанням випадкових праймерів (приблизно 10 нуклеотидів), що не вимагає попереднього знання послідовності ДНК [37; 57]. Однак внаслідок стохастичної природи ДНК ампліфікації важливими є оптимізація і підтримка відповідних умов для отримання відтворюваних результатів [58; 59].

Незважаючи на низьку специфічність, підвищену чутливість до умов реакції і не досить високу відтворюваність результатів, ці маркери мають низьку перевагу перед іншими маркерними системами: швидкість і простота методу, використання довільних 10-нуклеотидних праймерів, універсальних для різних видів і родів живих організмів, порівняно низька собівартість [60].

Крім того, RAPD – це полілокусна система, яка дозволяє аналізувати відразу значну частину генотипу, що досить зручно при вивченні генетичної структури популяцій, встановленні родинних зв'язків між таксонами, порівняння геномів різних груп організмів [61]. Метод використовується при вивченні генетичної різноманітності мало вивчених таксономічних груп, його рідко застосовують при пошуку асоціації з господарсько-цінними ознаками, за винятком картування генів кількісних ознак [62]. Показано, що специфічний фрагмент OPZ09-590 є RAPD-маркером, зчепленим із геном стійкості до осмотичного стресу [63].

У дослідженні М. Вагакат зі співавторами [64] два типи молекулярних маркерів RAPD і ISSR були використані для визначення генетичного різноманіття серед 12 генотипів пшениці. Високий рівень поліморфізму був виявлений як із маркерами RAPD, так і з ISSR. В аналізі RAPD за допомогою 30 праймерів було отримано 322 фрагменти ДНК, з яких 18,6% виявилися поліморфними в усіх генотипів, у той час як решта ампліконів (81,4%) були поліморфними в одному або декількох генотипах.

В ISSR аналізі 192 із 238 фрагментів (80,7%) виявилися поліморфними. Специфічні RAPD та ISSR маркери були успішно розроблені для ідентифікації стійких (Ksu103, Ksu105) і сприйнятливої

(Yesora Rojo) до посухи сортів. Автори підсумували, що молекулярні маркери продемонстрували високий ступінь варіації серед проаналізованих генотипів пшениці, які є цінним джерелом генетичного різноманіття пшениці і можуть бути використані у майбутніх селекційних програмах цієї культури.

R. Deshmukh та співавтори [65] використовували RAPD маркери для виявлення поліморфізму у 12 сортів пшениці, зокрема для аналізу щодо їх стійкості і сприйнятливості до посухи. Всього для ідентифікації цих геномних ділянок було використано 14 маркерів, з яких один продемонстрував поліморфну структуру з поліморфізмом 18,6%, чітко розділяючи генотипи на стійкі і сприйнятливі до посухи.

Автори наголосили, що хоча для створення більш специфічних і тісних асоціацій зі стійкими до посухи локусами потрібні більш досконалі методології, RAPD є простим, швидким і ефективним засобом ідентифікації стійких до водного стресу сортів. Ефективність використання цього типу маркерів під час скринінгу посухостійких форм пшениці підтверджено також у працях інших авторів [66; 67].

CAPS (cleaved amplified polymorphic sequences, розщеплені ампліфіковані поліморфні послідовності) – ампліфікація послідовностей, що вирізуються за місцем рестрикції відповідних пізнаванню рестриктазою нуклеотидних поліморфних гомологічних ділянок [37]. Відмінності виявляються за довжиною фрагментів ДНК, які чітко розділяються при електрофорезі.

Принцип роботи CAPS-маркерів базується на ампліфікації невеликого фрагменту ДНК замість використання усього геному [68; 69]. CAPS-маркери є кодомінантними і дозволяють виявляти поліморфізм у великій кількості зразків. Розробка і використання CAPS-маркерів сприяє більш точному картуванню генів стійкості культурних рослин до різного роду стресів [70; 71]. Ця система маркерів успішно застосовується в молекулярній біології для оцінки генетичних ресурсів різних груп рослин, у тому числі пшениці [72].

Розроблений CAPS-маркер P22F/Pra/PvuII дозволяє відрізнити гени-кандидати *DREB* (dehydration-responsive element-binding protein) пирійного походження від генів *DREB* м'якої пшениці. Вбудовування подібних генів у чужий геном дозволяє підвищувати стійкість рослин до абіотичних стресів, у тому числі дефіциту вологи [73].

SNP (single-nucleotide polymorphism; поліморфізм за одним нуклеотидом) – маркери цього типу досить часто використовуються в дослідженнях геному [74]. Техніка базується на тому, що в організмах зміни в одному нуклеотиді призводять до точкових мутацій, зумовлюючи поліморфізм за одним нуклеотидом. Для створення специфічних праймерів необхідне знання послідовностей і фланкуючих ділянок.

Оскільки метод дозволяє автоматизовано здійснювати високоякісне генотипування з одночасним

використанням великої кількості SNP-маркерів, присутність багатьох тисяч проб на чіпі дозволяє одночасно аналізувати достатню кількість SNP-локусів [75]. Водночас відмінність алелей лише за одним нуклеотидом і безліч проб унеможливило створення оптимальних умов гібридизації для всього масиву зразків. У низці випадків це призводить до гібридизації аналізованої ДНК з невідповідними пробами [76].

Розроблені молекулярні SNP-маркери, які можуть бути використані для подальшого аналізу асоціації нуклеотидного поліморфізму гена *SRLK* (salt-induced receptor-like kinase), підвищена експресія якого активує роботу інших генів – факторів транскрипції *MtZpt2-1* і *MtZpt-2*, що формують захисну реакцію на засолення у різних видів люцерни [77]. Маркери однонуклеотидного поліморфізму є надійними завдяки їх високій чисельності і економічній ефективності насамперед завдяки досягненням у технології секвенування і їх застосуванню для генотипування різних видів сільськогосподарських культур, зокрема пшениці [78].

Функціональні маркери (ФМ) є ідеальними молекулярними маркерами для селекції пшениці і точно визначають алелі цільового гена. ФМ розробляються з поліморфізмів послідовностей, присутніх у алельних варіантах функціонального гена в локусі [79]. Вони перевершують випадкові ДНК-маркери, такі як RFLP і SSR, завдяки повному їх зв'язку з алелями відповідного локусу.

Нині розроблено 97 ФМ для ідентифікації 93 алелей на основі послідовностей відповідних генів та описано загальний підхід щодо ідентифікації генів пшениці і розробки ФМ [80]. Крім того, описано 14 молекулярних маркерів, специфічних для чужорідних генів, виведених від близьких родичів пшениці [79].

Для ампліфікації ДНК І.М. Нусєнова та співавтори [80] у своїх дослідженнях використали дві пари геном-специфічних праймерів, розроблених для генів *DREB1* пшениці. У 69 із 75 генотипів пшениці методом ПЛП-аналізу з використанням функціонального маркера P25F/P25R, специфічного до гена *DREB A1*, були виявлені діагностичні амплікони розміром 596 п.н. Наявність гена *DREB D1* у геномі D перевіряли за допомогою специфічного функціонального маркера P22F/P22R, а ампліфікація фрагментів довжиною 586 п.н. спостерігалася у 56 генотипів пшениці.

А.В. Baval' зі співавторами [10] за допомогою функціональних маркерів, спеціально синтезованих для А, В і D геномів пшениці, провели ідентифікацію *Dreb1* генів у рослин-регенерантів пшениці, індукованих із стійких калюсних ліній. Праймер P25F/P25R синтезований для ампліфікації фрагментів ДНК розміром 596 п.н. *Dreb A1* гена в геномі А. P21F/P21R також було обрано як праймер, що ампліфікує відповідну ділянку (ДНК фрагмент, розміром 1113 п.н.) цього ж гена.

Праймери P22F/P22R і P20F/P20R синтезовані для послідовностей *Dreb1* гена з генома D, результатом ампліфікації яких є фрагменти ДНК роз-

міром 596 і 1193 п.н. відповідно. Праймер P18F/P18R, який ампліфікував ДНК фрагменти розміром 717 і 789 п.н., був синтезований як специфічний праймер для В геному.

У результаті досліджень за використання п'яти пар праймерів, специфічних до *Dreb1* генів пшениці, авторами показано, що тільки чотири з них є придатними для аналізу рослин-регенерантів. Дослідники припускають, що стійкість до водного дефіциту у отриманих форм може бути пов'язана з генетичною мінливістю, яка зачіпає регуляторні гени, зокрема *Dreb1*, та очевидно зумовлюється зміною їх експресії. Показано, що амплікони розміром 596 п.н. та 717 п.н., продукти ампліфікації генів *Dreb A1* та *Dreb B1*, виявляються тільки у стійких до водного дефіциту регенерантів і відсутні у нестійких форм.

IRAP (Inter-Retrotransposon Amplified Polymorphism) – метод ампліфікації геномної ДНК між близько розташованими послідовностями ретротранспозонів [37; 81]. Однією з переваг цього методу є можливість одночасного аналізу багатьох локусів у різних ділянках геному [82; 83]. Поліморфізм у цьому випадку зумовлюється або мутацією в ділянці зв'язування праймера, або безпосередньо транспозицією через вбудовування ретротранспозонів в іншу ділянку ДНК [10; 14; 83]. Літературні джерела свідчать про ефективність використання цього методу для дослідження генетичних зв'язків між популяціями та видами [9; 14; 21], генетичного картування та аналізу соматональних варіацій у злакових культур [10; 14].

Результати роботи дослідників Інституту фізіології рослин і генетики НАН України [10] свідчать про активацію ретротранспозону *Cassandra* у м'якої пшениці в процесі добору на стійкість до водного дефіциту та показано специфічність змін у спектрах продуктів ампліфікації ДНК. Методом IRAP-аналізу виявлено, що амплікони розміром 596 п.н. та 717 п.н. – продукти генів *Dreb A1* та *Dreb B1*, наявні у стійких до водного дефіциту рослин і відсутні у нестійких форм.

Транскриптомний аналіз. Транскриптомний аналіз передбачає застосування ДНК-мікрочипів, які є скляною основою з упорядкованими рядками. На чип можуть бути нанесені унікальні клони комплементарної ДНК (кДНК) від 10 до 15 тисяч. Фрагменти кДНК на чіпі геномспецифічні, а їх розмір варіює в межах 200-2500 нуклеотидів [84; 85].

Із тканин рослини виділяється інформаційна РНК, на основі якої за допомогою реакції зворотної транскрипції синтезується кДНК, при цьому використовують синтетичні олігонуклеотиди, що мічені флуоресцентною міткою. Зразок кДНК є сумішшю транскриптів більшості генів, які активно експресуються на певному етапі онтогенезу рослин або за дії певного патогена [86]. Під час гібридизації такого зразка на мікрочип мічені транскрипти генів утворюють дуплекс із кДНК, яка закріплена на мікрочіпі. За інтенсивністю флуоресценції визначають

рівень експресії кожного гена в тканинах рослини на зміну умов середовища [85].

Дослідники із Національного інституту генетичної інженерії та біотехнології (Іран) і Державного університету Південної Дакоти (США) у спільних дослідженнях [19] методом транскриптомного аналізу досліджували гени, які беруть участь у реакції на водний дефіцит, у сортів м'якої пшениці місцевої селекції. Моделюючи умови посухи, вчені у сорту L-82 виявили підвищений рівень експресії генів, пов'язаних із захистом від окисного стресу. Автори наголосили, що виділений стійкий сорт може бути використаний у якості донора генів посухостійкості і є цінним вихідним матеріалом у подальшій селекції пшениці.

Варто підкреслити, що однією з ключових переваг використання молекулярних маркерів є те, що з їх допомогою можна проводити добір за генотипом, тоді як у традиційній селекції добір індивідуальних рослин для схрещувань здебільшого здійснюється на основі аналізу фенотипу [86].

Попри зазначені вище переваги застосування технології MAS у селекції пшениці має і певні недоліки. Насамперед це пошук молекулярних маркерів і підбір до них праймерів потребує проведення додаткової тривалої роботи. Окрім того, для коректної інтерпретації результатів досліджень слід враховувати той факт, що застосування маркерів пов'язане з низкою помилок генотипування, головні з яких – випадіння

більших алелей, «нуль» алелі, «stutter» алелі внаслідок особливостей *Tag*-полімерази, негомологічність ампліфікованих послідовностей однакового розміру (гомоплазія) [37]. Такий підхід характеризується також надзвичайним рівнем складності та потребує дороговартісного обладнання, а тому не завжди є економічно виправданим.

Головні висновки. Таким чином, аналіз літератури дозволив виявити світову тенденцію щодо застосування молекулярних маркерів для ідентифікації сортів пшениці з цінними практичними властивостями. Молекулярно-генетичний аналіз на основі ПЛР натеper широко використовується при створенні посухостійких сортів пшениці, а впровадження ДНК-технологій дозволяє розширювати можливості спрямованої селекції.

Молекулярні маркери можуть мати перевагу при ідентифікації стійких форм рослин у видів, механізм стійкості яких реалізується на різних етапах онтогенезу, що може бути складно або зовсім не можливо виконати іншими методами. Пошук джерел стійкості, маркування та ідентифікація генів, що відповідають за посухостійкість рослин, лежить в основі сучасної селекції. Застосування молекулярних маркерів значно спрощує ідентифікацію стійких генотипів та дає можливість ефективно прискорити селекційний процес, тому в багатьох країнах вважається важливим доповненням до класичних методів селекції сільськогосподарських рослин, зокрема пшениці.

Література

- Breiman A., Graur D. Wheat evaluation. *Israel Journal Plant Sciences*. 1995. Vol. 43. № 2. P. 58–95.
- Черенков А.В., Гасанова І.І., Солодушко М.М. Пшениця озима – розвиток та селекція культури в історичному аспекті. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2014. № 6. С. 3–6.
- Жемела Г.П., Кузнецова О.А. Вплив сортових властивостей на продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 23–25.
- Bartels D., Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2005. Vol. 24. № 1. P. 23–58.
- Raveena Bharti R., Chaudhary N. Drought resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.): a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. Vol. 8. № 9. P. 1780–1792.
- Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*. 2005. Vol. 56. № 11. P. 1159–1168.
- Срмоленко Н.С., Хохлов В.М. Порівняння просторово-часових характеристик посух в Україні на початку та наприкінці ХХ сторіччя. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. № 10. С. 65–72.
- Моргун В.В., Дубровна О.В., Моргун Б.В. Сучасні біотехнології отримання стійких до стресів рослин пшениці. *Физиология растений и генетика*. 2016. Т. 48. № 3. С. 196–214.
- Дубровна О.В., Моргун Б.В., Бавол А.В. Біотехнології пшениці: клітинна селекція та генетична інженерія. К.: Логос, 2014. 375 с.
- Bavol A.V., Zinchenko M.O., Dubrovna O.V. Molecular polymorphism of wheat cell lines resistant to metabolites produced by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* under the effect of osmotic stress. *Cytology and Genetics*. 2014. Vol. 48. № 1. P. 49–54.
- Dehghani I., Mostajeran A., Esmaceli A., Ghannadian M. The role of *DREB2* gene in drought tolerance of common wheat (*Triticum aestivum* L.) associated with *Azospirillum brasilense*. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2019. Vol. 17. № 2. P. 4883–4902.
- Abd El-Hadi A.A. Molecular characterization of some durum wheat drought tolerant mutants by RAPD and ISSR analysis. *Arab Journal of Biotechnology*. 2012. Vol. 15. № 1. P. 77–90.
- Ribaut J.-M., Poland D. Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water-limited environments. A Strategic Planning Workshop held at CIMMYT. 1999. 180 p.
- Кунах В.А. Мобільні генетичні елементи і пластичність геному рослин. К.: Логос, 2013. 300 с.
- De Leonardis A.M., Marone D., Mazzucotelli E., Neffar F., Rizza F., Di Fonzo N., Cattivelli L., Mastrangelo A.M. Durum wheat genes upregulated in the early phases of cold stress are modulated by drought in a developmental and genotype dependent manner. *Plant Science*. 2007. Vol. 172. № 5. P. 1005–1016.
- Sivamani E., Bahieldin A., Wraith J.M., Al-Niemi T., Dyer W.E., Ho T.H.D., Qu R. Improved biomass productivity and water use efficiency under water deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley HVA1 gene. *Plant Science*. 2000. Vol. 155. № 1. P. 1–9.

17. Fàbregas N., Fernie A.R. The metabolic response to drought. *Journal of Experimental Botany*. 2019. Vol. 70. № 4. P. 1077–1085.
18. Sallam A., Alqudah A.M., Dawood M.F., Baenziger P.S., Börner A. Drought stress tolerance in wheat and barley: advances in physiology, breeding and genetics research. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20. № 13. 3137.
19. Chaichi M., Sanjarian F., Razavi K., Gonzalez-Hernandez J.L. Analysis of transcriptional responses in root tissue of bread wheat landrace (*Triticum aestivum* L.) reveals drought avoidance mechanisms under water scarcity. *PLoS one*. 2019. Vol. 14. № 3. e0212671.
20. Eid M. Validation of SSR molecular markers linked to drought tolerant in some wheat cultivars. *Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2018. Vol. 6. № 3. C. 95–109.
21. Grandbastien M.A. Activation of plant retrotransposons under stress conditions. *Trends Plant Science*. 1998. Vol. 3. № 5. P. 181–187.
22. McClintock B. The significance of responses of the genome to challenge. *Science*. 1984. Vol. 226. № 4676. P. 792–801.
23. Sönmezöglü Ö.A., Terzi B. Characterization of some bread wheat genotypes using molecular markers for drought tolerance. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2018. Vol. 24. № 1. P. 159–166.
24. Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 2007. Vol. 58. № 2. P. 221–227.
25. Fleury D., Jefferies S., Kuchel H., Langridge P. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*. 2010. Vol. 61. № 12. P. 3211–3222.
26. Rana R.M., Rehman S.U., Ahmed J., Bilal M. A comprehensive overview of recent advances in drought stress tolerance research in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Agriculture and Biology*. 2013. Vol. 1. № 1. P. 29–37.
27. Lakhneko O.R., Stepanenko A.I., Morgun B.V., Kuzminskiy Ye.V. Polymorphism of some transcription factor genes related to drought tolerance in wheat. *Biotechnologia Acta*. 2018. Vol. 11. № 2. P. 47–56.
28. Bidhan R., Noren S.K., Mandal A.B., Basu A.K. Genetic engineering for abiotic stress tolerance in agricultural crops. *Biotechnology*. 2011. Vol. 10. № 1. P. 1–22.
29. Moose S.P., Mumm R.H. Molecular plant breeding as the foundation for 21st century crop improvement. 2008. *Plant Physiology*. Vol. 147. № 1. P. 969–977.
30. Ciucă M., Petcu E. SSR markers associated with membrane stability in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Romanian Agricultural Research*. 2009. Vol. 29. P. 21–24.
31. Farokhzadeh S., Fakheri B.A., Nezhad N.M., Tahmasebi S., Mirsoleimani A. Mapping QTLs of flag leaf morphological and physiological traits related to aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019. Vol. 25. № 4. P. 975–990.
32. Devi R., Ram S., Rana V., Malik V.K., Pande V., Singh G.P. QTL mapping for salt tolerance associated traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*. 2019. Vol. 215. № 12. C. 210.
33. Touzy G., Rincint R., Bogard M., Lafarge S., Dubreuil P., Mini A., Deswarte J.-C., Beauchêne K., Le Gouis J., Praud S. Using environmental clustering to identify specific drought tolerance QTLs in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2019. Vol. 132. № 10. P. 2859–2880.
34. Hayward A.C., Tollenaere R., Dalton Morgan J., Batley J. Molecular marker applications in plants. *Methods in Molecular Biology*. 2015. Vol. 1245. P. 13–27.
35. Milad S.I., Wahba L.E., Barakat M.N. Identification of RAPD and ISSR markers associated with flag leaf senescence under water stressed conditions in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Australian Journal of Crop Science*. 2011. Vol. 5. P. 334–340.
36. Botstein D., White R.L., Skolnick M., Davis R.W. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American Journal of Human Genetics*. 1980. Vol. 32. № 3. P. 314–331.
37. Омашева М.Е., Аубакирова К.П., Рябушкина Н.А. Молекулярные маркеры. Причины и последствия ошибок генотипирования. *Биотехнология. Теория и практика*. 2013. Вып. 4. С. 20–28.
38. Semagn K., Bjørnstad Å., Ndjiondjop M.N. An overview of molecular marker methods for plants. *African Journal of Biotechnology*. 2006. Vol. 5. № 25. P. 2540–2568.
39. Morgan J.M., Tan M.K. Chromosomal location of a wheat osmoregulation gene using RFLP analysis. *Functional Plant Biology*. 1996. T. 23. № 6. C. 803–806.
40. Weng Y.J. RFLP molecular marker of salinity tolerance gene in wheat germplasm Chadian Red. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*. 1999. Vol. 3. P. 1–5
41. Powell W., Machray G.C., Provan J. Polymorphism revealed by simple sequence repeats. *Trends in Plant Science*. 1996. Vol. 1. № 7. P. 215–222.
42. Chung S.M., Staub J.E., Chen J.F. Molecular phylogeny of Cucumis species as revealed by consensus chloroplast SSR marker length and sequence variation. *Genome*. 2006. Vol. 49. № 3. P. 219–229.
43. Rajendrakumar P., Biswal A.K., Balachandran S.M., Srinivasarao K., Sundaram R.M. Simple sequence repeats in organellar genomes of rice: frequency and distribution in genic and intergenic regions. *Bioinformatics*. 2007. Vol. 23. P. 1–4.
44. Hicks M., Adams D., O’Keefe S., Macdonald E., Hodgetts R. The development of RAPD and microsatellite markers in lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*). *Genome*. 1998. Vol. 41. P. 797–805.
45. Paniego N., Echaide M., Munoz M., Fernandez L., Torales S., Faccio P., Fuxan I., Carrera M., Zandomeni R., Suarez E.Y., Hopp H.E. Microsatellite isolation and characterization in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Genome*. 2002. Vol. 45. № 1. P. 34–43.
46. El Siddig M.A., Baenziger P.S., Dweikat I., El Hussein A.A., Preliminary screening for water stress tolerance and genetic diversity in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from Sudan. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. Vol. 11. № 2. P. 1–8.
47. Tomar R.S., Deshmukh R.K., Naik K.B., Tomar S.M.S. Development of chloroplast-specific microsatellite markers for molecular characterization of alloplasmic lines and phylogenetic analysis in wheat. *Plant Breeding*. 2013. Vol. 133. № 1. P. 12–18.

48. Dodig D., Zori M., Kobiljski B., Momirovi G.S., Quarrie S.A. Assessing drought tolerance and regional patterns of genetic diversity among spring and winter bread wheat using simple sequence repeats and phenotypic data. *Crop and Pasture Science*. 2010. Vol. 61. P. 812–824.
49. Golabadi M., Arzani A., Mirmohammadi Maibody S.A.M., Sayed Tabatabaei B.E., Mohammadi S.A. Identification of microsatellite markers linked with yield components under drought stress at terminal growth stages in durum wheat. *Euphytica*. 2011. Vol. 177. P. 207–221.
50. Faheem M., Mahmood T., Shabbir G., Akhtar N., Gul. A., Mujeeb-Kazi A. Assessment of D-genome based genetic diversity in drought tolerant wheat germplasm. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2015. Vol. 17. № 4. P. 791–796.
51. Ramya P., Jain N., Singh P.K., Singh G.P., Prabhu K.V. Population structure, molecular and physiological characterisation of elite wheat varieties used as parents in drought and heat stress breeding in India. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2015. Vol. 75. № 2. P. 250–252.
52. El-Moneim A. Characterization of ISSR and SCoT markers and TaWRKY gene expression in some Egyptian wheat genotypes under drought stress. *Journal of Plant Production Sciences*. 2019. Vol. 8. № 1. P. 31–46.
53. Бавол А.В., Злацька А.В. Поліморфізм ДНК калюсних ліній пшениці, стійких до культурального фільтрату *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* за використання ISSR-методу. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2009. Т. 41. № 1. С. 69–74.
54. Nazarzadeh Z., Onsoori H., Akrami S. Genetic diversity of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using RAPD and ISSR molecular markers. *Journal of Genetic Resources*. 2020. Vol. 6. № 1. P. 69–76.
55. Abd El-Aziz G.H., Ahmed S.S., El Mangoury K., Fahmy A.H. Using different growth regulators in wheat to overcome negative effects of drought stress as one of climate change impacts and evaluation of genetic variation using ISSR. *Advances in Environmental Biology*. 2016. Vol. 10. № 6. P. 82–91.
56. Maqsood R.H., Amjid M.W., Saleem M.A., Shabbir G., Khaliq I. Identification of genomic regions conferring drought tolerance in bread wheat using ISSR markers. *Pakistan Journal of Botany*. 2017. Vol. 49. № 5. P. 1821–1827.
57. Shu Q.Y., Liu G.S., Qi D.M., Chu C.C., Liu. J., Li H.J. An effective method for axillary bud culture and RAPD analysis of cloned plants in tetraploid black locust *Plant Cell Report*. 2003. Vol. 22. № 3. P. 175–180.
58. Sreedhar R.V., Venkatachalam L., Bhagyalakshmi N. Genetic fidelity of long-term micropropagated shoot cultures of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) as assessed by molecular markers. *Biotechnology Journal*. 2007. Vol. 2. № 8. P. 1007–1013.
59. Rai G.K., Singh M., Rai N.P., Bhardwaj D.R., Kumar S. In vitro propagation of spine gourd (*Momordica dioica* Roxb.) and assessment of genetic fidelity of micropropagated plants using RAPD analysis. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2012. Vol. 18. № 3. P. 273–280.
60. Williams J.G.K., Kubelik A.R., Livak K.J., Rafalski J.A., Tingey S.V. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research*. 1990. Vol. 18. № 22. P. 6531–6535.
61. Garcia A.A.F., Banchimol L.L., Barbosa A.M.M. Comparison of RAPD, RFLP, AFLP and SSR markers for diversity studies in tropical maize inbred lines. *Genetics and Molecular Biology*. 2004. Vol. 27. № 4. P. 579–588.
62. Ballesta P., Mora F., Del Pozo A. Association mapping of drought tolerance indices in wheat: QTL-rich regions on chromosome 4A. *Scientia Agricola*. 2020. Vol. 77. № 2. e20180153.
63. Weng Y.J., Chen D.M. Molecular markers and its clone for salt tolerance gene in wheat. *Acta genetica Sinica*. 2002. Vol. 29. № 4. P. 343–349.
64. Barakat M., Al-Doss A.A., Moustafa K., Ibrahim E. Morphological and molecular characterization of Saudi wheat genotypes under drought stress. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2010. Vol. 8. № 1. P. 220–228.
65. Deshmukh R., Tomar N.S., Tripathi N., Tiwari S. Identification of RAPD and ISSR markers for drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2012. Vol. 18. № 1. P. 101–104.
66. Gorji A.H., Darvish F., Esmaeilzadehmoghadam M., Azizi F. Application RAPD technique for recognition genotypes tolerant to drought in some of bread wheat. *Asian Journal of Biotechnology*. 2010. Vol. 2. № 3. P. 159–168.
67. El Ameen T.M. Molecular markers for drought tolerance in bread wheat. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*. 2013. Vol. 4. № 4. P. 171–179.
68. Heubl G. New aspects of DNA-based authentication of Chinese medicinal plants by molecular biological techniques. *Planta Medica*. 2010. Vol. 76. № 17. P. 1963–1974.
69. Hu C.Y., Tsai Y.Z., Lin S.F. Development of STS and CAPS markers for variety identification and genetic diversity analysis of tea germplasm in Taiwan. *Botanical Studies*. 2014. Vol. 55. № 1. P. 1–15.
70. Cui Y., Lee M.Y., Huo N., Bragg J., Yan L., Yuan C., Li C., Holditch S.J., Xie J., Luo M.C., Li D., Yu J., Martin J., Schackwitz W., Gu Y.Q., Vogel J.P., Jackson A.O., Liu Z., Garvin D.F. Fine mapping of the Bsr1 barley stripe mosaic virus resistance gene in the model grass *Brachypodium distachyon*. *PLoS One*. 2012. Vol. 7. № 6. e38333.
71. Jo K.-R., Arens M., Kim T.-Y., Jongsma M.A., Visser R.G.F., Jacobsen E., Vossen H.J. Mapping of the *S. demissum* late blight resistance gene R8 to a new locus on chromosome IX. *Theoretical and Applied Genetics*. 2011. Vol. 123. № 8. P. 1331–1340.
72. Shavrukov Y. Comparison of SNP and CAPS markers application in genetic research in wheat and barley. *BMC Plant Biology*. 2016. Vol. 16. P. 1–11.
73. Почтовый А.А., Карлов Г.И., Дивашук М.Г. Создание молекулярных маркеров на гены DREB пырейного происхождения, обеспечивающих повышение засухоустойчивости в геномах злаков. *Вестник Башкирского университета*. 2013. Т. 18. № 3. С. 745–747.
74. Brookes A.J. The essence of SNPs. *Gene*. 1999. Vol. 234. № 2. P. 177–186.
75. Шаптуренко М.Н., Вакула С.В., Корзун В., Хотылева Л.В. SNP-анализ генетического разнообразия пшеницы Беларуси. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2016. Vol. 60. № 4. P. 98–103.
76. Varshney A., Mohapatra T., Sharma R.P. Development and validation of CAPS and AFLP markers for white rust resistance gene in *Brassica juncea*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004. Vol. 109. P. 153–159.

77. Вишнева М.С., Павлов А.В., Дзюбенко Е.А., Дзюбенко Н.И., Потокина Е.К. Нуклеотидный полиморфизм гена *SRLK*, определяющего устойчивость к засолению люцерны посевной (*Medicago sativa* L.). *Генетика*. 2014. Т. 50. № 4. С. 433–442.
78. Silvar C., Perovic D., Casas A.M., Igartua E., Ordon F. Development of a cost-effective pyrosequencing approach for SNP genotyping in barley. *Plant Breeding*. 2011. Vol. 130. № 3. P. 394–397.
79. Liu Y., He Z., Appels R., Xia X. Functional markers in wheat: current status and future prospects. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012. Vol. 125. № 1. P. 1–10.
80. Huseynova I.M., Rustamova S.M., Abdullayeva G.R. Application of PCR-based functional markers for identification of DREB1 genes in *Triticum aestivum* L. *SciFed Biotech & Bioengineering Journal*. 2018. Vol. 1. P. 1.
81. Morgun B.V., Dubrovna O.V. IRAP analysis of transgenic wheat plants with a double-stranded RNA suppressor of the proline dehydrogenase gene. *Cytology and Genetics*. 2019. Vol. 53. № 5. P. 384–391.
82. Дубровна О.В., Гончарук О.М., Великожон Л.Г. IRAP-аналіз генетично модифікованих рослин пшениці, отриманих за *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації *in vitro*. *Физиология растений и генетика*. 2017. Т. 49. № 2. С. 110–120.
83. Dubrovna O.V., Velikozhon L.G., Slivka L.V., Kondratskaya I.P., Reshetnikov V.N., Makai S. Detection of DNA polymorphism of transgenic wheat plants with proline metabolism heterologous genes. *Plant Physiology and Genetics*. 2020. Vol. 52. № 3. P. 196–207.
84. Сиволап Ю.М., Кожухова Н.Э., Каледарь Р.Н. Вариабельность и специфичность геномов сельскохозяйственных растений. Одесса : Астроспринт, 2011. 336 с.
85. Леск А. Введение в биоинформатику. М. : Бином, 2009. 320 с.
86. Литвиненко М.А., Топал М.М., Шестопал О.Л., Замбриборщ І.С., Галаев О.В. Удосконалена технологія селекційного процесу пшениці м'якої озимої з використанням біотехнологічних і молекулярно-генетичних методів. Науково-методичний посібник. Одеса : СГІ-НЦНС, 2015. 40 с.

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 661.18:658:614.3

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.32>

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ТА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО ВИРОБНИЦТВА МИЙНИХ ЗАСОБІВ

Веренікін О.М., Слива Ю.В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, 03041, м. Київ
verenikin@delamark.ua

У статті на основі аналізу останніх досліджень доведено, що в більшості наукових праць мийні засоби досліджуються лише в одному з аспектів (хімічний склад, технології виробництва, створення нормативної документації тощо), проте практично відсутні комплексні дослідження з організації енергоефективного та екологічно чистого виробництва мийних засобів. Це підвищує актуальність теми статті, метою якої є узагальнення досвіду проектування, нормативного забезпечення, введення в дію, технологічної та економічної оптимізації виробництва сучасних пральних порошоків з покращеними екологічними властивостями «Royal Powder» (на базі діючого підприємства «ДеЛаМарк»).

На доекспериментальному етапі вивчено світовий і вітчизняний досвід вироблення сучасних мийних засобів, досліджено технології вироблення пральних порошоків в Україні. Останній аспект виявив, що в промислових масштабах пральні порошки виробляються тільки баштовим способом, натомість відсутні оригінальні технології міні-виробництва порошоків.

Упродовж експерименту розроблено проект та організовано виробництво пральних порошоків оригінальної рецептури з поліпшеними функціональними й екологічними властивостями із застосуванням екологічних, енерго- та ресурсозберігаючих технологій і досконалого контролю якості на всіх стадіях виробництва.

У результаті співпраці із сертифікаційною організацією ISO: а) отримано сертифікат ISO 9001 на виробництво продукції; б) здійснено первинний аудит на виробництві згідно зі стандартом ISO 9001; в) отримано допомогу в розробленні менеджменту якості й навчання персоналу компанії «ДеЛаМарк».

Доведено, що застосування принципу «дбайливого виробництва» (скорочення або ліквідації втрат) і мінімізації екологічного впливу на навколишнє середовище можна досягнути в рамках приватного міні-підприємства з виготовлення пральних порошоків шляхом: а) проектування структури експериментального виробництва відповідно до сучасних європейських екологічних і ресурсозберігаючих технологій; б) переобладнання виробничих приміщень; в) дотримання СОУ OEM 08.002.12.065:2016 Засоби мийні та засоби для чищення. Екологічні критерії оцінювання життєвого циклу за схемою сертифікації згідно з ISO 14024 на всіх етапах виробництва й життєвого циклу продукції; г) застосування змішування як основного технологічного процесу виготовлення пральних порошоків.

З'ясовано, що екологічність та ефективність виробництва пральних порошоків «Royal Powder» у рамках експериментального підприємства «ДеЛаМарк» визначаються такими факторами: а) модифікацією сировинного складу; б) оптимізацією процесу технології виробництва; в) орієнтуванням на охорону й збереження навколишнього середовища (застосуванням концепції екологічного менеджменту «зелений офіс»); г) дотриманням принципів «бережного виробництва», що полягає в постійній оптимізації та раціоналізації всього виробничого й післявиробничого циклу. *Ключові слова:* екологічна безпека, підприємство «ДеЛаМарк», безвідходне виробництво, повний цикл очищення води, санітарно-гігієнічні вимоги, виробничі приміщення, шкідливі речовини

The organization of energy-efficient and clean production of washing means. Verenikin O., Slyva Yu.

Large-scale industrial projects, infrastructure restructuring, and even the organization of mini-industries, the implementation of startups in the industry are hypothetical or real sources of negative impact on the environment, therefore, at the planning stage of such projects, a detailed environmental assessment is carried out. The total number of emissions of regulated harmful substances at the DeLaMark enterprise is 0.0004464 tons/year. At the same time, there are no salvo emissions. The maximum possible emissions for sodium olefin sulfonate are 0.8 OEL, for carboxymethylcellulose sodium – 0.53 OEL, for sodium percarbonate – 0.27 OEL, for tetraacetylenediamine 0.67 OEL. Therefore, in view of the essential natural dispersion of pollutants, the projected activity does not pose a threat to the natural environment within two orders of magnitude lower than the regulated OEL. The technological component of the production of washing means with an improved environmental performance at the DeLaMark experimental enterprise meets the environmental and energy-saving requirements that are put forward to enterprises of this profile according to the TR and SUC, and also adheres to the concepts of “green office” and “careful production”, which consists in the constant optimization and rationalization of the entire production cycle and after the production cycle. Production facilities are provided with economic power supply, lighting (natural, also from electric lamps), water supply, sewage, heating, and ventilation. Production is waste-free, with a full cycle of water treatment, and working conditions fully meet sanitary and hygienic requirements. *Key words:* environmental safety, DeLaMark enterprise, waste-free production, full cycle of water purification, sanitary and hygienic requirements, production premises, harmful substances

Постановка проблеми. Масштабні промислові проекти, розбудова інфраструктури й навіть організація міні-виробництв, реалізація стартапів у сфері промисловості є гіпотетичними або реальними джерелами негативного впливу на навколишнє середовище, тому ще на етапі планування подібних проектів проводиться детальна екологічна експертиза.

Актуальність дослідження. Особливо це стосується фабрик і заводів, станцій для зберігання чи транспортування потенційно небезпечних продуктів: «Це зовсім не означає, що менш масштабні проекти можуть здійснюватися без урахування впливів на довкілля. Наслідки впровадження невеликих проектів можуть бути суттєвими в місцевому масштабі, а накопичений ефект від невеликих проектів часто набуває широкого розповсюдження. Ретельне попереднє планування дасть змогу мінімізувати й навіть уникнути забруднення та незворотних змін у довкіллі» [1, с. 114]. У зв'язку з цим на доекспериментальному етапі побудови виробництва мийних засобів (далі – МЗ) з поліпшеними екологічними властивостями проведено низку експертиз, на основі яких розроблено проект організації ресурсозбережувального виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці, обираючи мийні засоби об'єктом досліджень, як правило, вивчають лише окремі аспекти в межах своїх наукових інтересів і сфер діяльності. Зокрема, у рамках косметично-фармацевтичної промисловості виконано наукові дослідження О. Жук, яка працювала над розробкою складу й технології сучасного ефективного, безпечного та гіпоалергенного піно-мийного засобу з додатковою помірною антибактеріальною дією [2]; дослідження Ю. Кордіяки, яка вдосконалювала чинну нормативну документацію, присвячену стандартам і методам випробувань і контролю піно-мийної косметичної продукції [3]. Окремі хімічні аспекти виробництва МЗ вивчали зарубіжні науковці: Г. Моел (динамічні міжфазні властивості низькопінних ПАВ) [4], Я. Новак (вторинні алкансульфонати в побутовій хімії) [5], О. Виглазов (розробка рецептури віддушок для побутової хімії) [6]; Н. Дивакова (доцільне використання ензимів у МЗ) [7]; А. Котомін (дослідження мийної ефективності) [8] тощо.

Мета дослідження – організація енергоефективного та екологічно чистого виробництва мийних засобів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Ще на допроектному етапі задля організації експериментального виробництва МЗ в компанії «ДеЛаМарк» вивчено світовий досвід створення подібної продукції, також принципи й технології виробництва МЗ в Україні. У результаті аналізу вітчизняного досвіду з'ясовано, що в Україні пральні порошки виробляються тільки в значних промислових масштабах баштовим способом, тоді як оригінальних технологій міні-виробництва практично

немає, а саме в рамках міні-цеху найефективніше використовуються екологічні, енерго- та ресурсозберігаючі технології й здійснюється доскональний контроль якості. Керівництвом та експертами дібрано й запущено в дію міні-обладнання для виробництва пральних порошоків з поліпшеними функціональними й екологічними властивостями.

Окрім цього, на експериментальному виробництві застосовується міжнародний стандарт управління менеджментом екологічного й енергозберігаючого підприємства ISO 9001, сутність якого полягає в низці задокументованих заходів, методів і технологій, націлених на досягнення мультимодальної якості продукції (остання версія станом на 2019 рік – ISO 9001:2015).

У результаті співпраці із сертифікаційною організацією ISO досягнуто таких результатів: а) отримано сертифікат ISO 9001 на виробництво продукції; б) здійснено первинний аудит на виробництві згідно зі стандартом ISO 9001; в) отримана допомога в розробці менеджменту якості й навчання персоналу компанії «ДеЛаМарк».

Також в організації експериментального підприємства «ДеЛаМарк» застосовано принцип «дбайливого виробництва» (рос. «рачительное производство»), яке являє собою нову концепцію менеджменту підприємства, що скерований на постійне вдосконалення та зменшення витрат не шляхом перевиробництва, а доцільного виробництва тільки для реалізації. В основі «дбайливого виробництва» лежить принцип максимального скорочення проміжних дій при збереженні й зростанні якості продукції. Ці суб'єкти виробництва (від робочого персоналу – до керівництва) задіяні в процесі економії ресурсів і скорочення або спрощення проміжних ланок виробництва, а головне, уникнення втрат, які, згідно з аналізом Е. Березовського, бувають семи типів (рис. 1).

Нині такий тип менеджменту набуває популярності у світі, є глобальною парадигмою управління виробничими й соціальними процесами. Науковці стверджують, що таке виробництво «передбачає постійне докладання зусиль зі скорочення або ліквідації втрат, що охоплюють процеси, починаючи з проектування й закінчуючи виробництвом, розподілом й підтримкою продукції на наступних етапах. Але йдеться не тільки про скорочення витрат і накладних ресурсів, а й про підвищення швидкості й покращення якості. Це потребує роботи в так званому «дбайливому середовищі» [9, с. 54].

Після прийняття рамкових концепцій, відповідно до проекту, передбачено й здійснено організацію та побудову відповідної архітектурного й технологічного складників підприємства. Для цього автором у 2011 р. ініційовано організацію виробництва шляхом переведення приміщення з нежитлового фонду у виробничий, засновано торгову марку «ДеЛаМарк».

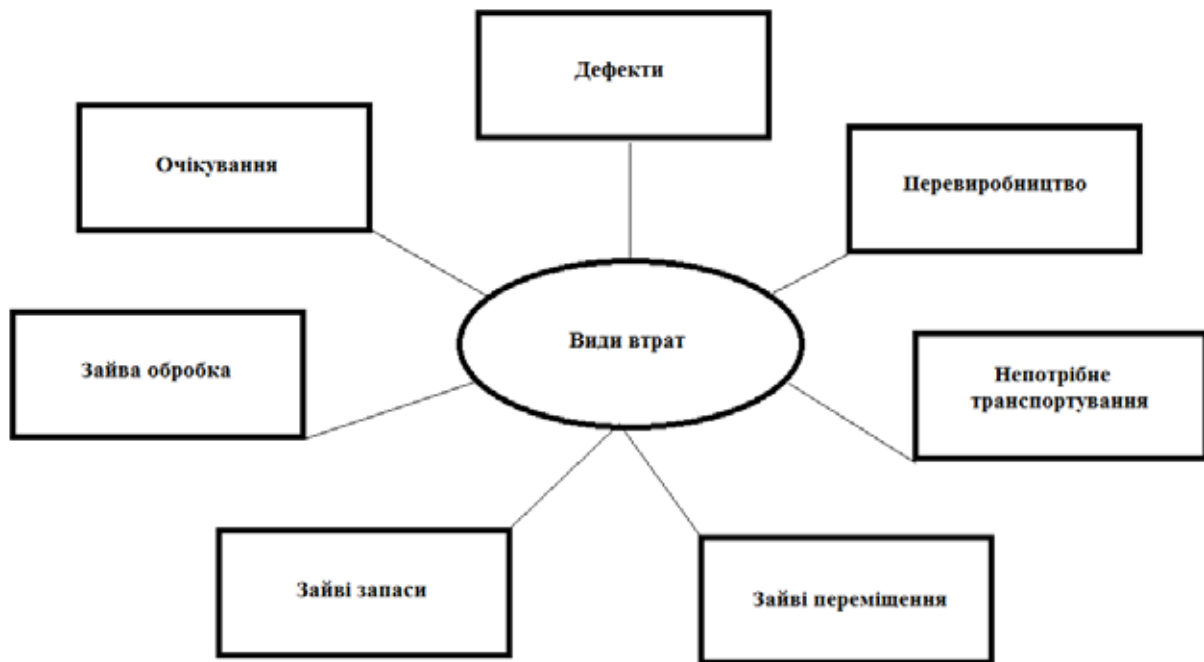


Рис. 1. Типи виробничих втрат, на уникнення яких скероване «дбайливе виробництво»

Переобладнання частини приміщень виробничої будівлі під міні-цех змішування готових складників і розфасовки прального порошку виконано на підставі низки документів (таблиця 1).

Необхідно зазначити, що проектна структура експериментального виробництва «ДеЛаМарк» препарована зусиллями автора до сучасних європейських екологічних і ресурсозберігаючих технологій, передбачених стандартом СОУ ОЕМ 08.002.12.065:2016 Засоби мийні та засоби для чищення. Екологічні критерії оцінювання життєвого циклу за схемою сертифікації згідно з ISO 14024.

Проектом передбачена кількість одночасно задіяних працівників – до 3 чоловік, із них зайнятих безпосередньо у виробництві – 2 людини, ІТП – 1 людина. При цьому приміщення забезпечені електропостачанням, освітленням (природним, також від електричних світильників), водопостачанням, каналізацією, опаленням і вентиляцією. Згідно з ДСНІНБ від 01.07.1999 № 27, наявність санпропускника для цього об'єкта не є обов'язковою.

Екологічність виробничих приміщень визначається передусім внутрішнім опорядженням примі-

щень: а) вирівнюванням стін безпідсичаним покриттям з нанесенням пофарбування акрилово-латексними фарбами; б) вирівнювання підлоги всіх приміщень обов'язково шпаклівкою з наступним покриттям вологостійкою та стійкою до механічних навантажень керамічною плиткою; в) зашиванням гіпсокартонними плитами приладів опалення, які мають морально застарілий дизайн (при цьому для циркуляції повітря в гіпсокартонній обшивці вирізаються отвори, які обрамляються пластиковими решітками).

Матеріали опорядження, арматура, прилади й електричні аксесуари, сантехнічні, столярні вироби тощо, що застосовуються, вироблені на вітчизняних або закордонних підприємствах і мають високу якість. Усі матеріали, що застосовуються, мають вітчизняні сертифікати відповідності до застосування, як протипожежні, так і санітарні.

Усі будівельні роботи з монтажу й оздоблення виконано відповідно до вимог СНіП III-4-80 «Техніка безпеки на будівництві»; рамкова рецептура та технологія змішування й розфасовки розроблені лабораторією синтетичних миючих засобів АТ «ВНДХІМПРОЕКТ».

Таблиця 1

Документи на проектування виробничих приміщень

Документ	Практичне значення
Договір № 21/10 Б від 01.11.2010	Дозвіл на проектування
Техпаспорт на будівлю	Включає частину будівлі, задіяну під міні-цех, виданого БТІ м. Києва
Договір оренди приміщення	Передбачає здійснення нижчезазначеної діяльності
Проект	Передбачається переобладнання частини приміщень виробничої будівлі під міні-цех змішування готових складників і розфасовки прального порошку з максимальним використанням наявного планування приміщень. Площа приміщень становить 80,1 м ²

Розглянемо технологічний бік виробництва мийних засобів з поліпшеними екологічними характеристиками. Так, основним технологічним процесом є змішування, яке здійснюється в один технологічний потік і складається з процесів розважування компонентних складників, подрібнення тих, які цього потребують; змішування всіх компонентів, сушіння природним шляхом у сушильній шафі, розфасовки та пакування. Виробничі потужності проектного цеху, відповідно до наданого технологічного регламенту й характеристик обладнання, дають змогу виробляти до 300 кг прального порошку за 1 робочу зміну (день), тобто до 6 т на місяць. Витрати води становлять на проектному етапі $0,1 \text{ м}^3/\text{добу}$, $0,02 \text{ м}^3/\text{год.}$, а розрахунковий об'єм твердих побутових відходів (ТПВ) від проектної діяльності становить лише до $0,25 \text{ т/рік}$.

Екологічність та ефективність виробництва пральних порошків, які виробляються під торговою маркою «Royal Powder», визначаються: а) сировинними складниками; б) технологією процесу виробництва; в) орієнтуванням на охорону й збереження навколишнього середовища. Розглянемо кожен із вищенаведених аспектів:

1. *Основними сировинними складниками* пральних порошків «Royal Powder» є мило з рослинних і тваринних жирів, сіль кухонна, целюліти, інгібітор корозії, аніоноактивні поверхнево-активні речовини, неіоногенні поверхнево-активні речовини, натрій-карбоксиметилцелюлоза, піногасник, ферменти, натуральний ароматизатор, кисневий відбілювач (перкарбонат натрію), тетраацетилендіамін (с).

2. *Технологічний процес*. Усі сировинні складники після зовнішнього огляду й отримання позитивних аналізів на відповідність нормативам, згідно з технологічним регламентом, за допомогою пересувних візочків подаються на зважування, далі в розрахунковій кількості й послідовності завантажуються (за необхідності ще подрібнюються) до змішувача. Пральний порошок синтезується шляхом міксування в змішувачі для сипучих сумішей початкового набору сухих сипучих компонентів з поступовим додаванням усіх необхідних інгредієнтів і подальшого змішування до отримання однорідної маси. Після цього продукт вивантажується в ємності для сушіння, у звичайних умовах при кімнатній температурі протягом 8–24 годин проходить процес сушіння. Після сушіння готовий продукт подається на фасування. Фасування здійснюється вручну на електронних вагах у паперовий водонепроникний пакет, верхня частина якого щільно скріплюється та вкладається в картонну коробку.

3. *Охорона навколишнього середовища*. При змішуванні компонентів і фасуванні пральних порошків «Royal Powder» застосовуються нетоксичні сировинні складники, які являють собою або водні розчини нелетючих речовин, або порошкові речовини. Важливо, що їх технологічні викиди в атмосферу відсутні, а відходи практично не утворюються.

Можуть виникати втрати поверхнево-активних речовин і біологічно-активних додатків при розфасовці готового продукту й залишків сировини в тарі. Незначна кількість утрат виникає внаслідок розсипання, яке вимагає здійснення збору залишків речовини совком і вологим прибиранням, що, однак, кількісно не перевищує 1,0%. Концентрація ПАР у воді при здійсненні вологого прибирання приміщень перебуває в діапазоні $15\text{--}20 \text{ мг/м}^3$.

Важливою для природо- й ресурсозбереження є інформація щодо водовідведення та водопостачання. Так, витрати води на виробництво й фасування порошкоподібних мийних засобів становлять $0,1 \text{ м}^3/\text{добу}$, $0,02 \text{ м}^3/\text{год.}$ – 2 м^3 у місяць. Витрати води на виробництво й фасування рідких мийних і чистячих засобів, а також косметичної продукції становлять 58 м^3 у місяць, що є допустимим для відповідних обсягів виробництва.

На підприємстві встановлено замкнуту систему використання води з очисною апаратурою фірми «Екософт», яка передбачає багатоступеневе очищення води й повторне введення її у використання по замкнутому контуру. Система очищення шестиступенева з попередньою мембранною очищенням та з подальшим осмотичним очищенням. Необхідний тиск води створюється автономно в межах виробничих приміщень.

Оскільки на виробництві обсяг рідкої продукції в першому півріччі 2016 р. збільшився приблизно на 40% порівняно з першим півріччям 2015 р., витрати води зросли пропорційно відповідним обсягам виробництва, а зменшення її загальних витрат зросло.

Фірма «ДеЛаМарк» діє в рамках групи компаній та однойменної концепції екологічного менеджменту «зелений офіс». У рамках концепції вся діяльність компанії скерована на зменшення деструктивного впливу виробництва на НС. Зокрема, у рамках програми «зелений офіс» підписано чинні контракти з фірмами-переробниками твердих відходів. У рамках мінімізації відходів компанії «зеленого офісу» дотримується принципів 5-R: «На етапі утилізації продукції «зелений офіс» дотримуються принципів 5-R: reduce, remake, redesign, reuse, recycle (скоротити, переробити, переоформити, повторно використати, утилізувати)» [10].

Стосовно утилізації відходів, то фірма «ДеЛаМарк» має чинні договори з компаніями програми «зелений офіс». Згідно з договором, компанія «Альфатекс» безкоштовно надає фірмі «ДеЛаМарк» послуги з транспортування й утилізації твердих відходів, а також їх вторинної переробки.

Отже, сміття, що утворюватиметься в результаті функціонування міні-цеху з фасування порошку (використана упаковка натуральних сировинних складників, використана одноразова тара, забруднена вода, що утворюється після щоденного миття обладнання та прибирання), не становить небезпеки для навколишнього середовища, оскільки практично відсутнє.

Споживання електроенергії в міні-цеху з фасування прального порошку здійснюється передусім із технологічною метою (живлення змішувача, подрібнювача; фасування, упакування), на освітлення, а також для побутових потреб. Загальна потужність усіх струмоприймачів становить близько 20 кВт.

Згідно з проектом, у виробничих приміщеннях фірми «ДеЛаМарк» обов'язкова наявність люмінесцентних світильників (у цеху – 12 шт., вбиральня, душова – 2 шт.), що забезпечують необхідну освітленість робочих місць на рівні не менше ніж 700 лк. Цього достатньо для забезпечення рівня нормативного освітлення та для освітлення транзитних приміщень цеху. Проте нині в усіх виробничих, службових і побутових приміщеннях встановлено світлодіодне освітлення, яке, окрім мінімального електроспоживання, не вимагає подальшої утилізації, як люмінесцентні лампи або лампи розжарювання.

Крім цього, на робочих місцях також встановлено місцеве освітлення настільними або настінними освітлювальними приладами задля освітлення локацій, де здійснюється вручну наклеювання маркування та розподіл готових виробів у відповідну картонну тару. Усі розетки в цеху – підвищеної витривалості (до 8 ампер) з обов'язковим заземленням.

На підприємстві впроваджуються спеціальні заходи задля підвищення енергоефективності. Так, у першому півріччі 2016 р. на виробництві ТОВ «ДеЛаМарк» витрачено 16200 квт/год. електроенергії, а в першому півріччі 2015 р. – 17790 квт/год, що, зважаючи на зростання обсягів виробництва на 30%, є показником зростання енергоефективності.

Знизити енерговитрати на виробництві стало можливим завдяки таким заходам:

- утепленню виробничих і складських приміщень, заміні звичайних вікон на склопакети, що дало змогу знизити енерговитрати на їх обігрів;

- завдяки тому, що температура в складських приміщеннях стала вищою, сировина, яка надходить на переробку, не потребує додаткового підігріву;

- удосконаленню технологічного процесу шляхом упрощення виробництва рідких мийних засобів «на холодну», що дало змогу знизити енерговитрати на підігрів реакційної суміші, оптимізувати порядок завантаження компонентів, що дало можливість знизити час виготовлення продукції, а отже, і витрати електроенергії;

- заміні технологічного обладнання на більш досконале й енергозберігаюче;

- оптимізації транспортних маршрутів доставки сировини й відправлення готової продукції, що дало змогу знизити витрати палива для транспортних засобів.

Виклад основного матеріалу. Усі вищенаведені заходи дали можливість ТОВ «ДеЛаМарк» знизити енергозатрати на виробництво і транспортування продукції на 9,81% (рис. 2).

Розглянемо також допоміжні невиробничі інженерно-технічні устаткування, необхідні для повноцінної роботи підприємства. Так, до засобів санітарно-гігієнічного забезпечення персоналу належать опалення та вентиляція. Електроопалення автономне з програмованим датчиком температури, яка підтримується в межах допустимих норм (18–20 °С). Котел оснащений автоматичним відключенням і підтримкою фонові температури в невиробничий час на рівні 5–10 °С. На всіх дверях встановлено енергоефективні ролети, а на вікнах – плівки з низькою теплопровідністю. Усі вищезазначені фактори мінімізують утрату тепла.

Кількість наявних опалювальних приладів забезпечує створення необхідного температурно-вологісного режиму. За температури зовнішнього повітря +20 °С і температури теплоносія +70 °С наявні прилади опалення, згідно з проведеними розрахунками, забезпечують температуру приміщень +18 °С. Згідно зі СніП 2-04-05-91 «Опалення, вентиляція та кондиціювання», температура в холодний період року для категорії робіт II а (середньої тяжкості) становить +18 °С–20 °С.

Вентиляція приміщення вбиральні забезпечується природною циркуляцією крізь наявні вентиляційні канали, що забезпечує 3,5-кратний повітрообмін.

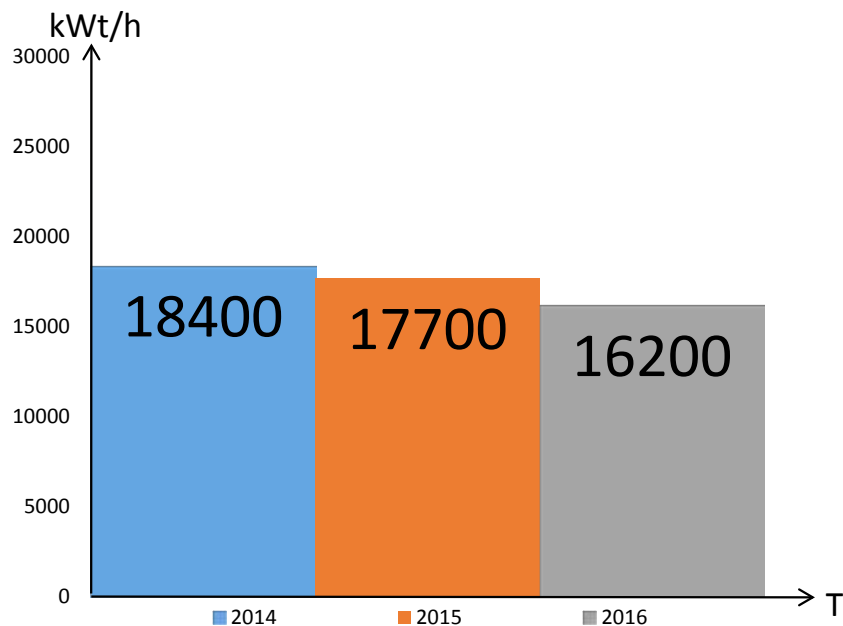


Рис. 2. Динаміка зростання енергоефективності й обсягів виробництва ТОВ «ДеЛаМарк»

Для створення нормативних санітарно-гігієнічних умов безпосередньо в приміщенні міні-цеху встановлено припливну установку (кондиціонер) продуктивністю 500 м³/г та два вентилятори з фільтрами й відсосами продуктивністю 250 м³/год. для видалення повітря з робочої зони механічним спонуканням Це забезпечує 4-кратний повітрообмін упродовж години, що відповідає нормативам, визначеним ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Характеристики та впливи обладнання.

Щодо наявного обладнання (ваги для сировини, ваги для фасування, подрібнювач, міксер), то воно сертифіковане й має відповідні технічні паспорти.

Виходячи з потужності електродвигуна (1,5 кВт) і характеру роботи подрібнювача, частоти обертання валу вузла перемелювання (1500 об./хв.), можна здійснити оцінювання частотного діапазону (100–300 Гц – доволі рівномірного) та загального рівня шумового тиску від роботи подрібнювача – від 10 дБ до 20 дБ, що є істотно нижчим від гранично допустимого для середньої важкості трудового процесу й середнього ступеня напруги – 65 дБ. Аспірація в процесі роботи подрібнювача забезпечується зйомно-змінним фільтром, установленим над отвором, через який здійснюється завантаження сировини, що перешкоджає активному проникненню пилу з бункера подрібнювача через щілини. Ці параметри свідчать про відповідність гігієни робочого місця необхідним стандартам.

Санітарно-гігієнічні прилади й устаткування для задоволення побутових потреб робочого персоналу також відповідають усім нормам життєзабезпечення. Так, працівники цеху забезпечені необхідним рівнем санітарно-гігієнічного облаштування цеху: вони можуть користуватися вбиральною, рукомийною, душовою, обладнаною шафками для перевдягання та зберігання особистих речей. В обідню перерву на території таксопарку працює їдальня й кафе, що дає змогу здійснити належним чином прийом їжі. Прийом їжі можна також здійснити й у приміщенні кімнати відпочинку. Для цього кімнату відпочинку обладнано стільцями, столом та індивідуальними шафками для розміщення й зберігання особистих речей усіх працюючих. Співвідношення кількості зайнятих безпосередньо на виробництві осіб (2 чоловіки) і наявності для них душових, убиральень, проєктованих шафок у роздягальні відповідає вимогам СніП 2.09.04-87.

Заходи щодо охорони праці застосовуються відповідно до норм і правил, затверджених Держтехнаглядом та іншою нормативною літературою з техніки безпеки.

Так, монтаж та обслуговування систем опалення, вентиляції, електроустаткування здійснюється робітниками, які мають спеціальне посвідчення й допуск до цих робіт. Ступінь захисту електроустаткування, ізоляція дротів і кабелів відповідають вимогам серевовища приміщень.

Для захисту працівників цеху від уражень електричним струмом проєктом передбачається занулення всіх струмопровідних частин електрообладнання шляхом їх приєднання до нульової жили мереж електроживлення, а також установа пристроїв захисного відключення.

Профілактичні заходи включають урахування шкоди й запобігання шкоді здоров'ю працівників при інженерно-технічному облаштуванні виробничих приміщень. Так, міні-цех обладнано меблями, що мають вологостійке покриття, яке передбачає вологе прибирання та дезінфекцію поверхонь. Дезінфекція здійснюється засобами «Дезекон», «Дезефект» з використанням миючих засобів та антисептику «Неостерил» – усі засоби виробництва України. Для зберігання прибирального інвентарю передбачено окрему шухляду. Прибирання приміщення здійснюється щоденно та передбачає вологе прибирання підлоги, протирання стін і дверей, підвіконь, сантехприладів з використанням антисептичних засобів. Не рідше ніж раз на два тижні здійснюється генеральне прибирання, яке передбачає, крім звичайних процедур, ретельне прибирання всіх важкодоступних місць. У день проведення генерального прибирання жодні інші роботи не проводяться.

Кожний робітник, що стає до роботи, ознайомлюється під розпис у журналі з правилами техніки безпеки. Обов'язково має застосовуватися підбір довгого волосся під відповідний головний убір. У роздягальні, обладнаній індивідуальними шафками, робітники міні-цеху після ретельного миття рук до ліктів, їх висушування надягають захисний спецодяг: головний убір, куртку, брюки, шкарпетки, взуття, а також безпосередньо перед виконанням робіт захисні респіратори та гумові рукавички. Технологічний одяг міняють у міру забруднення, але не рідше ніж один раз у тиждень. Перед пранням технологічний одяг оглядають з метою встановлення необхідності ремонту й міри зносу. Перевозять одяг у герметичних пакетах. Прання одягу здійснюють в автоматичній пральній машині, після прання одяг прополіскують спочатку в теплій, потім у холодній воді й очищеній воді. Висушений одяг прасують гарячою праскою.

Санітарна гігієна працівників міні-цеху полягає в проходженні ними медогляду в лікувально-профілактичному закладі з періодичністю не менш як раз на два роки обов'язково, що організовується роботодавцем згідно з Наказу «Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій» від 21.05.2007 № 246. Медичне обслуговування працівників міні-цеху здійснюється за місцем проживання.

Санітарно-захисна зона для підприємства становить не менше ніж 100 м згідно зі стандартам (ДСП 96). Відстань до житлових будинків становить не менше як 600 м: найближчі сусіди за місцем знаходження – фарбувальний бокс, рихтувальна майстерня, СТО, на подвір'ї таксопарку – автостоянка.

У міні-цеху буде здійснюватися змішування готових складників і розфасовка прального порошку. Площа приміщень становить 80,1 м². Перепланування приміщення не передбачається, можливе тільки переобладнання відповідно до цільового призначення та переоздоблення.

Передбачена кількість одночасно працюючих – до 3 чоловік, із них зайнятих безпосередньо в розфасовці – 2 чоловіки, режим роботи – однозмінний.

Розглянемо більш детально технологію та санітарно-гігієнічні аспекти виробництва. Так, виробництво пральних порошоків «Royal Powder» складається з таких загальних стадій:

- підготування приміщень, обладнання, персоналу, одягу;
- підготування сировини;
- зважування сировини;
- процесу виробництва (сухе змішування, сушка в природних умовах, процес калібрування й опудрювання);
- розфасовки й упаковки.

Схематично повний цикл виготовлення пральних порошоків на підприємстві «ДеЛаМарк» можна зобразити на рис. 3.

Обробка виробничих приміщень проводиться щодня й включає прибирання підлоги, протирання стін і дверей, провітрювання приміщення. Не рідше ніж раз у два тижні проводять генеральне прибирання, яке включає, окрім звичайних процедур, обробку інших важкодоступних місць. У день проведення генерального прибирання жодні роботи з виробництва не проводяться.

Перед початком роботи перевіряють чистоту і справність обладнання, згідно з інструкціями з експлуатації. Усе обладнання підлягає регулярному профілактичному огляду, а при необхідності – поточному ремонту.

Зважування сировини проводять з використанням високоточних ваг, усі дані контролюються й заносяться в протокол зважування сировини, при необхідності сировину просіюють або розмелюють на млині (калібраторі).

Після зважування й підготовки сировини, відповідно до технологічної записки, сировина в розрахунковій кількості завантажується в змішувач. Згідно з технологією, у момент змішування додаються інші інгредієнти до повного перемішування. Отриманий продукт вивантажується зі змішувача в ємності, які, у свою чергу, поміщаються в сушильну шафу, де продукт сохне в природних умовах. Процес сушіння триває до отримання продукту з потрібною залишковою вологістю. Висушений продукт калібрується (калібрування проходить на спеціаль-

ному калібрувальному млині) до здобуття однорідної маси. Отриманий однорідний продукт опудрюють (у ємкість із продуктом додають ароматизатор), після чого продукт готовий до розфасовки.

Розфасовку й упаковку виконують пакувальники в 3 етапи. Розфасовка та запечатування продукту (порошку) в поліетиленові пакети проводиться з використанням автоматизованої пакувальної машини. Готові картонні коробки з вкладеними пакетами датуються й поміщаються в пакувальну тару. Готова продукція знаходиться на карантинному зберіганні й не підлягає реалізації до видачі дозволу уповноваженою особою.

Усі операції із сировиною, пакувальними матеріалами, напівпродуктами й готовими продуктами, включаючи відбір проб, контроль під час виробництва, карантин, видачу дозволу на реалізацію та зберігання, проводяться суворо відповідно до затверджених технологічних інструкцій та інструкцій.

Щодо видачі сировини, матеріалів або напівпродуктів у виробництво, то зважування сировини проводить один працівник під контролем іншого. Операції контролю в процесі виробництва проводяться відповідно до регламентів.

Контроль за виконанням інструкцій здійснює директор підприємства, він же й здійснює контроль якості продукції. Усі операції із забракованою сировиною, пакувальним матеріалом, напівпродуктами або готові продуктами проводяться так, щоб уникнути будь-яких плутанин, порушень або зловживань. Забракована сировина повертається постачаль-

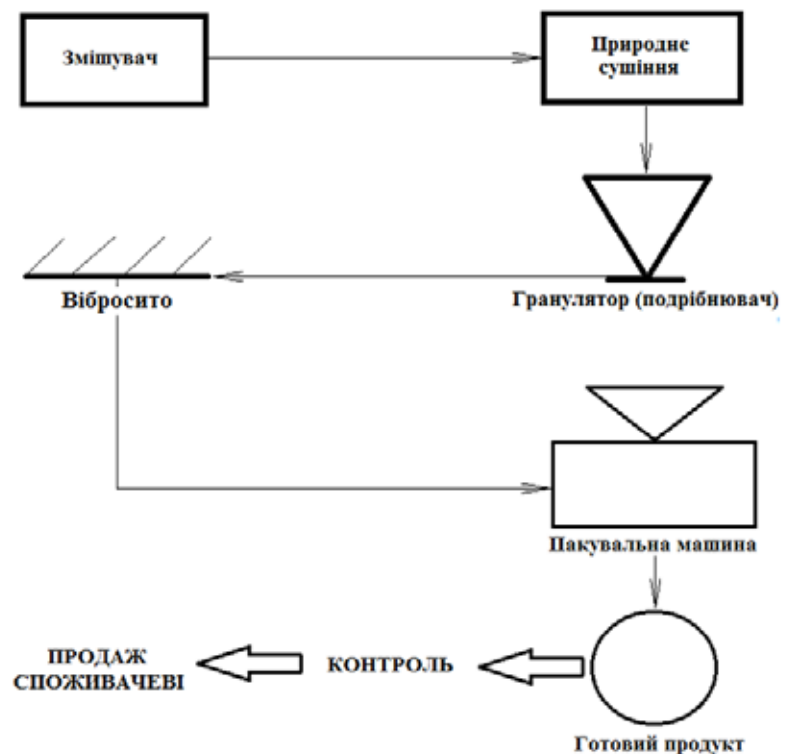


Рис. 3. Технологічний процес виготовлення СМЗ з полішеними екологічними властивостями



Рис. 4. Оцінювання впливу діяльності на навколишнє природне середовище

никові з протоколом аналізу. Забраковані друкарські пакувальні матеріали підлягають знищенню зі складанням відповідного акта або поверненням постачальникові для аналізу браку з метою усунення його причин. Забракована продукція підлягає утилізації зі складанням відповідного акта або переробці (якщо така передбачена в регламенті) зі складанням відповідного звіту. Усі зміни документуються й приймаються представниками виробництва, контролю якості в установленому порядку.

Організація енергоефективного та екологічно чистого виробництва мийних засобів передбачає передусім відповідність архітектурного, інженерного, технологічного компонентів вимогам стандартів СОУ ОЕМ 08.002.12.065:2016 Засоби мийні та засоби для чищення. Екологічні критерії оцінювання життєвого циклу за схемою сертифікації згідно з ISO 14024.

С. Берзіна, Д. Капотя, Г. Бузан, вказують: «Вимоги до виробництва передбачають дотримання вимог природоохоронного законодавства водночас з упровадженням заходів щодо енергоефективності та мінімізацією й роздільним збором відходів виробництва» [11, с. 28].

Оцінювання екологічної прийнятності мийних засобів ТОВ «ДеЛаМарк» обов'язково враховує три компоненти (представлені графічно на рис. 4).

Основним негативним фактором впливу об'єкта на навколишнє природне середовище є забруднення атмосфери, а на людину, яка працює на виробництві, – фізичні шкідливі фактори (ультразвук, іонізація, радіоактивне забруднення). На підприємстві «ДеЛаМарк» ці фактори відсутні.

Основним джерелом викидів шкідливих речовин в атмосферу є система місцевої витяжної вентиляції з місця навколо змішувача та з місця навколо подрібнювача, що функціонує при роботі обладнання з виробництва МЗ. Шкідливі речовини можуть бути лише розпорошені в повітрі навколо обладнання, летючих речовин складники синтезованого прального порошку не містять. Розпорошеними в повітрі можуть бути олефісульфонат (ПАР), натрій-карбоксиметилцелюлоза (антиресорбент), перкарбонат натрію (кисневий відбілювач), тетраацетилендіамін (ТАЕД активатор відбілювача).

На аналізованому підприємстві передбачено такі ступені очищення аеровикидів:

Таблиця 2

Перелік забруднюючих речовин, що нормуються

№	Найменування речовини	ГДК мг/м ³	Клас небез-и	Кикидів т/р
1	Олефісульфонат	од	4	0,0001728 т/р
2	Натрій-карбоксиметилцелюлоза	0,15	4	0,0001152 т/р
3	Перкарбонат натрію	0,3	4	0,0000864 т/р
4	Тetraацетилендіамін	0,12	4	0,000072 т/р
Усього:				0,0004464 т/р

Олефісульфонат:

передбачено очищення викидів – 98%; $\eta = 0,004 \times 10^3 \times 0,02 = 0,00008 \text{ г/с/2/}$; $M = 0,00008 \times 3600 \times 600 \times 10^6 = 0,0001728 \text{ т/рік}$.

Натрій-карбоксиметилцелюлоза:

передбачено очищення викидів – 98%; $\eta = 0,004 \times 10^3 \times 0,02 = 0,00008 \text{ г/с/2/}$; $M = 0,00008 \times 3600 \times 400 \times 10^6 = 0,0001152 \text{ т/рік}$.

Перкарбонат натрію:

передбачено очищення викидів – 98%; $\eta = 0,004 \times 10^3 \times 0,02 = 0,00008 \text{ г/с/2/}$; $M = 0,00008 \times 3600 \times 300 \times 10^6 = 0,0000864 \text{ т/рік}$.

Тетраацетилендіамін:

передбачено очищення викидів – 98%; $\eta = 0,004 \times 10^3 \times 0,02 = 0,00008 \text{ г/с/2/}$; $M = 0,00008 \times 3600 \times 250 \times 10^6 = 0,000072 \text{ т/рік}$.

Перелік забруднюючих речовин, що нормуються, подано в таблиці 2.

Отже, загальна кількість викидів нормованих шкідливих речовин на підприємстві «ДеЛаМарк» становить 0,0004464 т/рік. При цьому залпові викиди відсутні. Абсолютно максимально можливий викид по олефісульфонату становить 0,8 ГДК, по натрій-карбоксиметилцелюлозі – 0,53 ГДК, по перкарбонату натрію – 0,27 ГДК, по тетраацетилендіаміну – 0,67 ГДК. Отже, зважаючи на неодмінне природне розсіювання забруднюючих речовин, проєктована діяльність не становить загрози для навколишнього природного середовища в межах на два порядки нижчих від нормованих ГДК.

Оцінювання впливу діяльності на навколишнє соціальне середовище визначається віддаленістю від житлових будинків (понад 500 м) і незначною, цілком у межах, допустимих відносно ГДК, кількістю викидів забруднюючих речовин. Отже, у цьому аспекті діяльність підприємства безпеки для навколишнього соціального середовища не становить.

Оцінювання впливу діяльності на навколишнє техногенне середовище також позитивне, оскільки пам'ятки архітектури, історії та культури на території, прилеглій до проєктованого об'єкта, відсутні. Об'єкт не чинить негативного впливу на складники техногенного середовища, розташовані в мікрорайоні проєктування об'єкта.

Головні висновки. Технологічний складник виробництва мийних засобів з поліпшеними екологічними показниками на експериментальному підприємстві «ДеЛаМарк» відповідає екологічним та енергозберігаючим вимогам, які висувуються до підприємств такого профілю згідно з ТУ та СОУ, а також дотримується концепцій «зеленого офісу» й «бережного виробництва», що полягає в постійній оптимізації та раціоналізації всього виробничого й післявиробничого циклу. Виробничі приміщення забезпечені економним електропостачанням, освітленням (природним, також від електричних світильників), водопостачанням, каналізацією, опаленням і вентиляцією. Виробництво безвідходне, з повним циклом очищення води, а умови праці повністю відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

Література

1. Матейчик В.П., Хрутьба В.О. Методичні підходи до управління екологічними аспектами в проєктах поводження з відходами. *Управління проєктами та розвиток виробництва* : збірник наукових праць. Луганськ : Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2012. № 2 (42). С. 113–123.
2. Жук О.В. Розробка складу та технології дитячого піномийного засобу : дис. ... канд. фарм. наук : 15.00.01. Київ, 2015. 140 с.
3. Кордіяка Ю.М. Вдосконалення нормативно-технічного забезпечення випробувань та якості косметичних засобів : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02. Львів, 2016. 201 с.
4. Moehle H.L. Динамические межфазные свойства низкопенных ПАВ. *Бытовая химия*. 2007. № 25. С. 16.
5. Новак Я. Вторичные алкансульфонаты в товарах бытовой химии. *Бытовая химия*. 2006. № 24. С. 5.
6. Выглазов О.Г. Новые подходы к рецептурированию отдушек для агрессивных основных и кислотных средств бытовой химии. *Бытовая химия*. 2006. № 24. С. 10–17.
7. Дивакова Н.А. Синтез и свойства тонкопленочных гетероструктур на основе Nb, In и их оксидов : дисс. ... канд. хим. наук : 02.00.21. Воронеж, 2007. 122 с.
8. Котомин А.А., Якимчук О.Д. Исследование моющего действия композиций СМС. *Бытовая химия*. 2005. № 20. С. 23.
9. Яновська Е.С., Кузовенко В.А., Дяченко Н.М. Основи екологічного менеджменту та аудиту : навчальний посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. 178 с.
10. Берзіна С.В. Системи екологічного управління. Довідниковий посібник з впровадження міжнародних стандартів серії ISO 14000. Київ : Aiva Plus Ltd, 2008. 62 с.
11. Берзіна С.В., Капотя Д.Ю., Бузан Г.С. Екологічна сертифікація та маркування : методичний довідник. Київ : Вид-во Інституту екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 114 с.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ЛЮДИНУ ШЛЯХОМ КАРТОГРАФУВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ М. МИКОЛАЄВА ЗАСОБАМИ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ (ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ ARCGIS)

Яремчук О.М., Жук І.Ю., Сарафанюк Н.Л.
Чорноморський національний університет імені Петра Могили,
вул. 68 Десантників, 10, 54000, м. Миколаїв
olga.yaremchuk.77@ukr.net, irina_g2@ukr.net, cnluanen@gmail.com

У статті подано дослідження, яке було спрямоване на вимірювання рівнів шуму у трьох зонах м. Миколаєва з метою створення карт шуму у досліджуваній зоні для виявлення областей високої інтенсивності шумового забруднення. Шкідливий вплив шуму на людину нині загально визнаний і виявляється в широкому діапазоні впливів від суб'єктивних роздратувань до об'єктивних патологічних змін в органах центральної нервової й серцево-судинної систем.

У дослідженні авторами були розглянуті теоретичні основи шумового забруднення; узагальнені вітчизняний і зарубіжний досвід картографування шумового забруднення територій; проаналізовано стан шумового забруднення обраних районів м. Миколаєва на основі створеної двовимірної горизонтальної карти шуму; запропоновано рекомендації щодо зниження шумового навантаження в місті на його мешканців.

Інструментами картографування, використаними в цьому дослідженні, є пакети програм ArcMap та ArcGIS Pro. Вимірювання рівня шумового навантаження проводилося за допомогою шумоміру "Flus ET-958". ArcGIS Pro – це найсучасніший пакет програмного забезпечення GIS, розроблений ESRI. Програмне забезпечення може бути використане в широкій області загальних, а також конкретних додатків ГІС, які можна легко розширити через його інтерфейс додатків (API).

Дослідження показало, що рівні шуму різняться від 38 дБ до 83 дБ, збільшення показників на Південно-Бузькому мості та Одеському шосе (обидві досліджувані ділянки є частинами міжнародної траси М-14 Одеса-Мелітополь-Новоазовськ) здебільшого виникає через велику інтенсивність руху транспортних засобів (особливо вдень) і незадовільний стан дорожнього покриття. Також було виявлено шумову «лінію» в районі Спаського спуску, яка розташована вздовж трамвайної лінії.

Зроблено висновок, що хоча виміри не охоплювали територію всього міста, але показали, що спостерігається досить високий рівень шуму, на який потрібно звернути увагу в подальших дослідженнях та діях стосовно зниження рівня шуму. *Ключові слова:* шумове забруднення, урболаншафти, програмний пакет ARCGIS.

Analysis of noise pollution impact on humans by mapping of highways noise pollution in Nikolaev by GIS technologies.
Yaremchuk O., Zhuk I., Sarafaniuk N.

The statistics have been filed with the property, as it was mostly hidden in the winter noise in the three zones of the metro station Mikolaeva with the help of the noise map in the area for the detection of areas of high noise noise intensity. Squeezed by noise to the crowds of year-old ignorance manifests itself in a wide range of impressions, from sub-active distributions to normal pathological changes in the organs of the central nervous cardiovascular system.

The authors of the boole looked at the theoretical basis of understanding noise noise; the zagagalnoe presentation and foreign cartography of the noise noise problem. An analysis was made of the noise clogging camp in the two districts of the Mikolaev metro station on the basis of a horizontal, horizontal, noise picture; recommendations on how to reduce noise noise in the city on the first bag are invoked.

The mapping tools used in this work are the ArcMap and ArcGIS Pro software packages. Determination of the noise load level was performed using a noise meter "Flus ET-958". ArcGIS Pro is a state-of-the-art GIS software package developed by ESRI. The software can be used in a wide range of general as well as specific GIS applications and can be easily extended through an application interface (API).

The study showed that noise levels vary from 38 dB to 83 dB, the increase in the South Bug Bridge and Odessa highway (both surveyed areas are part of the international route M-14 Odessa-Melitopol-Novozovsk) is mainly due to the high intensity of traffic (especially during the day) and unsatisfactory condition of the road surface. A noise "line" was also found in the area of the Spassky descent, which is located along the tram line.

It was concluded that, although the measurements did not cover the entire city, but showed that there is a fairly high noise level, which should be addressed in further research and actions to reduce noise. *Key words:* diseases, noise pollution, urban landscapes, ARCGIS software.

Постановка проблеми. XXI століття увійде в історію як століття загострення екологічних проблем: енергетичних, забруднення довкілля, проблем питної води тощо. Серед них важливе місце посідає проблема шумового забруднення. Її існування пов'я-

зане з тим, що зростання потужностей сучасного устаткування, машин, побутової техніки, швидкий розвиток усіх видів транспорту призвели до того, що люди на виробництві й у побуті постійно піддаються дії шуму високої інтенсивності.

Забруднення навколишнього середовища є головною проблемою, з якою стикаються всі країни світу. Швидкий розвиток промисловості призводить до величезної кількості потенційно шкідливих викидів у довкілля. Масове збільшення кількості жителів і транспортних засобів призвело до стурбованості «забрудненням шумом», що стало однією з головних проблем суспільства [1].

Шумове забруднення впливає на соціальний розвиток, оскільки воно має прямий та опосередкований вплив на діяльність людини, освіту, виробництво та економічні процеси. Шум по-різному впливає на психічне та фізичне здоров'я людини, порушення щоденної діяльності, і ці наслідки можуть спричинити тимчасову чи постійну втрату слуху, починаючи від незначного порушення до майже повної глухоти [2]. Доведений шкідливий вплив на організм інфразвуку: виникають психози, галюцинації, знижується працездатність, виникають перебої в роботі серцево-судинної системи [3].

Актуальність дослідження. Всесвітня організація охорони здоров'я (далі – ВООЗ) у 2011 році вказала, що шумове забруднення посідає друге місце серед низки екологічних стресових факторів за впливом на здоров'я населення [4]. На додаток до цього ВООЗ встановила піраміду, яка свідчила про ступінь впливу шумового забруднення на здоров'я людини. Останнє виявляє згубний вплив на організм людини за локальної дії. Проникаючи глибоко в тканини, воно здатне викликати запальні реакції, порушення місцевого імунітету, утворення клітинних порожнин, некроз. При впливі раптового високочастотного імпульсу відбуваються порушення в роботі життєво важливих центрів головного мозку і зупинка серця.

Спостерігається також негативний вплив на організм людини шуму. Тривалий звук від 60 до 90 дБ викликає спазм периферичних судин, збільшення виділення адреналіну, перебої в роботі серця (на кардіограмі виявляються зниження частоти серцевих скорочень і подовження серцевого циклу), порушення роботи вегетативної нервової системи [5]. Понад 90 дБ – збої в ендокринній та імунній системах, загострення хронічних захворювань, відбувається перебудова енергетичного обміну у м'язовій тканині, визначаються органічні зміни внутрішнього вуха, які призводять до повної втрати слуху [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Натепер у світі працюють сотні тисяч вчених, фахівців в області захисту від шуму, накопичено чимало наукових знань, технічних розробок, цікавих наукових досліджень.

Питання ролі шумового забруднення в розрізі екологічної безпеки вивчали І.Л. Карагодіна, Г.Л. Осіпов, І.О. Шишкін у 1972 році в праці «Боротьба з шумом у містах», Б.Г. Прутков «Шумозащита в градостроительстве» (1963), К.П. Лі, Дж.Х. Девіс (1975), Дз. Маєкава (1975), Е.П. Самойлюк (1975) та інші вітчизняні та закордонні вчені.

Потрібно зазначити, що нині українські дослідники картографуванням шуму практично не займаються. Особливе місце у розробці цієї наукової проблеми посідають праці доктора технічних наук, доцента кафедри Охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківського національного університету міського господарства В.Е. Абракітова. Автором була розроблена власна методика побудови карт шуму міських територій, здійснено картографування шумового навантаження деяких районів м. Харкова, Києва та Полтави.

Отже, наукові доповіді вітчизняних і зарубіжних авторів показали, що дослідження шумового забруднення на міських територіях – актуальна тема, а дослідження в цьому напрямі будуть основою для прийняття комплексу заходів щодо оптимізації умов життєдіяльності селітебних зон, зменшення акустичного навантаження на людину, а також просторово-часової оцінки шумового навантаження на урболандшафти м. Миколаєва та побудови карт шуму обраних ділянок засобами ГІС-технологій (із використанням програмного пакету ArcGIS).

Новизна. Виконано картографування шумового режиму частини території м. Миколаєва із застосуванням математичних моделей процесів розповсюдження звукових хвиль. Дотепер такі дослідження на вказаній території не проводилися.

Методологічне або загальнонаукове значення. Внаслідок зазначеного картографування шумового режиму частини території м. Миколаєва виявлені зони шумового забруднення на території міста, які характеризовані значною кількістю контрольних точок із вимірними в кожній із них спектрами шуму. На підставі цих даних можна охарактеризувати стан акустичної безпеки в місті та запропонувати відповідні заходи і засоби боротьби із шумом.

Виклад основного матеріалу.

Побудова картографічних моделей обраних об'єктів дослідження. Графічне представлення карти шуму базується на колірній шкалі умовних позначок для рівня шуму, що ґрунтується на типах їх зонування за фактором перебільшення нормативних значень, а розміри точкових значків для позначення контрольних точок на місцевості можуть бути пов'язані з їх рівнями звуку.

Конкретних вимог до оформлення карт шуму (за винятком головної вимоги з'єднувати всі крапки з однаковим значенням ізолініями), на жаль, не існує. Нами було використано методику відображення цих зон у їх колірному оформленні по «принципу світлофора»:

1) зони акустичного комфорту з рівнями, які не перевищують нормативні, виділяються зеленим кольором: (з урахуванням особливостей психологічного сприйняття людини, де «зелений колір – нормально, цілком допустимо»;

2) зони граничних значень (значення за нормою чисельно збігаються з вимірними або обчисле-

ними на території значеннями) виділяються жовтим кольором: («жовтий колір – увага»);

3) зони акустичного дискомфорту з рівнями, що перевищують нормативні, виділяються червоним кольором: («червоний колір – символ заборони, небезпека, неприпустимо»).

Така кольорова гамма інтуїтивно найбільш оптимальна для адекватного сприйняття поданої інформації.

Карта шуму – це фрагмент генерального плану території, що є топографічною підосною із нанесеними на неї зонами акустичного комфорту і акустичного дискомфорту. Графічне відображення точок із однаковими акустичними характеристиками, з'єднаних між собою ізолініями, дозволяє наочно відобразити рівень шумового навантаження на території.

Засоби і методи ГІС дозволяють будувати графічні схеми і карти на базі введених у неї геоінформаційних даних. Для створення та візуалізації математичної моделі процесів поширення шуму нами було використано програми ArcMap та ArcGIS Pro. Дані вносилися в спеціально створений у програмі ArcMap шейп-файл (шейп-файл – файл спеціального формату для запису ГІС-інформації). Шейп-файл несе інформацію про просторове розташування контрольної точки на території (тобто схему розташу-

вання точок вимірювання на місцевості з прив'язкою до геодезичної системи координат), а також (створювані на розсуд експериментатора) поля для запису супутньої інформації. Все це подається у вигляді «таблиці атрибутів». Поле FID відповідає за нумерацію точок. Поле Shape визначає тип об'єкта (тобто означає, що саме це – точка вимірювань). Решта полів створені самостійно автором для своїх цілей.

Наступний етап побудови карти шуму проводився в програмі ArcGIS Pro (рис. 2).

Слід чітко розуміти, що в обох програмах (ArcGIS Pro та ArcMap) немає спеціальної кнопки «Побудова карт шуму», немає відповідних меню, немає ніяких акустичних формул і готової графіки для занесення значень вимірів рівня звукового тиску; а слова «карта шуму», «децибел» жодного разу не зустрічаються навіть в його багатотомній технічній документації.

Ця програма просто призначена для того, щоб будувати графічні схеми і карти на базі введених у неї геоінформаційних даних (на основі примусово визначених користувачем закономірностей їх побудови). Одним із безлічі окремих випадків таких даних є акустичні, одним із локальних прикладів закономірностей – закономірності поширення шуму в міській забудові, одним із безлічі окремих випадків таких даних є акустичні, одним із локальних при-



Рис. 1. Інтерфейс програми ArcMap



Рис. 2. Інтерфейс програми ArcGIS Pro

кладів закономірностей є закономірності поширення шуму в міській забудові, а одним із окремих випадків графічних схем є шукана карта шуму.

Маючи досить знань для побудови математичної моделі та беручи до уваги наукові напрацювання доктора технічних наук В.Е. Абракітова, ми змогли визначити, що для побудови карти шуму найдоцільніше використати метод зворотних зважених відстаней (як один із багатьох можливих методів просторової інтерполяції). Метод зворотних зважених відстаней (IDW) однозначно передбачає, що об'єкти,

які знаходяться поблизу, більш подібні один одному, ніж об'єкти, віддалені один від одного. Щоб проінтерполювати значення для невиміряного положення, IDW використовує виміряні значення навколо позиції, яка інтерполюється.

Найбільш близькі до проінтерполюваної позиції виміряні значення більше впливають на прогнозоване значення, ніж віддалені від нього на значну відстань. IDW передбачає, що кожна вимірювана точка надає локальний вплив, який зменшується зі збільшенням відстані. Це надає більшої ваги точкам,

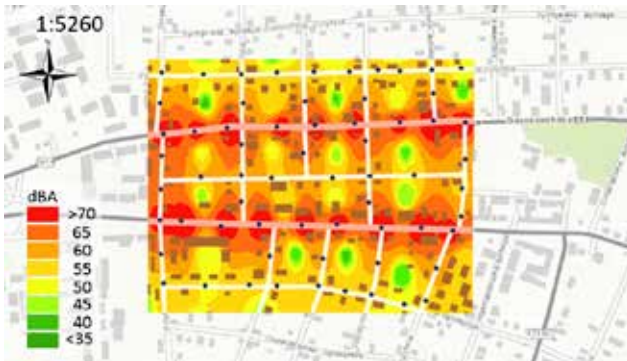


Рис. 3. Карта шумового забруднення для зони 1 у денний час



Рис. 4. Карта шумового забруднення для зони 1 у нічний час



Рис. 5. Карта шумового забруднення для зони 2 у денний час



Рис. 6. Карта шумового забруднення для зони 2 у нічний час



Рис. 7. Карта шумового забруднення для зони 3 у денний час

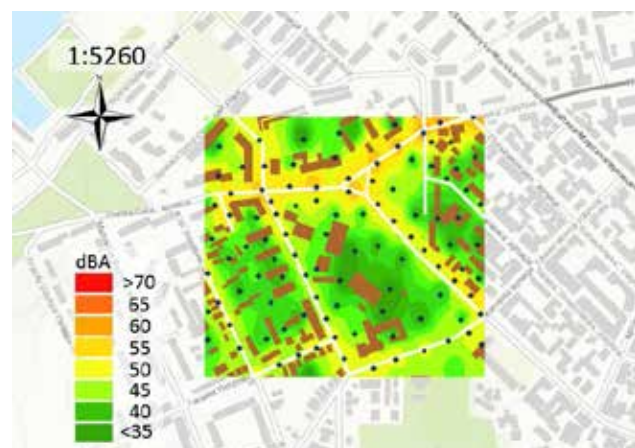


Рис. 8. Карта шумового забруднення для зони 3 у нічний час

розташованим ближче всього до інтерпольованого розташування. Вага точки зменшується як функція від відстані. Тому метод носить назву зворотних зв'язаних відстаней.

Інтерпретація отриманих результатів дослідження

За отриманими даними ми зробили такі висновки. Дослідження показало, що рівні шуму різняться від 38 дБ до 83 дБ. Дані вимірів шуму в нічний час у більшості розрахункових точок (особливо у зонах 1 та 3) здебільшого не перевершують нормативні значення ($\approx 35-55$ дБ).

Розшифрування карт шуму досить просте: джерела шуму концентруються уздовж транспортних магістралей (у місцях окремих темних плям із перевищенням норми); всередині мікрорайонів, за стіною одно-, дво- (зони 1 та 2) та багатоповерхової забудови (зони 2 та 3) (світлі плями), шум різко знижений.

У денний час зафіксований перехід цих же територій у зону акустичного дискомфорту (рис. 3, 5, 7). Збільшення показників на Південно-Бузькому мості та Одеському шосе (обидві досліджувані ділянки є частинами міжнародної траси М-14 Одеса-Мелітополь-Новоазовськ) здебільшого пов'язано з великою інтенсивністю руху транспортних засобів і незадовільним станом дорожнього покриття. Також було виявлено шумову «лінію» в районі Спаського спуску, яка розташована вздовж трамвайної лінії.

Отримані результати досліджень наочно показують, що основним джерелом шуму в досліджуваних районах м. Миколаєва є автомобільний транспорт – $\approx 70-78$ дБ вдень і $\approx 60-70$ дБ вночі. При віддаленні від проїжджої частини до тротуарів або жвавої вулиці рівень шуму спадає приблизно на 5-15 дБ (вдень становить $\approx 54-65$ дБ, вночі – $\approx 48-56$ дБ); у спальних районах $\approx 40-50$ дБ вдень і $\approx 32-45$ дБ вночі. Мінімальний рівень шуму зафіксований у парковій зоні – близько $\approx 34-44$ дБ вдень і $\approx 28-36$ дБ вночі. Максимальний рівень шуму зафіксований на мості від звуку проїжджаючих фур – ≈ 85 дБ.

На динаміку зміни рівня шуму впливає активність автомобільних потоків і скупчення людей. Так, уздовж доріг вдень (рис. 3, 5, 7) рівень шуму значно вищий, ніж вночі (рис. 4, 6, 8); біля громадських установ (школи) рівень шуму вищий, ніж на оточуючих територіях; біля магазинів рівень шуму практично не змінюється.

Умовно розділимо поняття «акустичного комфорту» і «дискомфорту». Зони акустичного комфорту – це території з рівнями звуку і рівнями звукового тиску, які не перевищують нормативних значень. Слід зауважити, що практично на будь-якій території присутній так званий фоновий шум: спів

птахів, шелест листя, шум вітру. Тому зон із рівнями звуку і звукового тиску, із рівними нулю децибелами просто не може бути. Однак цей фоновий шум у низці випадків не перевищує нормативних значень і не викликає ніяких незручностей, а тим більше шкоди і небезпеки для людини.

Зони акустичного дискомфорту – це території з рівнями звуку і рівнями звукового тиску, що перевищують нормативні значення. Перебуваючи в зазначених зонах, людина відчуває психофізіологічний дискомфорт через надлишкові рівні звуку і рівні звукового тиску. При значному перевищенні нормативних значень шумом наноситься шкода організму.

Формально будь-яке перевищення нормативних значень шуму неприпустиме і є порушенням діючих санітарних і технічних норм. Це вимагає застосування шумозахисних заходів. На жаль, саме за фактором шуму дискомфортом є дуже великі площі на території сучасного міста, що ми підтвердили, створивши карти шуму трьох різних зон м. Миколаєва, а ніякі шумозахисні заходи на них не проводяться. Це додатково підкреслює актуальність проведеної науково-дослідної роботи.

Слід зауважити, що створення карт шуму дозволяє здійснювати моніторинг акустичного забруднення навколишнього середовища, вивчити закономірності поширення шуму в міській забудові, коригувати проектні рішення.

Головні висновки. Дослідження показало, що рівні шуму різняться від 38 дБ до 83 дБ, збільшення показників на Південно-Бузькому мості та Одеському шосе (обидві досліджувані ділянки є частинами міжнародної траси М-14 Одеса-Мелітополь-Новоазовськ) здебільшого пов'язано з великою інтенсивністю руху транспортних засобів (особливо вдень) і незадовільним станом дорожнього покриття. Також було виявлено шумову «лінію» в районі Спаського спуску, яка розташована вздовж трамвайної лінії.

Перспективи використання результатів дослідження. Використання при розробці власного приладу нових технологій у галузі комунікацій і висока швидкість обчислень дозволять створювати шумові карти в майже реальному масштабі часу. Співвідношення з географічним місцем розташування (GPS-трекер), вимірювання збираються з мобільних станцій і за допомогою програмного забезпечення для шумового моніторингу (датчик звуку) зберігаються (локальне калібрування). Завдяки розробленому способу підсумкова карта буде відповідати фактичній ситуації, а її створення може займати декілька годин залежно від складності досліджуваної території.

Література

1. Cabrera I.N, Lee M.H. Reducing Noise Pollution in the Hospital Setting by Establishing a Department of Sound: A Survey of Recent Research on the Effects of Noise and Music in Health Care. *Preventive Medicine*. 2000 April; 30(4): p. 339–345. PMID:10731463.
2. Djamel O. Annoyance caused by exposure to road traffic noise: An update. *Noise & Health*. 2002 February; 4(15): p. 69–79.
3. Манаєнкова А.М. Загальні принципи класифікації, діагностики та лікування професійних захворювань / А.М. Манаєнкова // Професійні захворювання: Керівництво. М. : Медицина, 1996. Т. 1. С. 21–27.
4. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України. 2016 рік / МОЗ України, ДУ «УІСД МОЗ України». Київ, 2017. 516 с.
5. "Analytical Bulletin" N. 44 (597) / On Actual Problems of the Fight against Cardiovascular Diseases / М., 2015. P. 100–102.
6. Професійні захворювання / За ред. Н.Ф. Измерова і ін. М. : Медицина, 1996. Т. 1. С. 336.
7. Ткач Н.А. Оценка и прогнозирование влияния автомобильного транспорта на состояние шумового загрязнения селитебных территорий : дис. к.т.н: 01.03.15, Дніпропетровськ / Ткач Наталья Александровна. Дніпропетровськ, 2015. 183 с.
8. Prasad D. Noise pollution / Debi Prasad: tripathy B.E. (Min.), M. Tech (Mine Planning) PG. Diploma in Ecology and Environment PG. Dip. Personnel Management and Industrial Relations. New Delhi: A.P.H. Publishing Corporation, 2015. 362 p.
9. Kucas A., Hoj J., Frederiksen R. Efficient Noise Mapping using ArcGIS and detailed Noise Propagation Simulation. 2017 ESRI European User Conference.
10. Абракітов В.Е. Моделювання процесів розповсюдження шуму у 39-й міській забудові із застосуванням комп'ютерних технологій / В.Е. Абракітов // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : Тези доповідей XIX міжнародної науково-практичної конференції, Ч. IV. (MicroCAD-2015, 01-03 червня 2011 року, Харків). Харків : НТУ «ХПІ». С. 61. ArcDesktop GIS package. [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.esri.com.

ПРОБЛЕМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

УДК 502.12

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.34>

ОЦІНКА ДІЄВОСТІ ЗАСОБІВ ПРОПАГАНДИ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗНАНЬ

Давидова І.В., Корбут М.Б., Бондарчук В.М.

Державний університет «Житомирська політехніка»

вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

davydvairina2@gmail.com, korbutmari81@gmail.com, vasnikol@meta.ua

У роботі викладені результати досліджень, спрямовані на вивчення особливостей сприйняття екологічної інформації при різних способах її висвітлення. Мета досліджень полягала в тому, щоб дізнатися ставлення громадян до шляхів поширення екологічної інформації, вивчити дієвість механізмів інтерпретації статистичних даних і візуалізації екологічних проблем, визначити зацікавленість місцевих жителів у проведенні заходів екологічного спрямування.

Дослідження було проведено шляхом соціологічного опитування пересічних жителів регіону. Серед респондентів переважала частка молоді, яка традиційно є більш активною. Аналіз статевої структури респондентів показав, що жінки більш охоче долучалися до опитування. Практично всі учасники анкетування мають вищу освіту або ж здобувають її.

Результати анкетування показали, що всі респонденти стикаються із екологічною інформацією у повсякденному житті та зазвичай переглядають її за умови, що інформація дійсно цікава та креативна. Безпосередню участь у поширенні екологічної інформації брала незначна частина респондентів, а саме лише 23% (переважно молодь) долучалися до цього.

Серед джерел отримання екологічної інформації найбільш популярними виявилися мережа Інтернет, соціальні мережі та телебачення. Фактично не використовуються як джерела отримання екологічної інформації роздаткові матеріали та радіо. Приклад вдалої візуалізації навели 69% респондентів, що свідчить про те, що загалом екологічна реклама не залишає людей байдужими.

За способом візуалізації екологічної інформації більшість респондентів визначили як найбільш дієвий варіант рекламу на білбордах чи в мережі Інтернет, яка складається з фотозображення, яка повністю демонструє проблему та заклик до змін. У подальшому при виготовленні екологічної інформативної продукції варто враховувати, які види візуалізації є більш дієвими, та орієнтуватися саме на них. *Ключові слова:* соціологічне опитування, респондент, екологічна реклама, візуалізація інформації, екологічні заходи, фото- та відеопродукція.

Evaluation of the means effectiveness of the ecological knowledge promotion. Davydova I.V., Korbut M.B., Bondarchuk V.M.

The paper presents the results of research aimed at studying the peculiarities of the perception of environmental information in different ways of its coverage. The purpose of the research was to find out the attitude of citizens to the ways of disseminating environmental information, to study the effectiveness of mechanisms for interpreting statistics and visualizing environmental problems, to determine the interest of local residents in conducting environmental activities.

The study was conducted through a survey of ordinary residents of the region. Part of young people, who are traditionally more active, predominated among the respondents. Analysis of the gender structure of respondents ostend that women were more willing to participate in the survey.

Almost all survey participants have higher education, or are currently obtaining it. The results of the survey ostend that all respondents deal with environmental information in everyday life and usually review it provided that the information is really interesting and creative. A small number of respondents were directly involved in disseminating environmental information, only 23% (mostly young people).

Among the sources of environmental information, the most popular were the Internet, social networks and television. In fact, handouts and radios are not used as sources of environmental information. 69% of respondents gave an example of successful visualization, which indicates that in general, environmental advertising does not keep people indifferent.

According to the method of visualization of environmental information, the majority of respondents determined the most effective option as advertising on billboards or on the Internet, which consists of a photo image that fully demonstrates the problem and calls for change. In the future, when making environmental information products should take into account which types of visualization are more effective and focus on them. *Key words:* sociological survey, respondent, ecological advertising, information visualization, ecological measures, photo and video production.

Постановка проблеми. В умовах сучасної економічної глобалізації та загострення глобальних загроз і викликів формування ефективної маркетингової та рекламної стратегії є нагальним питанням для кожного підприємства. Підприємства приділяють пильну увагу раціональному плануванню рекламних комунікацій. «Правильно спланована рекламна стра-

тегія допомагає охопити цільову аудиторію рекламними повідомленнями про продукт, і встановити міцні відносини споживачів з маркою підприємства» [1].

В умовах сьогодення споживачі все частіше поряд із ціною та якістю товару починають звертати увагу на його екологічність. Згідно закону ринку попит породжує пропозицію товару, зростає випуск екологічних

продуктів. Однак здебільшого виготовлення екологічних товарів, які є безпечними для споживача та спричиняють мінімальний вплив на довкілля, вимагає збільшення витрат, а тому підвищує їх собівартість. Через це підприємства, орієнтовані на випуск подібної продукції, мають докладати певних зусиль щодо її просування на ринку. Зазвичай серед провідних важелів екологічного маркетингу є екологічна реклама, яка дозволяє донести до споживачів інформацію щодо переваг певного товару та певним чином стимулює його покупку. Отже, екологічна реклама – рушійна сила торгівлі екологічними товарами.

Поряд із комерційною рекламою у засобах масової інформації все частіше з'являється соціальна екологічна реклама, яка не має на меті отримання зиску, а орієнтована виключно на популяризацію екологічної інформації, формування екологічного світогляду, вирішення певних екологічних проблем. Відмінною рисою екологічної соціальної реклами порівняно з комерційною є те, що соціальна реклама не мотивується поверненням інвестицій, а є певною програмою корпоративної соціальної відповідальності [2].

Актуальність дослідження. На відміну від західних компаній, де ефективно впроваджуються на практиці екологічні соціальні проекти та їх реклама, в нашій країні існує великий розрив між офіційним декларуванням подібних проектів і їх реальним забезпеченням. Більшість екологічних компаній і їх реклама фінансуються за рахунок коштів міжнародних організацій і грантів. Так, в рамках національної кампанії GOGREEN («Прямуй на зелене!») і Глобального Договору [3] нещодавно проводилися соціальні рекламні кампанії «Ти небезпечно озброєний» і «Підпишись під захистом довкілля!».

Що стосується вітчизняної соціальної реклами, то вона лише зароджується. Основною перешкодою її розвитку є те, що така реклама має на меті докорінно змінити уяву населення про екологію та використання природних ресурсів, але не принесе жодної фінансової вигоди її розробнику. Отже, якщо компанія чи урядова організація витрачає кошти на розробку та поширення соціальної екологічної реклами, то вона хоче отримати максимальний ефект від цього. Саме тому потрібно проводити дослідження щодо дієвості різних видів екологічної реклами.

Велике значення для охоплення максимального контингенту має вибір засобів масової інформації для її поширення. Незважаючи на те, що частка екологічної реклами на телебаченні невпинно зростає [4; 5], необхідно орієнтуватися і на більш сучасні інформаційні джерела. На цьому етапі розвитку електронної комерції і ринку інформаційно-телекомунікаційних послуг все більше екологічних рекламних кампаній проходять із впровадженням глобальної мережі Інтернет. Слід зазначити, що приховані резерви електронного рекламного ринку в Україні не реалізовано, тому він є найбільш інвестиційно привабливим об'єктом на ринку реклами в Україні [6].

Крім того, велике значення має спосіб візуалізації екологічної інформації, адже екологічна соціальна реклама орієнтована на пересічну людину і повинна бути доступною, зрозумілою для всіх верств населення. До того ж зазвичай будь-яка екологічна інформація містить заклик до змін у житті кожного громадянина. Такі зміни вимагають певних зусиль (роздільне сортування сміття, висадка дерев) і не передбачають матеріальної винагороди. Тому соціальна реклама має бути не тільки доступною, але й дієвою. Вона має дати розуміння певної екологічної проблеми, її важливості, мотивувати населення до екологічно свідомої поведінки. Все це зумовлює актуальність наших досліджень.

Мета досліджень полягала у тому, щоб дізнатися ставлення громадян до шляхів поширення екологічної інформації, вивчити дієвість механізмів інтерпретації статистичних даних і візуалізації екологічних проблем, визначити зацікавленість місцевих жителів у проведенні заходів екологічного спрямування.

Методика досліджень. Для визначення дієвості засобів поширення екологічної інформації було проведено соціологічне опитування: «Дієвість комунікативних інструментів екологічної політики». Опитування проводили серед гостей та учасників заходу «Червоне ЕкоФест», який відбувся 28 червня 2019 року в смт Червоне Житомирського району. Метою заходу було привернення уваги місцевих жителів до збереження довкілля, утилізації відходів, екологічно свідомого ставлення до природи. Під час опитування респондентам пропонували заповнити анкету у паперовому вигляді. Отримані результати в подальшому оброблялися та аналізувалися.

Виклад основного матеріалу. Анкета складалася з трьох частин. Перша частина містила лише три запитання щодо статі, віку та рівня освіти респондентів та була призначена для визначення категорії населення, яка найохочіше долучається до подібних досліджень.

Загалом опитування пройшло 105 осіб. Це не велика кількість з огляду на те, що до заходу долучилося більше ніж 1,5 тисячі учасників. Ймовірних причин такої незацікавленості дві. По-перше, мета опитування полягала у визначенні ставлення до екологічної реклами свідомого населення. Тому мінімальний вік для проходження опитування був встановлений як 18 років. Діти охоче йшли на контакт, але їхні відповіді враховані не були. По-друге, значна частина відвідувачів заходу з'явилася на нього з дітьми дошкільного та молодшого шкільного віку, оскільки ЕкоФест був орієнтований переважно на дітей і молодь. На заході була представлена велика кількість цікавих для дітей локацій, тому батьки не могли виділити час на заповнення анкети, оскільки були змушені приглядати за дітьми. Що стосується людей старших за віком, то вони традиційно виявляють менше зацікавлення у різних опитуваннях та анкетуваннях, оскільки переважна більшість не

вірити, що це може дати хоч якийсь позитивних результат, що підтверджується і результатами анкетування (рис. 1).

Серед опитаних найбільша частка людей віком 18-25 років (57%). З кожною наступною віковою категорією частина людей, які погодилися пройти анкетування, зменшувалася. Так, для категорії 25-30 років частка склала 23%, для 30-40 років – 17%, а для категорії 40-50 років – 3%. Це вказує на різне ставлення до екологічних заходів людей різних поколінь. Молодь, яка зростала в часи, коли проблемами екології вже почали перейматися, чула екологічну рекламу у засобах масової інформації, дивилася фільми, спрямовані на формування екологічного дружнього світогляду, набагато легше йде на контакт і залучається до різних заходів будь-то опитування, екологічна дискусія, еко-квест чи посадка дерев. Старші покоління, які мають більше негативного досвіду, не довіряють гучним гаслам і рекламним засобам, здебільшого намагаються залишитися осторонь «не корисних», на їхню думку, заходів.

Аналіз статевої структури респондентів (рис. 2) показав, що жінки більш охоче долучалися до опитування, що є традиційним для подібного роду досліджень. Їх частка склала 77%, на відміну від чоловіків, яких було лише 23%. Подібний розподіл є типовим і практично не залежить від напрямку дослідження.

Вивчення розподілу рівнів освіти респондентів показало, що більша частина (63%) має середню освіту, а 37% – вищу. Це корелює із віковою структурою, оскільки найбільш активно участь у опитуванні брала молодь, яка навчається у вищих навчальних закладах та ще не здобула диплом про повну вищу освіту. Враховуючи співвідношення вікових категорій

і рівнів освіти, можна стверджувати, що практично всі учасники анкетування або мають вищу освіту (старшого віку), або здобувають її (молодший вік).

Друга частина анкети складалася з 10 питань, які безпосередньо стосувалися засобів поширення екологічної інформації і мали на меті визначити ставлення респондентів до екологічної реклами загалом, виявити, який вид поширення екологічної інформації є найбільш дієвим, проаналізувати готовність опитаних осіб до участі в екологічних заходах.

Аналізуючи частоту появи екологічної інформації в повсякденному житті респондентів (рис. 3), можна зробити висновок, що практично всі стикаються з нею. Більшість опитаних відповіли, що натрапляють на екологічну інформацію декілька разів на тиждень (57%), хоча досить значна частка зустрічає її рідше (23%) або частіше (17%). На періодичність певною мірою впливає те, наскільки часто людина користується засобами масової інформації: радіо, телебачення, інтернет тощо та сферою інтересів кожної людини. Природно, що респондент, який кожного дня переглядає стрічку новин в мережі Інтернет, буде рідше зустрічати публікації про певні екологічні події чи проблеми, ніж особа, яка кожного дня переглядає стрічку новин у соціальних мережах.

Крім того, результат опитування відображає суб'єктивну думку респондентів, ту екологічну інформацію, про яку вони пам'ятають. Байдужа до проблем довкілля людина може перегорнути такі новини, не читаючи. У такому разі в пам'яті цієї людини може навіть не зафіксуватися сам факт їх наявності. Загалом екологічна інформація є невід'ємною частиною того інформаційного потоку, який сприймається кожною людиною.

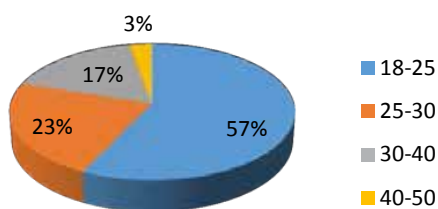


Рис. 1. Вікова структура респондентів

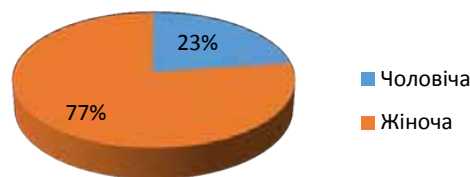


Рис. 2. Статева структура респондентів



Рис. 3. Частота перегляду екологічної інформації респондентами

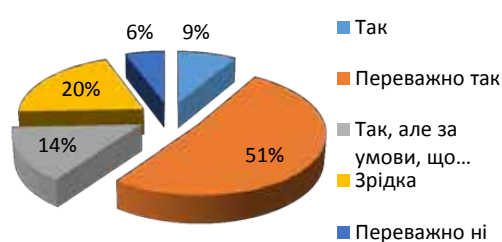


Рис. 4. Відповіді на запитання: «Чи завжди Ви дочитуєте екологічну інформацію?»



Рис. 5. Необхідність соціальної екологічної реклами (на думку респондентів)

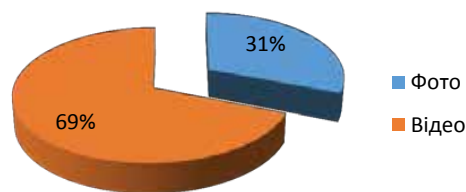


Рис. 6. Типи соціальної реклами, яка сприймається найкраще (на думку респондентів)

На запитання: «Якщо Ви натрапили на цікаву друковану екологічну інформацію (наукового чи популяристичного характеру), чи завжди дочитуете її до кінця?» (рис. 4) більшість респондентів відповіли, що так (65%). Деякі з них уточнювали, що інформація має бути дійсно цікавою та креативною, має стосуватися безпосередньо їх оточення та містити якісь нові для респондентів факти.

На запитання: «Чи потрібна соціальна реклама?» практично всі респонденти відповіли, що потрібна (рис. 5). Лише декілька учасників опитування висловилися, що вони не замислювалися про це. Жодної негативної відповіді не було. Можна зробити висновки, що соціальна екологічна реклама, яка не має на меті просування певного виду продукції, а лише закликає до екологічно свідомого життя, позитивно сприймається населенням.

Аналізуючи види соціальної реклами (рис. 6), респонденти висловили думку, що найкраще сприймається відео- та фотопродукція. Жодна особа не вказала радіопродукцію та друковану продукцію. Деякі опитані наголошували, що друкована продукція практично не має сенсу, оскільки здебільшого її роздають перехожим на вулиці, а люди, які поспішають у своїх справах, досить часто викидають її до смітцевого бака, навіть не розгортаючи. Що стосується радіопродукції, то вона не має попиту, оскільки слухають радіо здебільшого люди старшого покоління, а молодь надає перевагу більш сучасним засобам масової інформації.

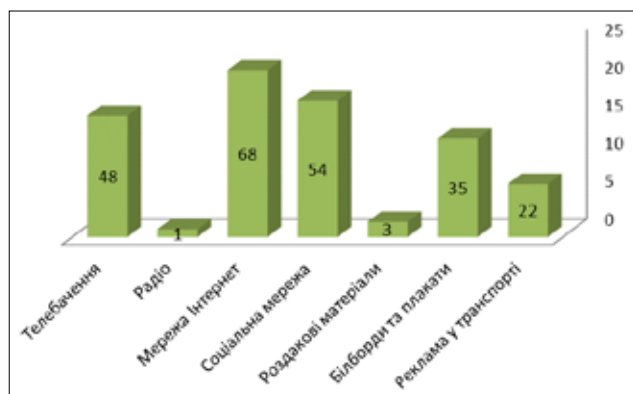


Рис. 7. Джерела отримання екологічної інформації респондентами

Серед джерел отримання екологічної інформації (рис. 7) найбільш популярними виявилися мережа Інтернет (68 опитаних), соціальні мережі (54 опитаних) і телебачення (48 осіб), що й не дивно, оскільки це ті способи донесення інформації до населення, які натеper найбільш популярні.

Старші люди здебільшого використовують телебачення, молодь – більше соціальні мережі, але практично немає людей, які б не користувалися жодним із цих інформаційних джерел. Деяко меншою популярністю користується соціальна реклама у громадському транспорті (22 особи) та білборди і плакати у місті (35 осіб). Зазвичай пересічна людина не звертає уваги на ці інформаційні засоби, однак, намагаючись згаяти час, вона їх проглядає. Так відбувається протягом проїзду у транспорті, під час очікування на зупинці тощо. Фактично не використовуються як джерела отримання екологічної інформації роздаткові матеріали (3 особи) та радіо (1 особа). Жоден респондент не назвав періодичні видання, що зумовлено зменшенням їх популярності.

За способом візуалізації екологічної інформації (рис. 8) більшість респондентів визначили як найбільш дієвий варіант використання фотографій, які висвітлюють проблему (75 респондентів), трохи менше голосів набрав варіант надання опису проблемної ситуації з варіантом її вирішення (48 респондентів).

Значно менше опитаних зазначили варіанти використання статистичних даних і використання пла-

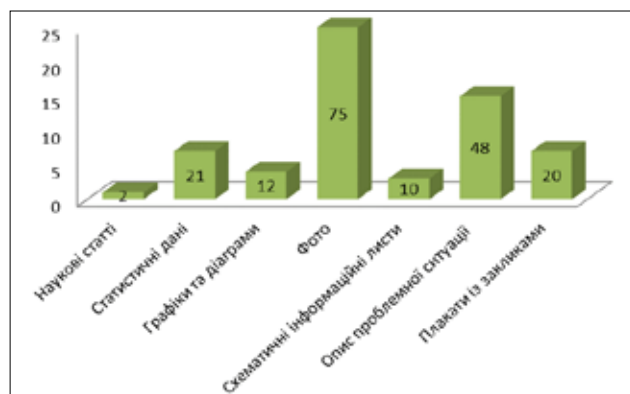


Рис. 8. Найбільш дієвий спосіб візуалізації екологічної інформації (на думку респондентів)

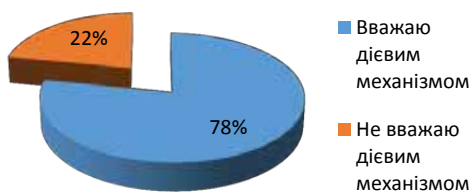


Рис. 9. Особиста участь респондента у поширенні екологічної інформації

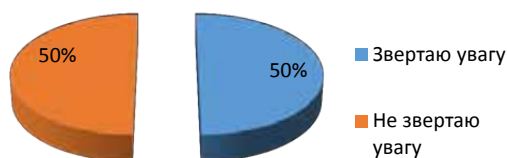


Рис. 10. Особиста участь респондента в екологічних акціях

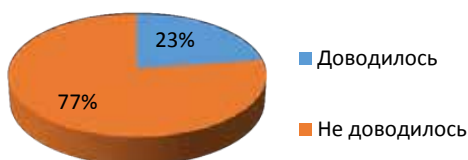


Рис. 11. Ставлення респондентів до символічних екологічних акцій

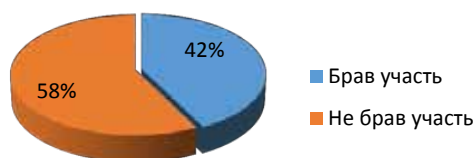


Рис. 12. Ставлення респондентів до маркування товарів

катів із закликами (21 та 20 осіб). Зовсім незначна кількість учасників обрала варіант використання графіків і діаграм, схематичних інформаційних листків, що висвітлюють лише найбільш важливі дані, чи наукових статей. Можна зробити висновок, що за результатом опитування найбільш дієвими способами візуалізації екологічної інформації є повідомлення, не переобтяжені даними та фактами, які можуть дати загальну характеристику проблеми або показати її у вигляді світлин.

Безпосередню участь у поширенні екологічної інформації брала незначна частина респондентів, а саме лише 23% долучалися до цього (рис. 9).

У віковому розрізі всі опитані, які відповіли «Так», належать до вікової групи 18-25 років, що підтверджує значно більшу активність молоді порівняно із старшими поколіннями. При деталізації було виявлено, що найчастіше опитані поширювали екологічну інформацію в рамках навчального процесу, у вигляді постів і роликів у соціальних мережах, популяризуючи екологічні види упаковки товарів (екосумки, паперові пакети тощо).

Участь в екологічних акціях брали 58% опитаних, що значно більше, ніж кількість осіб, які поширювали екологічну інформацію (рис. 10). Це вказує на певну безініціативність населення. Люди охоче



а)



б)



в)



г)

Рис. 13. Найбільш відомі знаки екологічного маркування: а) «Листок Мебіуса»; б) «Дбай про чистоту»; в) «Без ГМО»; г) «Зелений журавлик»

долучаються до екологічних заходів, організованих кимось іншим, однак не хочуть докладати зусилля для створення інформаційної екологічної продукції.

Аналіз питання за віковими категоріями показав, що участь у заходах брали переважно представники наймолодшої вікової групи (18-25 років), хоча, на відміну від поширення екологічної інформації, до заходів долучалися і представники старших вікових груп.

При деталізації типу екологічних акцій всі учасники опитування зазначили, що брали участь у прибиранні території, які були організовані різними організаціями та ініціативними групами. Лише одна особа зазначила, що займається сортуванням відходів, здає макулатуру та відпрацьовані гальванічні елементи. Така однотипність засобів показує значну популярність акцій із прибирання сміття та недостатню популяризацію інших заходів.

Більшість опитаних (рис. 11) висловили позитивне ставлення до символічних екологічних акцій (78%). Незважаючи на те, що кожна окрема невеличка акція не здатна кардинально виправити екологічну ситуацію в світі, вони привертають вагу громадськості до екологічних проблем і залучають

все більшу кількість населення до боротьби за збереження довкілля. Прикладами таких акцій можуть бути «Година землі», «Посади дерево», «Чисті береги», «На роботу на велосипеді» тощо.

Респонденти виявили низьку зацікавленість не лише станом навколишнього середовища, але і власною безпекою (рис. 12). Лише 50% опитаних осіб звертає увагу на екологічне маркування при його покупці. Однак споживачі орієнтуються лише у невеликій кількості екологічних знаків. Найбільш відомими, які впізнає більша частина респондентів (рис. 13), є «Листок Мебіуса» (означає, що пакувальний матеріал вироблений із повторно переробленої сировини), знак «Дбай про чистоту» (означає, що упаковку треба викинути до урни безпосередньо після споживання її вмісту), знак «Без ГМО» і знак «Зелений журавлик» (продукція, позначена цим знаком, має поліпшені показники безпеки та екологічні характеристики).

Третя частина соціологічного опитування складалася лише з двох питань: «Наведіть, будь-ласка, приклад вдалої, на Вашу думку, екологічної реклами чи іншого способу візуалізації екологічної інформа-



Рис. 14. Приклади вдалої, на думку респондентів, соціальної екологічної реклами

ції» та «Наведіть, будь-ласка, приклад невдалої, на Вашу думку, екологічної реклами чи іншого способу візуалізації екологічної інформації», яка мала на меті виявити рекламні продукти, що закарбувалися в пам'яті людей, які їх переглядали.

Приклад вдалої візуалізації навели 72 респонденти (69%), що свідчить про те, що загалом екологічна реклама не залишає людей байдужими. Переважна більшість учасників опитування в якості вдалого прикладу наводить рекламу на білбордах чи в мережі Інтернет, яка складається з фотозображення, що демонструє проблему та заклик до змін (рис. 14).

Серед проблем, які висвітлює соціальна екологічна реклама, найбільше привертає увагу проблема побутового сміття та засмічення океану пластиком, знищення диких тварин і знущання над домашніми тваринами, вирубування та спалювання лісів. Значно менша кількість осіб зазначила про плакати, як містять статистичні дані та відеоролики. Інші варіанти візуалізації екологічної інформації серед вдалих прикладів названі не були.

Кількість респондентів, які висловили свою думку щодо невдалої екологічної реклами, значно менша (41 особа). Крім того, опитані не наводять

конкретного прикладу, а висловлюють загальну думку. Ймовірно, що реклама, яка не справила належного враження на людину, яка її переглядає, досить швидко забувається.

Серед загальних коментарів щодо невдалого способу візуалізації переважає думка, що погано сприймається суха, статистична інформація без фото- чи відеосупроводу, заклики без пояснення проблеми загалом. Досить значна частина опитаних висловлюється негативно щодо листівок, брошур та інформаційних листків, розміщених на деревах і стовпах, оскільки така інформація не привертає уваги і з часом сама стає сміттям.

Головні висновки. Можна зазначити, що загалом ставлення місцевого населення до екологічної реклами є позитивним. Більшість опитаних постійно стикаються з нею в мережі Інтернет, соціальних мережах, переглядаючи телевізійні новини.

Найбільше привертає увагу соціальна екологічна реклама, виконана у вигляді фото- та відеопродукції, оскільки вона наглядно демонструє певну екологічну проблему і не переобтяжена інформацією. В подальшому при виготовленні екологічної інформаційної продукції варто враховувати, які види візуалізації є більш дієвими, та орієнтуватися саме на них.

Література

1. Полтавская Ю.Ю., Рудская Е.Н. Зеленый PR как инновационный инструмент формирования имиджа современной компании. «Научное сообщество студентов XXI столетия. Экономические науки»: материалы IV студенческой международной заочной научно-практической конференции. (18 октября 2012 года). Новосибирск, 2012. 740 с.
2. Екологічна соціальна реклама в Україні. URL: <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/ekologichna-sotsialna-reklama-v-ukraini>.
3. Мельник Л.Г., Шапочка М.К., Балацький О.Ф. та ін. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: підручник / за заг. ред. Л.Г. Мельника та М.К. Шапочки. Суми, 2005. 759 с.
4. Всеукраїнська рекламна коаліція. URL: <https://vrk.org.ua/>.
5. Лебеденко М.С., Лученко І.В. Веб-ресурс як ефективний інструмент маркетингових комунікацій. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2011. № 2. Т. 1. С. 178–182.
6. Садеков А.А. Конкурентные стратегии на основе экологического качества. *Вісник ДІТБ. Серія: Підприємництво, менеджмент і маркетинг у туристичній сфері*. 2001. № 5. С. 203–208.

УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

УДК 504.064.45

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.35>

КЛАСИФІКАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ І ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ УТИЛІЗАЦІЇ

Горобець О.В.

Житомирський національний агроекологічний університет
Старий бульвар, 7, 10008, м. Житомир
o.vikt.gorobets@gmail.com

Проаналізовано вітчизняний та європейський підходи до класифікації сільськогосподарських відходів. Встановлено, що класифікація відходів у Державному класифікаторі відходів ДК 005-96 не дозволяє чітко визначити, до якої категорії відходів (безпечних чи небезпечних) належить певний вид відходів, які способи поводження варто застосовувати до кожного з них.

Запропоновано поділяти відходи, які утворюються в галузі рослинництва і тваринництва, на дві групи: органічні та неорганічні, які поділяються на безпечні і малонебезпечні відходи (IV класу небезпечності) та на небезпечні відходи (I-III класів небезпечності). Запропонована класифікація відповідає європейському підходу та діючому Державному класифікатору відходів і дозволяє здійснювати вибір відповідних технологій знешкодження конкретних видів відходів.

Проаналізовано сучасні методи поводження з сільськогосподарськими відходами відповідно до запропонованої класифікації відходів. Встановлено, що найкращим способом поводження з відходами, які належать до органічних безпечних і малонебезпечних відходів, є їх утилізація за допомогою біологічних технологій, які є найбільш екологічно безпечними.

Розглянуто сутність, переваги і недоліки анаеробного збродження, аеробного компостування та вермикомпостування. Запропоновано розглядати неорганічні безпечні та малонебезпечні сільськогосподарські відходи в якості потенційних вторинних ресурсів, тому необхідно здійснювати їх роздільне збирання і первинне сортування з подальшим спрямуванням на утилізацію.

Визначено, що основним методом поводження з відходами, які належать до небезпечних, є видалення, хоча у певних випадках органічні небезпечні відходи можуть бути утилізовані. Наведено дані щодо можливості утилізації зазначених видів сільськогосподарських відходів. *Ключові слова:* сільськогосподарські відходи, класифікація відходів, безпечні і небезпечні відходи, утилізація відходів.

Classification of agricultural waste and the choice of the technology for their recycling. Horobets O.

Domestic and European approaches to the classification of agricultural waste are analyzed. It is established that the classification of waste in the State Waste Classifier DK 005-96 does not allow to clearly determine to which category of waste (safe or hazardous) a certain type of waste belongs to and, accordingly, what methods of treatment should be applied to each of them.

It is proposed to divide the waste generated in the field of crop and livestock production into two groups: organic and inorganic, which, in turn, are divided into safe waste, low-hazardous waste (hazard class IV) and hazardous waste (hazard class I-III). The proposed classification corresponds to the European approach and to current State Waste Classifier enabling the selection of appropriate technologies for disposal of specific types of waste.

Modern methods of agricultural waste management in accordance with the proposed classification of waste are analyzed. It has been established that the best way to manage waste belonging to organic safe and low-hazardous waste is to recycle it using biological technologies that are the most environmentally friendly. The essence, advantages and disadvantages of anaerobic fermentation, aerobic composting and vermicomposting are considered.

It is proposed to consider inorganic safe and low-hazardous agricultural waste as potential raw material, so it is necessary to carry out their separate collection and primary sorting with subsequent recycling. It has been determined that the main method of handling hazardous waste is disposal, although in some cases the organic hazardous waste can be recycled.

The data on the possibility of utilization of these types of agricultural waste are given. The proposed waste classification can be used by stakeholders and local governments to improve the management of agricultural waste. *Key words:* agricultural waste, waste classification, safe and hazardous waste, recycling, waste management.

Постановка проблеми. Клімато-географічні умови України, наявність достатніх земельних, водних і трудових ресурсів сприяють розвитку в країні сільськогосподарського виробництва, яке має важливе значення для економіки нашої держави. Так, у 2019 році внесок сільського господарства, лісового та рибного господарства в загальну суму валової доданої вартості становив 10,5% (у 2010 році ця частка складала 8,4%) [1, с. 8].

Сільськогосподарське виробництво, яке протягом десятиліть здійснюється без урахування негативних наслідків для навколишнього природного середовища, спричиняє появу багатьох екологічних проблем, зокрема забруднення довкілля відходами. Протягом останніх трьох років обсяг сільськогосподарських відходів (тобто таких, що утворюються в процесі сільськогосподарського виробництва) не перевищував 3% від загальної кількості утворених

у країні відходів. Незважаючи на це, сільськогосподарські відходи є джерелом забруднення повітря, водних і земельних ресурсів, що призводить до появи економічних збитків і соціальних проблем (погіршення стану здоров'я та якості життя населення).

Актуальність дослідження. Із загального обсягу відходів, які щорічно утворюються в сільському господарстві, утилізується (тобто використовується в якості вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів) менше половини. Інші спалюються або вивозяться на звалища, де продовжують забруднювати довкілля. Натомість сільськогосподарські відходи можна ефективно використовувати в якості добрива, джерела енергії чи вторинної сировини. Саме тому вирішення проблеми поводження з сільськогосподарськими відходами є досить актуальним.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Оскільки в процесі сільськогосподарського виробництва утворюються різні види відходів, кожен із яких потребує свого способу утилізації чи видалення, важливим складником успішного управління відходами є їх класифікація. Запропонована в статті класифікація сільськогосподарських відходів дозволить спростити вибір оптимальних способів поводження з кожним видом відходів, що сприятиме удосконаленню управління такими відходами і зменшенню їх шкоди для довкілля і здоров'я людей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню проблеми ефективного використання та утилізації сільськогосподарських відходів присвятили свої дослідження багато вітчизняних і зарубіжних науковців: Г. Гелетука, І. Демчак, А. Долінський, Т. Железна, М. Жовнір, Ю. Матвеев, Ю. Кернасюк, М. Кобець, В. Лісничий, В. Сіденко, С.У. Chang, С.С. Chen, Е. Davies, G. Gautam, Y. Liu, P. Malatji, J.-L. Shie та інші. Управлінські аспекти використання сільськогосподарських відходів вивчають І.В. Замула, Г.М. Калетнік, О.П. Скорук, Д.М. Токарчук, S.K. Brar, F. Gassara, F. Pelletier, Y. Hara, T. Furutani, A. Murakami.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на наявність певних наукових розробок, а також чинного Державного класифікатора відходів, можна зазначити, що класифікація сільськогосподарських відходів в Україні ще не повністю узгоджена і потребує додаткових досліджень.

Новизна. Удосконалено класифікацію сільськогосподарських відходів, яка дозволяє здійснювати вибір відповідних технологій утилізації чи видалення конкретних видів відходів. Здійснено огляд відповідних технологій згідно із запропонованою класифікацією сільськогосподарських відходів.

Виклад основного матеріалу. У науковій літературі існують різні класифікації відходів. В.М. Радовенчик і М.Д. Гомеля пропонують поділяти сільськогосподарські відходи на відходи природного

походження (галузей рослинництва і тваринництва) та штучного походження (пестициди і агрохімікати) [2, с. 269]. Проте в процесі вирощування продукції рослинництва і тваринництва використовується також багато інших матеріалів, частина яких перетворюється на відходи (наприклад, поліетиленова плівка, що використовується для накривання парників), які не враховуються запропонованою класифікацією.

За ступенем небезпечності сільськогосподарські відходи відносять до чотирьох класів небезпеки: I клас – надзвичайно небезпечні; II клас – високо небезпечні; III клас – помірно небезпечні; IV клас – мало небезпечні.

Європейський підхід до класифікації відходів також передбачає їх розподіл на безпечні і небезпечні згідно з джерелом походження та складом відходу. Класифікація відходів базується на Європейському переліку відходів (*the European List of Waste*) [3] та Додатку III до Директиви 2008/98/ЄС, які дозволяють однозначно ідентифікувати будь-який вид відходів і віднести його до класу безпечних чи небезпечних. Зокрема, у списку відходів небезпечні відходи позначені зірочкою.

В Україні також розроблено Державний Класифікатор відходів ДК 005-96 (ДК), згідно з яким відходи виробництва продукції сільського господарства та мисливства включено до групи 01, до якої належать такі класифікаційні угруповання [4]: відходи виробництва зернових культур, продукції овочівництва та садівництва (011); відходи вирощування тварин і виробництва продукції тваринництва (012); відходи виробництва продукції змішаного господарювання (013); відходи надання послуг у рослинництві та тваринництві (014); відходи мисливства, ловіння пасткою, розведення дичини (015); послуги спеціалізовані щодо поводження з відходами виробництва продукції сільського господарства та мисливства, які надаються за місцем утворення відходів (0159). В основу класифікації відходів у ДК покладено стадію виробничого процесу, на якій вони утворилися. Тому сільськогосподарські відходи поділяють на відходи вхідних компонентів, виробничо-технологічні відходи та відходи кінцевої продукції [4].

Отже, у ДК кожному виду відходів присвоєно відповідний код залежно від походження відходу. Як зазначають вітчизняні науковці, це спрощує пошук і дозволяє вирішувати проблему кодифікації відходів [5]. Однак така класифікація не дозволяє чітко визначити, до якої категорії відходів (безпечних чи небезпечних) належить певний вид відходів, які способи поводження варто застосовувати до кожного з них.

Згідно з європейською ієрархією методів поводження з відходами, а також новою державною політикою України у сфері управління відходами кращими способами поводження з відходами, появи яких не вдалося уникнути, є їх утилізація. Саме тому пропонується в основу класифікації сільськогоспо-

дарських відходів покласти можливість їх утилізації, здійснення якої залежить і від класу небезпечності відходів. Відходи, що утворюються в галузі рослинництва і тваринництва, пропонується поділяти на дві групи: органічні та неорганічні, які поділяються на безпечні і малонебезпечні відходи (IV класу небезпечності) та на небезпечні відходи (I-III класів небезпечності). Запропонована класифікація наведена у вигляді табл. 1.

До кожного із наведених у табл. 1 видів відходів необхідно застосовувати відповідні методи поводження. Так, найкращим способом поводження з відходами, які належать до групи 1.1. і 1.2., є їх утилізація. До відходів, які належать до груп 2.1. і 2.2., найбільш доцільно застосовувати видалення.

Розглянемо зазначені технології більш детально. Оскільки всі відходи, що належать до групи 1.1,

є органічними, вони здатні до біологічного розкладання, до них можна застосовувати біологічні методи утилізації, які є найбільш екологічно безпечними. До таких методів належить аеробне та анаеробне компостування (зброджування) та вермикомпостування.

Як зазначають вітчизняні і зарубіжні науковці, одним із найбільш поширених способів переробки органічних сільськогосподарських відходів, особливо відходів тваринництва, є їх анаеробне зброджування. Цей спосіб дозволяє знешкоджувати відходи і отримувати при цьому біогаз і високоякісні органічні добрива. В якості основної сировини для анаеробного зброджування в реакторі найчастіше використовують гній ВРХ, свинячий гній і пташиний послід (здебільшого використовують суміш із 2-10 видів субстратів).

Таблиця 1

Класифікація сільськогосподарських відходів

Галузі сільського господарства та код відходів	Сільськогосподарські відходи			
	1. Органічні		2. Неорганічні	
	1.1. Безпечні і малонебезпечні (IV клас)	1.2. Небезпечні (I-III класи)	2.1. Безпечні і малонебезпечні (IV клас)	2.2. Небезпечні (I-III класи)
Рослинництво	1) насіння та саджанці зіпсовані; 2) відходи тканин рослинного походження; 3) солома, стебла, качани кукурудзи; 4) некондиційна продукція	1) продукція, забруднена радіонуклідами; 2) продукція, забруднена шкідливими речовинами	відходи матеріалів (поліетилен, картон, скло, деревина), зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані	засоби хімічного оброблення насіння і захисту рослин та добрива мінеральні зіпсовані, забруднені, не ідентифіковані
Код відходів згідно з ДК 005-96	0111.1.1; 0112.1.1; 0113.1.1; 0111.2.6; 0111.2.9; 0112.2.9; 0113.2.9; 0111.3.1; 0112.3.1; 0113.3.1	0111.3.2; 0112.3.2; 0113.3.2	0112.1.2; 0113.1.2	0111.1.2
Тваринництво	1) фураж, корми для відгодівлі свійської птиці, підкормка для бджіл, корми для шовковичного шовкопряда, кормові добавки зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані; 2) відходи тканин тваринного походження, екскременти, сечовина та гній від худоби, послід пташиний; 3) продукція бракована	1) продукція від ВРХ, овець, кіз, коней, свійської птиці, інших тварин некондиційна, забруднена радіонуклідами та/або шкідливими речовинами; 2) тварини, уражені небезпечними інфекційними захворюваннями або забруднені радіонуклідами та/або шкідливими речовинами	1) матеріали для виготовлення засобів та обладнання для утримання тварин (вуликів, стелажів, кліток, вольєрів тощо) зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, їх залишки, які не використовуються за призначенням	1) засоби утримання тварин, уражених небезпечними інфекційними захворюваннями, забруднені радіонуклідами та/або шкідливими (небезпечними) речовинами;
Код відходів згідно з ДК 005-96	0121.1.1; 0122.1; 0123.1; 0124.1; 0125.1; 0130.1; 0121.2.6; 0122.2; 0123.2; 0124.2.6; 0125.2.6; 0125.2.9; 0130.2; 0121.3.1; 0122.3.1; 0123.3.1.01; 0124.3.1; 0125.3.1; 0130.3	0121.3.2; 0122.3.2; 0123.3.2; 0124.3.2; 0125.3.2.01; 0125.3.2.03; 0125.3.2.04	0125.1.2	0125.3.2.02

Джерело: розроблено автором на основі [4]

Для ефективного анаеробного зброджування тваринних екскрементів додають інші органічні відходи (наприклад, рослинні). Це досить складний процес, для управління яким необхідно контролювати певні параметри (температуру, кислотність, наявність токсичних речовин), а також забезпечити безперервне та рівномірне протягом доби завантаження-розвантаження органічної речовини; оптимальну інтенсивність перемішування сировини в резервуарі; підтримання оптимальної температури зброджування; забезпечення нормальної діяльності метаноутворюючих бактерій.

При виробництві біогазу шляхом анаеробного зброджування органічних відходів кількість виробленої енергії складає 203-2950 МДж/т. При цьому витрати на впровадження такої технології досить високі, внаслідок чого окупність біогазових проектів складає від 6 до 14 років [6, с. 16]. З метою скорочення терміну окупності таких проектів до 4-8 років підприємство може купувати електроенергію за звичайним тарифом для промислових підприємств, а електроенергію, вироблену з біогазу, продавати за зеленим тарифом.

Після анаеробного зброджування в органічній суміші майже не залишається яєць гельмінтів, хвороботворних мікроорганізмів і насіння бур'янів, тому її можна використовувати для виготовлення добрив (компосту). Компост знаходить широке застосування в якості добрива в сільському, лісовому, зеленому господарстві; для рекультивації земель; в якості палива (після попередньої сушки до вологості 3-8% і брикетування).

До недоліків біогазових технологій потрібно віднести великі витрати на обладнання, будівництво інфраструктури для підключення до електромережі, отримання дозволів; значний термін окупності інвестицій; необхідність постійної наявності органічної сировини. Перевагами біогазових технологій є те, що вони дозволяють вирішувати певний спектр проблем: екологічну (повна утилізація органічних відходів рослинництва і тваринництва); енергетичну (отримання та використання біогазу); агрохімічну (отримання якісних органічних добрив і поліпшення родючості ґрунту); соціальну (покращення умов праці, створення додаткових робочих місць); економічну (зменшення витрат на оплату екологічного податку, отримання прибутку від реалізації добрив) [2, с. 280].

Аеробне компостування відбувається в присутності повітря на відкритих ділянках. Найбільш широко компостування використовується для переробки рослинних відходів, проте для підвищення ефективності компостування додають сухий гній, солому, тирсу. Кінцевим продуктом компостування є компост – органічне добриво.

Останнім часом все більше уваги у світі приділяється розвитку вермикомпостування, або вермикультури. В результаті можна отримати біогумус – високомолекулярні органічні сполуки, що утворюються внаслідок життєдіяльності черв'яків у процесі пере-

роблення ними органічних речовин. Біогумус має високий вміст біогенних елементів у легкодоступній формі, є однорідним і розсипчастим. Під впливом черв'яків процес компостування проходить втричі швидше, ніж аеробне компостування [7, с. 221].

Недоліками компостування є досить тривалий термін виготовлення компосту, необхідність і складність дотримання вимог щодо вмісту в компості та на земельних ділянках, де він використовується, забруднюючих речовин, зокрема, важких металів.

Перевагами компостування є зменшення забруднення довкілля відходами; можливість отримання добрив; поліпшення родючості ґрунту, зниження ймовірності ерозії ґрунту; зменшення витрат на мінеральні добрива; більш проста і дешева технологія порівняно з анаеробним зброджуванням, що дозволяє широко її застосовувати навіть у невеликих господарствах. Загалом проекти з використання компосту в якості добрива є економічно вигідними і мають короткий термін окупності, насамперед внаслідок економії коштів на закупівлю високоякісних мінеральних добрив і за рахунок покращення складу ґрунтів, збільшення врожайності продукції рослинництва.

Досить вигідним також є спрямування рослинних відходів на корм для відгодівлі тварин чи використання їх у якості підстилки для тварин. У разі утворення великих обсягів рослинних відходів їх також можна успішно використовувати для виготовлення різноманітної продукції – вірвовок, канатів, текстилю, паперових виробів, оббивних, пакувальних, ізоляційних, будівельних матеріалів.

Було підраховано, що виробництво целюлози, паперу або картону із соломи потребує менше капіталовкладень, ніж організація виробництва целюлози з деревини. Як свідчить досвід європейських країн, найбільш економічно вигідним є виробництво целюлози з соломи на підприємстві потужністю 10-20 тис. т на добу. Орієнтовна вартість будівництва підприємства складає 15 млн євро, а термін окупності – 5-7 років [6, с. 20].

Що стосується неорганічних безпечних і малонебезпечних сільськогосподарських відходів, які належать до групи 2.1 (табл. 1), вони також підлягають утилізації, оскільки є потенційною вторинною сировиною. З метою уникнення забруднення та псування зазначених відходів необхідно запровадити їх роздільне збирання і первинне сортування. Потрібно облаштувати приміщення або критий майданчик, а також відповідні ємності для розміщення і тимчасового зберігання таких відходів. Частина таких відходів можна утилізувати в самому господарстві, наприклад, деревні відходи. Щодо інших, то бажано укласти договір із підприємством чи організацією, які займаються збиранням та утилізацією відповідного виду відходів.

Відходи, що належать до груп 1.2. і 2.2, є небезпечними з точки зору екологічної чи санітарно-епіде-

міологічної безпеки, саме тому переважним способом поводження з такими відходами є видалення. З цією метою зазвичай застосовують термічні методи чи захоронення відходів, які здійснюються спеціалізованими підприємствами у спеціально відведених місцях.

Проте органічні відходи, що входять до групи 1.2., у певних випадках також можуть бути утилізовані, зокрема, за допомогою компостування, що було підтверджено численними дослідженнями. Було доведено, що компостування є ефективним способом утилізації рослин, які містять у своїх тканинах ДДТ [8]. Це знайшло своє відображення і в нормативних документах. Було розроблено «Методику вилучення, утилізації та знищення сільськогосподарської сировини і харчових продуктів, що зазнали впливу пестицидів та агрохімікатів і непридатні до використання», в якій зазначено, що найбільш доцільними та безпечними методами знищення продукції, яка зазнала впливу пестицидів і агрохімікатів, є спалювання або компостування.

Компостування може також успішно застосовуватися для знешкодження трупів загинув тварин і птиці, у тому числі уражених інфекційними захворюваннями [9]. Особливо це актуально для невеликих господарств, які мають обмежений доступ до санітарних полігонів чи спеціальних спалювальних установок.

Головні висновки. Таким чином, удосконалена класифікація сільськогосподарських відходів, яка передбачає їх розподіл на органічні та неорганічні, а також на безпечні і небезпечні, дозволяє здійснювати вибір відповідних технологій утилізації чи видалення конкретних видів відходів. Перевагами запропонованої класифікації є відповідність європейському підходу та діючому Класифікатору відходів.

Перспективи використання результатів дослідження. Запропонована класифікація відходів може використовуватися зацікавленими суб'єктами господарювання та органами місцевого самоврядування для удосконалення поводження з сільськогосподарськими відходами.

Література

1. Соціально-економічний розвиток України за січень-травень 2020 року. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 09.08.2020).
2. Радовенчик В.М., Гомеля М.Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування. Київ, 2009. 552 с.
3. 2014/955/EU: Commission Decision of 18 December 2014 amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32014D0955> (дата звернення: 09.08.2020).
4. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text> (дата звернення: 09.08.2020).
5. Жуковський Т.Ф., Ткачова О.В., Пшенічнова О.Л., Карцев В.Г. Впровадження в Україні європейського підходу до класифікації відходів. *Технологический аудит и резервы производства*. № 4/3(30). 2016. С. 27–32.
6. Обращение с отходами агропромышленного комплекса: возможности для Украины. URL: <http://www.uabio.org/img/files/news/pdf/waste-agro-complex-2013.pdf> (дата звернення: 09.08.2020).
7. Агрохімія : підручник / Г.М. Господаренко. Київ, 2013. 406 с.
8. Слободенюк О.А. Утилізація рослин, забруднених дихлордифенілтрихлорметилметаном. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22.11. С. 128–132.
9. Міллер Л., Флорі Г. Утилізація туш у малих і середніх тваринницьких фермах: Практичні рекомендації. *Focus On*. № 13, 2018. Рим. ФАО. 10 с.

АНКЕТУВАННЯ ЯК МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ПРОБЛЕМ У ПОВОДЖЕННІ З ВІДХОДАМИ В МІСТІ МИКОЛАЄВІ

Маркіна Л.М., Ушкац С.Ю., Жолобенко Н.Ю., Іванчатенко А.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
пр. Героїв України, 9, 54025, м. Миколаїв
markserg@ukr.net, svitlana.ushkats@nuos.edu.ua, nataliya.zholobenko@nuos.edu.ua

У статті розглянуто науковий метод соціологічного опитування для виявлення проблем щодо поводження з твердими побутовими відходами серед населення міста Миколаєва та запропоновані шляхи їх вирішення. Виявлено низку недоліків впровадження системи роздільного збору серед населення різних вікових категорій, проаналізовано, як саме та наскільки населення дотримується правил збирання особливо цінних відходів і для яких районів міста Миколаєва це явище є характерним.

Результати опитувань демонструють низькі показники співпраці органів влади з населенням, що викликає недовіру в останніх не тільки в питаннях політичного життя країни, але й відносно стану навколишнього природного середовища. На основі результатів проведеного аналізу запропоновано варіанти зміни ситуації стосовно роздільного збору відходів. Досліджено, що негативна ситуація, яка склалася в системі поводження з твердими побутовими відходами у місті Миколаєві, може бути вирішена шляхом реалізації сучасних економічно-інформаційних ініціатив з боку влади та подолання недостатньої мотивації населення.

Зроблено висновки, що вирішення багаторівневих проблем необхідно розпочинати з популяризації здорового екологічно безпечного способу життя серед різних груп населення, а вдосконалення системи екологічної освіти в усіх освітніх ланках системи потрібно розпочинати з дошкільних закладів, закінчуючи сформованими колективами установ та організацій, ставлячи за мету змінити в майбутньому світогляд стосовно правильного поводження з відходами та бережливе ставлення до навколишнього природного середовища.

Виявлено, що модернізація обладнання, розробка інструкцій із сортування побутових відходів, створення надійної системи зберігання відходів та інформування населення стосовно правил сортування відходів, а також зміни в цінній політиці неодмінно призведуть до бажаних результатів. *Ключові слова:* тверді побутові відходи, поводження з відходами, навколишнє природне середовище, екологічна культура, психологія поведінки, довкілля, соціологічне опитування.

Survey as a method of identifying problems in waste management in the city of Mykolaiv. Markina L., Ushkats S., Zholobenko N., Ivanchatenko A.

The article considers the scientific method of sociological survey to identify problems in the management of solid waste among the population of the city of Nikolaev and suggests ways to solve them. A number of shortcomings of introduction of system of separate collection among the population of different age categories are revealed, it is analyzed how and to what extent the population adheres to rules of collecting especially valuable waste and for what areas of the city of Nikolaev this phenomenon is characteristic.

The results of the polls show low rates of cooperation between the authorities and the population, which causes distrust in the latter not only in matters of political life of the country, but also regarding the state of the environment. Based on the results of the analysis, options for changing the situation regarding separate waste collection are proposed.

It is investigated that the negative situation which has developed in system of management of firm household waste in the city of Nikolaev, can be solved by realization of modern economic and information initiatives by the power and overcoming of insufficient motivation of the population. It is concluded that multilevel problems should begin with the promotion of healthy environmentally friendly lifestyles among different groups of the population, and the improvement of environmental education in all educational units of the system should begin with preschools, ending with existing teams of institutions and organizations, aiming to change in the future worldview regarding proper waste management and care for the environment.

It was found that the modernization of equipment, development of instructions for sorting household waste, creating a reliable waste storage system and informing the public about the rules of waste sorting, as well as changes in pricing policy will inevitably lead to the desired results. *Key words:* solid household waste, waste management, environment, ecological culture, psychology of behavior, environment, sociological survey.

Постановка проблеми. З кожним десятиліттям руйнівний вплив людської діяльності на навколишнє природне середовище (далі – НПС) стає більш відчутним. Значна кількість локальних антропогенних дій різної інтенсивності, які впливають на циклічні природні процеси, призводить до кардинальних змін на планеті і вже має глобальний масштаб. У той же час накопичені наукові знання та практичний досвід економічно розвинутих країн світу доводять можливість поліпшення стану НПС як окремої області, так і всієї країни загалом [1].

Для вирішення цієї багаторівневої проблеми необхідні термінові зміни в державній стратегії щодо проблем НПС, а також доцільно паралельно приділити значну увагу формуванню та вдосконаленню екологічної культури населення. Навчання й підвищення екологічної свідомості різних вікових і соціальних категорій українців безперечно призведуть до позитивних змін як у формуванні екологічного світосприймання суспільством, так і у позитивній динаміці стану довкілля. У час значних перетворень у НПС повинні відбуватися і значні трансформації

в культурі людських цінностей. Зміна цих явищ, їх пріоритетність змінюється завдяки популяризації нових цінностей і формує необхідну ідеологію та культуру сучасного суспільства.

На думку психологів, під екологічною свідомістю слід розуміти сукупність уявлень про взаємозв'язки у системі «людина – природа» та в самій природі, існуючого ставлення до природи, а також відповідних стратегій взаємодії з нею. Екологічна свідомість – це вищий рівень психічного відображення природного, штучного і соціального середовища та власного внутрішнього світу, рефлексія місця та ролі людини в екологічному світі, а також саморегуляція цього відображення [2].

Науковці переконані, що проблема формування нового типу екологічної свідомості потребує нової парадигми екологічної освіти, яка спиратиметься на відповідну екологічну базу. Автори [3] зазначають, що суттєвим компонентом екологічної свідомості є інтелектуальна діяльність, яка гарантує гуманну і науково-обґрунтовану взаємодію із природою. Важливими складниками екологічної свідомості є розуміння та сприйняття себе людиною як частиною природи, усвідомлення важливості динамічної рівноваги між системами «природа – людина» та екологічної кризи зі всіма її наслідками.

Тому сучасній людині потрібно усвідомити єдність з усім іншим світом, щоб подолати протиріччя, які виникають у сфері взаємодії з природою. Глибоке вивчення системної організації біосфери та її функцій, визначення людської ролі стосовно неї сприяють формуванню стратегії безконфліктного розвитку природи та людини [4].

Процес становлення та реалізації кожного індивідууму складається з різного роду чинників: психоекологічні, психофізіологічні, психологічні, педагогічні, соціальні тощо. У працях Р.А. Зобова, В.І. Панова, С.Д. Дерябо, В.А. Ясвина [2, 3, 4, 5] розкриваються аспекти впливу цих чинників на людину та вказується на дію екологічних факторів (зміна радіаційного фону, забруднення літосфери різного роду відходами, погіршення органолептичних властивостей питної води, зміна температурного клімату тощо) на психічне здоров'я населення, що

виявляється в погіршенні якості життя, підвищеній вмотивованій деструктивній поведінці, появі депресивних станів тощо.

Вченими-психологами рекомендовано низку заходів щодо підвищення психоекологічного здоров'я суспільства, тобто програми щодо впровадження змін екологічної освіти в усіх освітніх ланках системи освіти, яка сприятиме формуванню гармонійної особистості під час життєвих процесів із дотриманням норм екологічно доцільної поведінки відповідно законодавства.

Серед екологічних проблем сьогодення питання у сфері поводження з відходами (далі – ПВ) займає домінуючу позицію. В Україні необхідне повне охоплення території населених пунктів послугами зі збору та вивезення твердих побутових відходів (далі – ТПВ), встановлення сучасних контейнерів та облаштування відповідних контейнерних майданчиків, запровадження процесу роздільного збирання ТПВ, створення потужностей із сортування та переробки, зменшення частки відходів, що захоронюються, удосконалення нормативно-методичного, організаційного, інформаційного та іншого забезпечення сфери поводження з ТПВ, підвищення рівня відповідальності та екологічної культури населення. З причин недосконалості, а іноді й відсутності наведених вище умов щодо ПВ існуюча ситуація на території міст і в сільській місцевості України є потенційною загрозою екологічній безпеці.

Треба зазначити, що є міста, де активно проваджуються європейські технології ПВ, але ця практика має низку недоліків насамперед через ментальність місцевого населення, яке зацікавлене у збиранні деяких видів відходів за грошову винагороду, та все ж не дотримуються умов сортування та збирання відходів (рис. 1). При цьому переважна чисельність населення похилого віку, на відміну від незначного відсотку обізнаної молоді, зовсім не зацікавлена в адаптації до європейських норм поводження з відходами.

Європейська практика впровадження системи роздільного збирання сміття має чималий досвід, громадянам України необхідні певний час і докладання значних зусиль з боку влади для навчання сор-



Рис. 1. Об'єкти поводження з відходами в місті Миколаєві

туванню сміття, тобто створення відповідних програм згідно світового досвіду для постійної роботи з населенням. Результати опитувань демонструють низькі показники співпраці органів влади з населенням, що викликає недовіру в останніх не тільки в питаннях політичного життя країни, але й відносно стану НПС [6].

Отже, вирішуючи завдання стосовно підняття рівня довіри у громадян, необхідно одночасно стимулювати населення до роздільного збирання відходів. Для реалізації цього можна виділити такі заходи:

- 1) дослідження можливості організації роздільного збирання;
- 2) проведення особистих або телефонних анкетних опитувань;
- 3) роз'яснювальної роботи серед населення і співробітників підприємств, культурно-побутових і адміністративно-громадських установ щодо доцільності роздільного збирання;
- 4) розповсюдження рекламних матеріалів, плакатів;
- 5) проведення публічних акцій;
- 6) висвітлення проблеми на радіо та телебаченні;
- 7) розміщення статей роз'яснювально-рекламного характеру в місцевих газетах;
- 8) організація та проведення екологічних екскурсій з метою виховного впливу на аудиторію тощо.

Для досягнення певного комплексу необхідних результатів використовують метод соціологічного опитування, що має разовий або повторний характер. Вибір цього методу залежить від потреби конкретної установи або організації, мети, практичної і наукової доцільності дослідження або специфіки соціальної проблеми. Відповідна діагностика низки екологічних, економічних, соціальних і психологічних проблем в області ПВ дозволяє створити необхідну систему та оперативно вносити корективи.

Метою та завданням дослідження є визначення суспільної думки щодо організації систем збирання та сортування відходів у місті Миколаєві та виявлення факторів і заходів, які б популяризували сучасні методи поводження з ТПВ серед різних вікових категорій населення та стимулювали його до сортування відходів у домашніх умовах.

Відповідно до головної мети дослідження поставлено такі завдання:

1. Виявити відсоток населення, що займається сортуванням відходів, та тих, які згодні виконувати сортування за розробленою інструкцією ПВ.
2. Дослідити залежність вікових, статевих особливостей і районів проживання респондентів міста Миколаєва на предмет обізнаності в сфері збирання та сортування ТПВ.
3. Провести аналіз щодо фінансової підтримки системи роздільного збирання відходів населенням районів міста Миколаєва.
4. З'ясувати наявність і рівень доступності відповідних контейнерів (для скла, пластику, паперу

тощо) для можливості реалізації роздільного збирання побутових відходів.

5. Оцінити можливість участі населення до здачі побутових відходів у пункти прийому вторинної сировини.

Виклад основного матеріалу. *Перший етап досліджень.* Перед анкетуванням було проаналізовано організаційно-економічне забезпечення процесів поводження з ТПВ у місті Миколаєві. Досліджено правила благоустрою міста, програму поводження з ТПВ, графіки санітарного очищення території, механізм роздільного збирання сміття, якість послуг із вивезення відходів і встановлені на них тарифи.

Виявлено, що в місті Миколаєві наявний досить слабкий мотиваційний механізм стосовно сортування відходів. Через відсутність винагород за відсортовані ТПВ населення не зацікавлене в цьому процесі. В місті не існує підприємств із переробки відходів, що не сприяє популяризації сортування серед різних груп населення, а діюча тарифна політика не передбачає її запровадження. Натепер відсутні відповідні інструкції щодо сортування відходів, закупівлі відповідного обладнання та врегулювання правил ПВ серед населення, не врегульований фінансовий складник тарифів і штрафів, не досить приділяється уваги організації екологічних заходів для різних вікових категорій, створенню буклетів, не передбачено витрат на відстеження за виконанням правил сортування.

Анкетування як метод наукового дослідження. Для дослідження суспільної думки щодо організації систем збирання та сортування відходів серед різних вікових категорій населення та визначення важелів для стимулювання сортування відходів у домашніх умовах було розроблено анкету з урахуванням специфіки населення міста Миколаєва. Соціальне опитування спрямоване на оцінку ступеня інформованості населення щодо можливого поводження з ТПВ та залучення мешканців міста до процесу попереднього сортування відходів. Анкетування населення проводилося протягом квітня-травня 2019 року в місті Миколаєві.

Анкетне опитування – це найпродуктивніший метод збору інформації для міста Миколаєва порівняно з інтер'юванням завдяки економічному складнику та скороченню терміну збору інформації. Єдиним недоліком цього методу є його тираж. Загальна кількість анкет склала 280 шт. Вартість друку одного листа – 0,70 коп. Кінцева цифра тиражування 280 анкет:

$$N = k \times 1,4,$$

де N – витрачені кошти, k – обсяг тиражу, 1,4 – кількість друкованих листів.

$$N = 280 \times 1,4 = 392 \text{ грн.}$$

У результаті анкетування загальна кількість респондентів склала 241 особу (рис. 2).

Формула розрахунку необхідного обсягу вибірки, яка використовується за умов середнього відхилення, заданих рівнях достовірності й точності:

$$N = (g^2 \cdot z^2) / d^2,$$

де N – шуканий обсяг вибірки, g – середнє відхилення; z – коефіцієнт рівня достовірності (2 – для 0,95; 3 – для 0,99); d – рівень точності.

$$N = (241^2 \cdot 0,95^2) / 120^2 = 4 \text{ особи.}$$

Отже, при опитуванні 120 респондентів виявлено, що кожен четвертий займається сортуванням відходів. Від загальної кількості анкет – результат задовільний. Послідовність запитань скомпоновано за універсальною моделлю обробки інформації для написання звіту з логічною послідовністю (див. Анкета).

Під час обробки анкет визначений обсяг вибірки серед респондентів соціологічного дослідження (табл. 1).



Рис. 2. Анкетування студентів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

Анкета для населення міста Миколаєва

1. Ваша стать?

- ч
- ж

2. Вважаєте будь-яка Ваш вік

- < 18
- 18-27
- 27-60
- 60 >

3. В якому районі Ви проживаєте?

- Корабельський
- Центральний
- Заводський
- Інгульський

4. Оберіть свій варіант

- Мешкаю разом із родиною
- Проживаю окремо

5. Чи сортуєте Ви сміття?

- так
- ні

Якщо ТАК то, які види сміття Ви відсортовуєте?

6. Чи готові Ви сортувати сміття вдома? (встановіть 2 або 3 сміттєвих відра)

- так
- ні

7. Чи готові Ви сортувати сміття, якщо будуть встановлені сортувальні баки у Вашому дворі?

- так
- ні

8. Зараз вийіз сміття коштує приблизно 10 грн. в міськр, до якої суми ви дозволили: підвищити ЦППУ?

9. У Вашому дворі є контейнери для сортування шкідливих шматків (жовтий)?

- так
- ні

Якщо ТАК, то, Ви сортуєте шкідливі шматки?

10. Як Ви вважаєте, чому мешканці вивозять ППВ, СМІТТЯ (шматки для продуктів, скляні шматки, тару від молока або соку тощо.) в баки шкідливих шматків

11. Чи облантовані контейнери майданом для сміття біля входу до дому?

- так
- ні

12. Як Ви вважаєте, яка причиною неадекватно трьох відносин до сміттєвих баків та урн?

13. Чи завжди вивозите сміття до урн?

- так
- не завжди

14. Яку суму штрафу Ви готові заплатити за некоректне сміття на узбіччі?

- 50 грн
- 500 грн
- 1500 грн

15. Чи потрібна Вам інструкція для правильного сортування сміття?

- так
- ні

16. Ви би займалися сортування сміття, якщо б воно впроваджувалося та активно рекламувалося?

- так
- ні

17. Що на Вашу думку може стимулювати мешканців до сортування сміття?

18. Чому потрібне сортування сміття, на Вашу думку?

19. Чи використовуюте Ви одnorазові пакети?

- так
- ні

20. Ви будете використовувати трьохлітні торбишки замість шкідливих шматків?

- так
- ні

21. Підкресліть, що більш зручними одnorазові пакети чи трьохлітні торбишки, на Вашу думку?

22. Куди саме ви вивозите сміття Ви вивозите в контейнер?

- так
- ні

23. Ви сортуєте батарейки?

- так
- ні

24. Ви будете сортувати ЕКОНОМНІ ЛАМПІВЧКИ, якщо встановлять баки для них?

- так
- ні

Таблиця 1

Обсяг вибірки соціологічного дослідження

Обсяг вибірки / похибки, чол.	Відсотковий розподіл отримання повних даних опитування			
	50/50	60/40	70/30	80/20
< 18	2	1	0	2
18-27	9	3	3	1
27-60	1	0	4	2
60 >	2	0	0	0

Таблиця 2

Загальні дані опитуваних респондентів

Вік	Жінки	Чоловіки	Райони	Жінки	Чоловіки
< 18	8	6	Корабельний	15	14
18-27	76	89	Центральний	67	54
27-60	32	14	Заводський	24	29
60 >	9	7	Інгульський	19	19

Аудиторію опитування склали студенти, викладачі, працівники, учні та випадково вибрані жителі з різних районів міста. Місця проведення дослідження – центральні та віддалені райони міста Миколаєва, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова та Центральна бібліотека ім. М.Л. Кропивницького. Кількість вибраних анкет – 30 шт.

Створення анкети, отримання офіційних дозволів у державних закладах на проведення соціологічного дослідження, заохочення громадян, виявлення ставлення жителів міста Миколаєва до проблем із відхо-

дами є складним, але діючим методом, результати якого представлено нижче.

Для дослідження впливу умов проживання на розвиток екологічної культури було опитано 241 респондента, серед яких жінки склали 125 осіб, чоловіки – 116 осіб. Для найбільшого ефекту в аналізі ситуації поводження з відходами дані респондентів розділені за статтю, віком, районом проживання та сімейним станом (табл. 2).

Із загальної кількості опитуваних респондентів більшість проживає разом із родиною – 70,5%, серед яких жінок – 39,34%, а чоловіків – 31,16%. Найбільший



Рис. 3. Найбільший і найменший відсоток опитуваного населення. Відсоткове відношення респондентів різних вікових груп, які проживають разом із родиною, та порівняльна діаграма між відсотком опитуваних чоловіків і жінок міста Миколаєва



Рис. 4. Сортувальні баки за адресою: проспект Центральний, 60

відсоток респондентів проживає в Центральному районі, а найменший – у Корабельному районі міста Миколаєва. В ході опитування виявлено, що респондентів жінок на 3,73% більше, ніж чоловіків.

В анкетуванні найбільшу активність виявили студенти віком від 18-27 років (68,5%). Часто до групи 18-27 років приєднувалися студенти, які навчаються або закінчили навчання. Найменше число респондентів віком < 18 років (школярі) та 60 > років (пенсіонери) через відсутність бажання брати участь у дослідженні (рис. 3).

В анкетуванні взяла участь незначна кількість населення міста Миколаєва, що свідчить про низький показник активності жителів у житті міста, а саме вона є складником будь-яких успішних міських проектів. При обробці анкет виявлено проблематику процесів ПВ для міста Миколаєва, які представлені нижче.

Проблематика стосовно відходів у різних районах міста Миколаєва суттєво відрізняється. В кож-

ному районі існують особливості та проблеми, які впливають на впровадження сортувальних методів. Під час аналізу результатів анкетування виявлено, що найбільша кількість респондентів, які займається сортуванням відходів, проживає в Центральному районі (16,59%), у Корабельному районі – 7,05%, Заводському та Інгульському районах – 6,22%. Отже, не займаються сортуванням відходів 63,92% респондентів міста.

Найчастіше респонденти займаються сортуванням пластикової тари, скла, макулатури, небезпечних і будівельних відходів, металу та одягу. Підраховано, що респонденти районів міста Миколаєва на 68,04% готові займатися сортуванням відходів із використанням декількох ємностей (відер).

Отримані результати можуть бути використані під час розробки та удосконалення підходів із програми поводження з ТПВ у місті Миколаєві, тому що відповідне технічне забезпечення з боку комунальних служб безпосередньо впливає на ситуацію

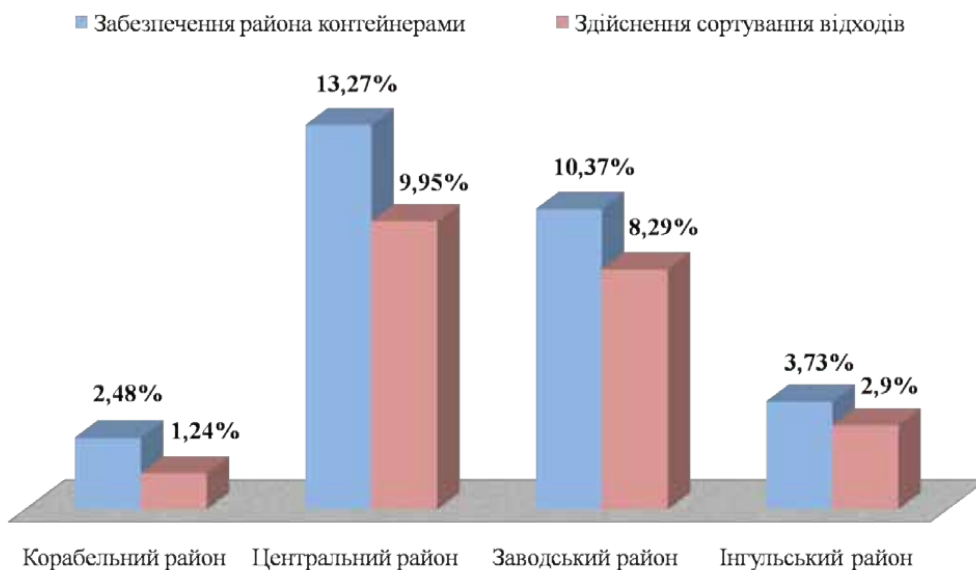


Рис. 5. Аналіз виконання процесу сортування відходів у районах міста Миколаєва

та результати анкетування. Зокрема, за період 2019-2020 років у районах міста Миколаєва не проводилися монтажні роботи контейнерів для роздільного збирання відходів на постійній основі через відсутність інструкцій щодо сортування. Контейнерами для збору скла, пластику та паперу райони міста Миколаєва забезпечені на 29,85%:

- Корабельний район – 2,48%;
- Центральний район – 13,27%;
- Заводський район – 10,37%;
- Інгульський район – 3,73%.

Низькі показники свідчать про недостатню кількість контейнерів, тому здійснювати правильний збір скла, пластику та паперу досить складно (рис. 4).

Оснащення районів контейнерами для роздільного збору не є гарантією виконання процесу сортування відходів. З кількості опитуваних респондентів, які мають на прибудинковій території контейнери, лише 22,38% займаються його сортуванням (рис. 5).

Респонденти не займаються сортуванням пластикової сировини через відсутність надійної системи зберігання, що є причиною крадіжки ПЕТ-тари з контейнерів, а контейнери мають незадовільний стан. У 80,62% респондентів відсутні знання щодо різновидності матеріалів, які належать до групи пластикових відходів.

Так, до сітчастих контейнерів потрапляють алюмінієві та скляні банки, пакети, тара з молока або

Показник активності сортування відходів серед респондентів

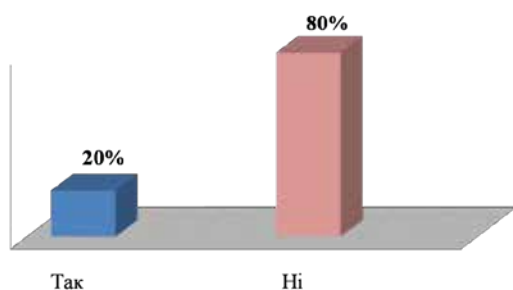


Рис. 6. Показник активності сортування відходів серед респондентів



Рис. 7. Екологічні плакати та урни для сортування відходів у їдальні Одеського державного екологічного університету

соку. Повсякденними проблемами збирання відходів у місті Миколаєві є крадіжка ПЕТ-тари, складання пластикової сировини до спільного баку в Корабельному районі, сітчасті контейнери, які використовують не за призначенням. Великий відсоток пошкоджених контейнерів у районах також негативно впливає на санітарний стан міста.

Через відсутність діючої системи ПВ запровадити штрафні санкції в місті Миколаєві не можливо. Умови збирання сміття в контейнери не задовольняються санітарно-гігієнічними нормами – контейнери не миються, не перевіряються, відсутня своєчасна система вивезення відходів. Необхідна наявність контейнерних майданчиків, що впливає на зовнішній стан дворової території та запобігає вилученню енергетично-цінних матеріалів із побутових відходів.

Забезпечення міста Миколаєва дієвими контейнерними майданчиками становить 43,54% через постійні порушення правил планово-ремонтних робіт:

- Корабельний район – 5,39%;
- Центральний район – 18,25%;
- Заводський район – 13,27%;
- Інгульський район – 6,63%.

Також у результаті проведеного анкетування було виявлено, що групи населення різної вікової категорії відрізняються за набором цінностей і формою поведінки. Так, населення похилого віку (60 > років), які підвладні різного роду стереотипам, знаходиться лише на зародковому рівні розуміння цілісної системи поводження з відходами на етапі збирання ТПВ. У населення віком 18 > та 18-27 років в певній мірі не сформоване екологічне усвідомлювання стосовно системи поводження з відходами. Причиною цього є байдужість і безвідповідальність до проблем НПС. Остання категорія населення віком 27-60 та 60 < років на фоні інших категорій є прикладом для наслідування. Результати опитування доводять, що в районах міста Миколаєва тільки 20% респондентів віком < 18 років займаються сортування відходів (рис. 6).

Кількість респондентів цієї вікової групи є невеликою через відсутність достатньої екологічної освіти в період навчання. З 2018 року в деяких школах міста було запроваджено сортування відходів. Після створення відповідних правил сортування це покоління буде готовим та зможе без зусиль практикувати сортування відходів удома.

Наступною розглянутою віковою групою є студенти та аспіранти вищих навчальних закладів віком 18-27 років. Відсоток сортування відходів у цій групі є найвищим серед усіх – 32,7%. Зазначена група є цілеспрямованою, але не досить інформованою з правилами сортування відходів. Поводження з ТПВ порівнювалися між двома

навчальними закладами – Національним університетом кораблебудування імені адмірала Макарова (місто Миколаїв) та Одеським державним екологічним університетом (місто Одеса). У першому ВНЗ студенти отримують недостатню інформацію і сортування сміття не практикують, на відміну від другого, де заходи з просвітницької роботи студентів проводяться на постійній основі, територія університету забезпечена контейнерним парком та урнами для роздільного збирання відходів (рис. 7).

Завдяки плідній праці небайдужої професійно організованої спільноти значна частина студентів Одеського державного екологічного університету постійно займається сортуванням відходів, що може бути прикладом для всіх закладів вищої освіти України. Більшість респондентів віком 18-27 років займаються сортуванням відходів і проживає в родині (62%). Отже, студенти отриману інформацію стосовно поводження з відходами можуть практикувати вдома, в результаті чого відбудуться зміни й у поведінці населення віком 27-60 і 60 < років.

Стосовно фінансово-економічних питань налагодження системи ПВ у місті Миколаєві нині діє низький тариф на вивезення ТПВ, який унеможливує подальше збирання та сортування вторинної сировини. Респондентам було запропоноване налагодження системи збору та сортування за умови гіпотетичного збільшення тарифів. У результаті виявлено, що більшість студентів через невисокий відсоток працевлаштування не готові до збільшення тарифу, а студенти, які працюють, вказували ціну 50-100 грн на місяць. Слід зазначити, що респонденти віком 27-60 і 60 < років вказували суму, яка існує натеper, – 12,60 грн на місяць.

Ймовірно, тенденція до поліпшення ситуації щодо поводження з побутовими відходами у місті Миколаєві не зміниться протягом певного проміжку часу саме завдяки байдужому ставленню населення до стану НПС. Таке ставлення формувалося протягом десятиліть і змінити його можна досить кропіткою працею. Нині найбільшу увагу треба приділяти розвитку екологічного мислення, культурі та вихованню.

Головні висновки. Негативна ситуація, що склалася в системі поводження з ТПВ у місті Миколаєві, може бути вирішена шляхом реалізації сучасних економічно-інформаційних ініціатив з боку влади та подолання недостатньої мотивації населення. Зрозуміло, що застаріла система ПВ є досить простою та мало витратною в економічному сенсі, а її зміна є складним і досить тривалим процесом.

Нині, коли надскладні технології майбутнього стають реальністю, це є цілком досяжним завданням. Сподіваємося, що вкрай важлива (й недооцінена в Україні) проблема сортування ТПВ почне

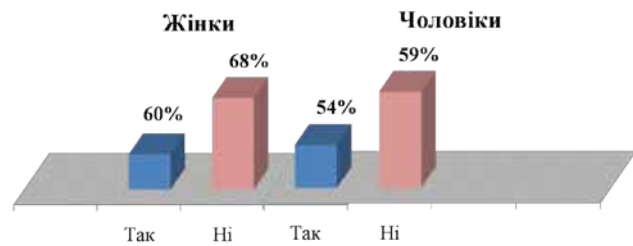


Рис. 8. «За» та «проти» щодо створення правил та інструкцій до сортування відходів

вирішуватися найближчим часом, а чималий відсоток респондентів, які протидіють реноваціям, усвідомлять наслідки забруднення НПС (рис. 8)

У результаті аналізу анкет респондентів визначено основні фактори, які здатні стимулювати населення до сортування відходів залежно від віку:

- 1) < 18 років – отримання фінансової користі, агітація, чистота біля будівельної території;
- 2) 18-27 років – отримання фінансової користі, штрафи, зміна умов життя;
- 3) 27-60 років – медіа пропаганда, отримання фінансової користі;
- 4) 60 > років – пільги для населення, що займається сортуванням.

На жаль, навіть погіршення стану НПС і стану здоров'я громадян, отруєння ґрунтів, водних джерел поки що не стимулює населення до сортування відходів. На фоні погіршення економічного становища, знецінення заробітних плат, пенсій, стипендій таку стимуляцію могли б забезпечити певні грошові винагороди і відповідні засоби (збільшення цін на вторинну сировину тощо) могли б принципово змінити ситуацію на краще.

Таким чином, вирішення багаторівневої проблеми необхідно розпочинати з популяризації здорового екологічно безпечного способу життя серед різних груп населення. Вдосконалення системи екологічної освіти в усіх освітніх ланках системи, починаючи з дошкільних закладів і закінчуючи сформованими колективами установ та організацій, ставлячи за мету змінити в майбутньому світогляд стосовно правильного ПВ і бережливого ставлення до НПС. Модернізація обладнання, розробка інструкцій сортування побутових відходів, створення надійної системи зберігання відходів та інформування населення стосовно правил сортування відходів, а також зміни в цінній політиці неодмінно призведуть до бажаних результатів.

Перспективи використання результатів дослідження. Можна сподіватися, що найближчим часом, дотримуючись запропонованих рекомендацій, така відносно молода в цій сфері держава як Україна нарешті налагодить свою систему поводження з ТПВ відповідно до європейської.

Література

1. Шевель А.О. Роль освіти у формуванні екологічної культури *Гуманітарний вісник ЗДІА*. № 33, 2008. С. 33–41.
2. Дерябо С.Д. Экологическая педагогика и психология / С.Д. Дерябо, В.А. Ясвин. Ростов-на-Дону : Феникс, 1996. 436 с.
3. Дерябо С.Д., Ясвин В.А. Методики диагностики и коррекции отношения к природе. М., 1995. С. 147.
4. Зобов Р.А., Келасьев В.Н. Интегративная концепция человека. *Вестник СПбГУ*. Серия 12. 2012. Вып. № 2. С. 223–231.
5. Панов В.И. Состояние и проблемы экологической психологии. *Психологическая наука и образование*. 1998. № 1. С. 35–42.
6. Володін П.В. Проблема формування екологічної свідомості особи. *Гуманітарний вісник ЗДІА*. № 37, 2009. С. 43–52.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Агарков Олександр Володимирович (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної і прикладної механіки, Державний університет інфраструктури та технологій.

Барбашев Сергій Вікторович (Одеса) – доктор технічних наук, професор, кафедра атомних станцій, Одеський національний політехнічний університет.

Бондар Олександр Іванович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, Заслужений діяч науки та техніки України, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, ректор, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Бондарчук Василь Миколайович (Житомир) – старший викладач кафедри фізики та вищої математики, Державний університет «Житомирська політехніка».

Бордюг Наталія Сергіївна (Житомир) – доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри екологічної безпеки та економіки природокористування, Житомирський національний агроекологічний університет.

Борисов Віталій Валерійович (Мелітополь) – аспірант кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.

Босак Павло Володимирович (Львів) – викладач кафедри екологічної безпеки Навчально-наукового інституту цивільного захисту, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності.

Валерко Руслана Анатоліївна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, Житомирський національний агроекологічний університет.

Васютинська Катерина Анатоліївна (Одеса) – кандидат хімічних наук, доцент, кафедра прикладної екології та гідрогазодинаміки, Одеський національний політехнічний університет.

Веренікін Олексій Михайлович (Київ) – здобувач кафедри стандартизації, безпечності харчових продуктів, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Верголяс Майя Розметівна (Київ) – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри фундаментальних дисциплін з курсом фармакології, ПВНЗ Міжнародна академія екології та медицини.

Віхляєва Марина Володимирівна (Мелітополь) – аспірант кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Богдана Хмельницького.

Войціцький Володимир Михайлович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Герасимчук Людмила Олександрівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, Житомирський національний агроекологічний університет.

Горобей Марина Сергіївна (Київ) – молодший науковий співробітник Центру науково-екологічної інформації, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Горобець Ольга Вікторівна (Житомир) – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки та економіки природокористування, Житомирський національний агроекологічний університет.

Григор'єва Людмила Іванівна (Миколаїв) – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

Грищук Ігор Андрійович (Київ) – лаборант Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Громова Юлія Федорівна (Київ) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут гідробіології Національної академії наук України.

Губарь Любов Максимівна (Київ) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу динаміки популяцій, Державна установа «Інститут еволюційної екології Національної академії наук України».

Гуменюк Олександр Володимирович (Центральне, Київська обл.) – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії селекції озимої пшениці, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Давидова Ірина Володимирівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка».

Данчук Вячеслав Володимирович (Київ) – доктор сільськогосподарських наук, професор, заступник директора з наукової і навчальної роботи Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Демидов Олександр Анатолійович (Центральне, Київська обл.) – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук, директор, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Довбиш Лариса Леонідівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства, Житомирський національний агроекологічний університет.

Єзловецька Інна Сергіївна (Київ) – кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник відділу сорбції і біології очистки води, Інститут колоїдної хімії та хімії води імені А. В. Думанського Національної академії наук України.

Єрмаков Віктор Миколайович (Київ) – доктор технічних наук, зам. директора Навчально-наукового інституту екологічної безпеки та управління, доцент кафедри екологічної безпеки, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Єрмішев Олег В'ячеславович (Вінниця) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біофізики і фізіології, Донецький національний університет імені Василя Стуса.

Жолобенко Наталя Юріївна (Миколаїв) – аспірант, завідувачка лабораторії кафедри Техногенної та цивільної безпеки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Жук Ірина Юріївна (Миколаїв) – старший викладач кафедри гігієни та громадського здоров'я, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

Жукаускас Сергій Вікторович (Київ) – заступник начальника управління з питань оцінки впливу на довкілля та дозвільно-ліцензійної діяльності і контролю, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України.

Засельський Володимир Йосипович (Кривий Ріг) – доктор технічних наук, професор, Технологічний навчально-науковий інститут Державного університету економіки і технологій.

Іванчатенко Анастасія Вікторівна (Миколаїв) – студентка 6 курсу магістратури факультету екологічної та техногенної безпеки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Кийко Неля Миколаївна (Рівне) – викладач, Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України».

Китель Денис Олександрович (Брест, Республіка Білорусь) – спеціаліст, Брестське регіональне відділення громадської організації «Ахова птушак Бацькаўшчыны».

Кияшко Володимир Тимофійович (Київ) – кандидат технічних наук, завідувач кафедри промислової безпеки та охорони праці, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Кімінчиджи Марія Іванівна (Одеса) – магістр кафедри прикладної екології та гідрогазодинаміки, Одеський національний політехнічний університет.

Клименко Олексій Олексійович (Київ) – студент магістратури Навчально-наукового інституту екологічної безпеки та управління, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Ковальчук Вікторія Валентинівна (Київ) – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної і прикладної механіки, Державний університет інфраструктури та технологій.

Ковров Олександр Станіславович (Дніпро) – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

Козоріз Дмитро Анатолійович (Житомир) – студент II курсу магістратури факультету екології і права, Житомирський національний агроекологічний університет.

Конякін Сергій Миколайович (Київ) – кандидат географічних наук, науковий співробітник відділу фітоекології, Державна установа «Інститут еволюційної екології Національної академії наук України».

Корбут Марія Броніславівна (Житомир) – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка».

Коршиков Іван Іванович (Кривий Ріг) – доктор біологічних наук, професор, директор, Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України.

Косарчук Валерій Володимирович (Київ) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної і прикладної механіки, Державний університет інфраструктури та технологій.

Кошелєв Василь Олександрович (Мелітополь) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.

Кошелєв Олександр Іванович (Мелітополь) – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.

Кравчук Микола Миколайович (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства, Житомирський національний агроекологічний університет.

Кратюк Олександр Леонідович (Житомир) – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри експлуатації лісових ресурсів, Житомирський національний агроекологічний університет.

Кривенко Галина Мирославівна (Івано-Франківськ) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Криворучкіна Олена Володимирівна (Київ) – народний депутат Верховної Ради України, заступник голови, Комітет з питань екологічної політики та природокористування.

Кулікова Дар'я Володимирівна (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

Кушнірук Олександр Миколайович (Рівне) – викладач, Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України».

Лінкевич Олена Олександрівна (Кривий Ріг) – провідний інженер відділу природної та культурної флори, Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України.

Люльчик Вадим Олександрович (Рівне) – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач технічного відділення, Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України».

Малиновський Юрій Олександрович (Кривий Ріг) – кандидат технічних наук, доцент кафедри фундаментальних дисциплін, Криворізький металургійний інститут Національної металургійної академії України.

Маркіна Людмила Миколаївна (Миколаїв) – кандидат технічних наук, доцент, завідувачка кафедри Техногенної та цивільної безпеки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Марченко Сергій Анатолійович (Житомир) – студент II курсу магістратури факультету екології і права, Житомирський національний агроекологічний університет.

Машков Олег Альбертович (Київ) – доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки та техніки України, проректор з наукової роботи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Мідик Світлана Вікторівна (Київ) – кандидат ветеринарних наук, завідувач науково-дослідного сектору спектральних досліджень Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Міхєєв Володимир Сергійович (Київ) – заступник Голови, Державне космічне агентство України.

Мудрак Олександр Васильович (Вінниця) – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології, природничих та математичних наук, Комунальний вищий навчальний заклад «Вінницька академія неперервної освіти».

Нігородова Світлана Анатоліївна (Київ) – національний координатор, Координаційний центр програм малих грантів Глобального екологічного фонду.

Орехова Оксана Вікторівна (Кривий Ріг) – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії промислового мікроклімату і фізіології теплообміну, Державна установа «Український науково-дослідний інститут промислової медицини».

Павленко Олександр Іванович (Кривий Ріг) – кандидат медичних наук, завідувач лабораторії промислових аерозолів, Державна установа «Український науково-дослідний інститут промислової медицини».

Павліченко Віктор Іванович (Запоріжжя) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медичного університету.

Пикало Сергій Володимирович (Центральне, Київська обл.) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Пожарська Анастасія-Олена Юрївна (Київ) – аспірант географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Попович Василь Васильович (Львів) – доктор технічних наук, доцент, начальник Навчально-наукового інституту цивільного захисту, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності.

Пополов Дмитро Володимирович (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, Технологічний навчально-науковий інститут Державного університету економіки і технологій

Ращенко Анастасія Вікторівна (Житомир) – кандидат економічних наук, доцент кафедри екологічної безпеки та економіки природокористування, Житомирський національний агроекологічний університет.

Риженко Дмитро Ігорович (Київ) – учень 11 класу, Природничо-науковий ліцей № 145 міста Києва.

Риженко Наталія Олександрівна (Київ) – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології та екологічного контролю, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Рудько Ольга Миколаївна (Рівне) – викладач, Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України».

Русіна Неля Григорівна (Рівне) – кандидат педагогічних наук, викладач, Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України».

Саварін Олександр Олександрович (Гомель, Республіка Білорусь) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Гомельський державний університет імені Франциска Скорини.

Сагалай Дарина Володимирівна (Київ) – асистент кафедри хімічних технологій та інженерії, Технологічний навчально-науковий інститут Державного університету економіки і технологій.

Салій Ігор В'ячеславович (Київ) – кандидат технічних наук, директор, Галузевий навчальний центр з питань охорони праці Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Сараненко Інна Іванівна (Херсон) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри географії та екології, Херсонський державний університет.

Сарафанюк Наталя Леонідівна (Миколаїв) – лікар-невропатолог, старший викладач кафедри медичної біології та фізики, мікробіології, гістології, фізіології та патофізіології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

Середа Тетяна Миколаївна (Київ) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут гідробіології Національної академії наук України.

Скок Світлана Вікторівна (Херсон) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю. В. Пилипенка, Державний вищий навчальний заклад «Херсонський державний аграрний університет».

Слива Юлія Володимирівна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри стандартизації, безпечності харчових продуктів, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Сусло Наталя Валеріївна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, Технологічний навчально-науковий інститут Державного університету економіки і технологій.

Суша Наталія (Миколаїв) – аспірант кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

Улицький Олег Андрійович (Київ) – доктор геологічних наук, доцент кафедри геології, директор навчально-наукового інституту екологічної безпеки та управління, професор кафедри екологічної безпеки, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Ушкалов Валерій Олександрович (Київ) – доктор ветеринарних наук, член-кореспондент НААН України, професор, директор Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Ушкац Світлана Юріївна (Миколаїв) – кандидат фізико-математичних наук, викладач кафедри Техногенної та цивільної безпеки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Харченко Михайло Володимирович (Центральне, Київська обл.) – кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Хижняк Світлана Володимирівна (Київ) – доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Хоменко Світлана Олегівна (Центральне, Київська обл.) – доктор сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії селекції ярої пшениці, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Чаусов Микола Георгійович (Київ) – доктор технічних наук, професор, професор кафедри механіки, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Чернова Оксана Тарасівна (Івано-Франківськ) – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Чипиляк Тетяна Федорівна (Кривий Ріг) – кандидат біологічних наук, завідувачка відділу природної та культурної флори, Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України.

Шамкіна Христина Костянтинівна (Мелітополь) – аспірант кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Богдана Хмельницького.

Шевченко Роман Юрійович (Київ) – кандидат географічних наук, завідувач кафедри екологічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Шеремета Олександр Іванович (Мелітополь) – аспірант кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Богдана Хмельницького.

Юрченко Тетяна Василівна (Центральне, Київська обл.) – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Яковенко Людмила Олексіївна (Київ) – старший викладач кафедри промислової безпеки та охорони праці, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Яремчук Ольга Миколаївна (Миколаїв) – старший викладач кафедри медичної біології та фізики, мікробіології, гістології, фізіології та патофізіології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

Ястребцова Наталя Іванівна (Київ) – вчитель-методист біології, вчитель вищої категорії, Природничо-науковий ліцей № 145 міста Києва.

НОТАТКИ

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

- **Біологічна безпека**
- **Екологічний моніторинг**
- **Екологія водних ресурсів**
- **Екологія і будівництво**
- **Екологія і виробництво**
- **Загальні проблеми екологічної безпеки**
- **Збереження біологічного та ландшафтного виробництва**
- **Зміна клімату**
- **Інноваційні аспекти підвищення екологічної безпеки**
- **Проблеми сталого розвитку**
- **Управління відходами**

Адреса редакції:

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;
тел./факс (+38 044) 206-30-34;
www.ecoj.dea.kiev.ua
e-mail: info@ecoj.dea.kiev.ua

Видавничий дім «Гельветика»

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6424 від 04.10.2018
Україна, 03150, м. Київ, вул. Велика Васильківська 74, оф. 7
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua

Підписано до друку 28.10.2020. Формат 64x90/8.

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум.-друк. арк. 28,36. Тираж 100. Замовлення № 1120/314.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета