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

3(36)

Видавничий дім
«Гельветика»
2021

УДК 502+504

Друкується за рішенням Вченої Ради
Державної екологічної академії післядипломної освіти
та управління (№ 2/21 від 31.03.2021 р.)
Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 15768-4240Р від 26.10.2009 р.

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. : Видавничий дім «Гельветика», 2021. – № 3(36). – 190 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:

Гандзюра В.П., доктор біологічних наук
Єрмаков В.М., доктор технічних наук
Захматов В.Д., доктор технічних наук
Іващенко 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.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

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

© Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, 2021

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ……7

Борис О.П. Удосконалення механізмів ліквідації великомасштабних лісових пожеж……7

Солошич І.О. Дослідження впливу транспортної системи н
а шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми……12

Трускавецька І.Я. Ентомокомплекс шкідників ягідних культур в умовах
Броварського району Київської області……17

Тузяк Я.М. Декоративний камінь як окрема категорія геотуристичних об'єктів: наукові підходи,
прикладні засоби оцінки кам'яних ресурсів та їх родовищ для визначення статусу глобального
(світового) надбання: світова і вітчизняна практика…… 21

Черба О.В. Відбір екологічних показників для інтегральної оцінки антропогенного впливу на довкілля……34

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ……39

Патрушева Л.І. Особливості просторово-часової організації гідрологічного моніторингу
в Національному природному парку «Бузький Гард»…… 39

ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ……46

Гвоздяк П.І., Домбровський К.О., Капарник А.І., Рильський О.Ф. Розвиток гідробіонтів
на/у занурених у стічну воду носіях ВІЯ при її очищенні за інтенсивної аерації……46

Захаренко М.О., Курбатова І.М., Тупицька О.М. Характеристика ксенобіотиків водних екосистем……51

Касіянчук Д.В., Тимків М.М. Гідрогеоекологічний аналіз басейну річки Прип'ять……57

Сапко О.Ю. Аналіз виконання вимог європейського законодавства
щодо управління водними ресурсами в Україні……64

ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО……69

Ольховик Ю.О., Антонов А.В., Денисенко І.Ю., Веселівський Р.Б. Деякі особливості
захоронення солебітумного компаунду Рівненської АЕС……69

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ……73

Буглак О.В., Верховцев В.Г., Сущук К.Г., Тищенко Ю.Є., Задорожний Д.Б. Радіоекологічна ситуація
на території екзогенних інфільтраційних родовищ урану України та оцінка її впливу на довкілля……73

Вольвач О.В., Жигайло О.Л., Колосовська В.В., Костюкєвич Т.К. Агроекологічна оцінка
умов вирощування гороху в Запорізькій області України……81

Закорчевна Н.Б., Нагорнева Н.А. Сучасний стан малої гідроенергетики в Україні……86

Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Рибка К.М., Харченко М.В., Прокопік Н.І. Клітинна
селекція зернових культур на стійкість до абіотичних стресорів у Миронівському інституті пшениці
імені В.М. Ремесла……96

Польовий А.М., Божко Л.Ю., Барсукова О.А. Вплив погодних умов на формування
врожаїв картоплі в Західному Поліссі……104

Шевченко Р.Ю. Географія довкілля та природокористування в топоніміці м. Києва……110

ТЕОРЕТИЧНА ЕКОЛОГІЯ……117

Воровка В.П., Яцентюк Ю.В., Копилова Т.В. Гравітаційні взаємодії між ландшафтними рівнями
Північно-Західного Приазов'я та їх екологічні наслідки……117

Русин І.Б., Медведєв О.В., Дячок В.В. Вплив міжелектродної відстані на біоелектричні показники
електробіосистем……123

Семененко Є.В., Тепла Т.Д. Оцінка тривалості процесу фільтрації рідини зі сховища
за наявності біотехногенного навантаження навкруги його периметру……127

Телюра Н.О. Комплексна методика дослідження технологічних та організаційно-економічних інструментів управління природокористуванням……..131

БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА……137

Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Зозуля В.М. Оцінка ризику споживання питної води з підвищеним вмістом нітратів на здоров'я населення Житомирської об'єднаної територіальної громади……137

Гринцова Н.Б., Карпенко Л.І., Романюк А.М., Ходорова І. Вплив забруднювачів водного середовища (важких металів) на морфологічні та морфометричні показники епіфіза щурів (особливості кореляційних взаємозв'язків)……142

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ……..147

Гавриленко Н.О. Підсумки інтродукції *Allium obliquum* L. у дендрологічному парку «Асканія-Нова»……..147

Климчук О.О., Кратюк О.Л., Власюк В.П. Тенденції функціонування консортивних зв'язків птахів у весняно-літній період під впливом напіввільного утримання мисливських тварин в умовах Центрального Полісся……..153

Кравець Н.Б., Колісник Х.М., Грицак Л.Р., Прокоп'як М.З., Майорова О.Ю., Дробик Н.М. Залежність вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах деяких видів роду *Carlina* L. від умов освітлення *in vitro*……160

Красовський В.В. Врахування морфологічної будови пагонів зизифусу справжнього (*Zizyphus jujuba* Mill.) при вегетативному розмноженні щитком вприклад……167

Мартенюк Г.М., Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Гладич Н.О. Забруднення важкими металами їстівних грибів роду Pleurotus у межах селітебних територій……..171

Решетник К.С., Юськов Д.С., Сімонян Р.В. Вивчення ростових та морфологічних параметрів міцелію *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. за дії LED-лазерів……175

РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ……182

Цибуля М.М. Продромус рослинності Національного природного парку «Мале Полісся»……182

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ……187

CONTENTS

GENERAL ENVIRONMENTAL SAFETY ISSUES..... 7

Borys O. Improving mechanisms for eliminating large-scale forest fires.....7

Soloshych I. Study of the impact of the transport system on noise and vibration safety of urban ecosystem..... 12

Truskavetska I. Entomocomplex of pesters of berry crops in the conditions of Brovary district of Kyiv region.....17

Tuzyak Ya. Decorative stone as a separate category of geotouristic objects: scientific approaches, applied means of assessing stone resources and their provinces for determining the status of the Global heritage – world and domestic practice..... 21

Cherba O. Selection of environmental indicators for integrated assessment of anthropogenic impact on the environment.....34

ENVIRONMENTAL MONITORING.....39

Patrusheva L. Peculiarities of territorial and temporary organization of hydrological monitoring in Buzky Gard National Nature Park.....39

ECOLOGY OF WATER RESOURCES.....46

Gvozdyak P., Dombrovskiy K., Kaparnyk A., Rylsky O. Development of hydrobionts on wastewater immediated carriers by its treatment under intensive aeration..... 46

Zakharenko M., Kurbatova I., Tupitska O. Characteristics of xenobiotics of aquatic ecosystems..... 51

Kasiyanchuk D., Tymkiv M. Gidrogeoecological analysis of the Prypyat River basin.....57

Sapko O. Analysis of compliance with the requirements of European legislation for water resources management in Ukraine.....64

ECOLOGY AND PRODUCTION.....69

Olkhovyk Yu., Antonov A., Denysenko I., Veselivskyi R. Some features of the landfill of the solebitumen compound of the Rivne NPP.....69

ECOLOGY AND ECONOMICS OF NATURAL RESOURCE USE 73

Verkhovtsev V., Suschuk K., Tyshchenko Yu., Zadorozhnyi D. Radioecological situation on the territory of exogenic infiltration deposits of uranium of Ukraine and assessment of its environmental impact.....73

Volvach O., Zhygailo O., Kolosovska V., Kostiukievych T. Agroecological assessment of peas growing conditions in Zaporizhzhya region of Ukraine.....81

Zakorchevna N., Nahorneva N. The current state of small hydropower in Ukraine..... 86

Pykalo S., Demydov O., Yurchenko T., Rybka K., Kharchenko M., Prokopik N. *In vitro* selection of grain crops for tolerance to abiotic stressors at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat.....96

Polovyi A., Bozhko L., Barsukova E. The influence of weather conditions on the formation of potato yields in the Western Polessie..... 104

Shevchenko R. Geography of environment and nature management in toponymy of Kyiv.....110

THEORETICAL ECOLOGY..... 117

Vorovka V., Yatsentyuk Yu., Kopylova T. The gravitational interactions between the landscape levels of the North-Western Pryazovia and their ecological consequences.....117

Rusyn I., Medvediev O., Diachok V. Effect of interelectrode distance on bioelectric parameters of electro-biosystems.....123

Semenenko Ye., Tepla T. Estimation of the duration of the process of filtration of liquid from the storage in the presence of biotechnogenic loading around its perimeter.....127

Teliura N. Comprehensive methodology of research of technological and organizational and economic management instruments nature management.....131

BIOLOGICAL SAFETY 137

Valerko R., Herasymchuk L., Zozulya V. Risk assessment of drinking water consumption with high nitrate content on the health of the population of the Zhytomyr United Territorial Community..... 137

Hryntsova N., Karpenko L., Romanyuk A., Hodorova I. Influence of aquatic environment pollutants (heavy metals) on morphological and morphometric parameters of the rat pineal gland (features of correlation relationships)..... 142

PRESERVATION OF BIOLOGICAL AND LANDSCAPE DIVERSITY 147

Havrylenko N. Results of *Allium obliquum* L. introduction in the Dendrological Park "Askania-Nova"..... 147

Klymchuk O., Kratiuk O., Vlasiuk V. Tendencies of functioning of concortive relationships of birds in the spring-summer period under the influence of semi-free maintenance of hunting animals of the Central Polissya..... 153

Kravets N., Kolisnyk Kh., Hrytsak L., Prokopiak M., Mayorova O., Drobyk N. Dependence of the content of photosynthetic pigments in plants of certain species of the genus *Carlina* L. from *in vitro* lighting conditions..... 160

Krasovsky V. Taking into account the morphological structure of shoots of *Zizyphus jujuba* Mill. and their in vegetative reproduction by shield for example..... 167

Marteniuk H., Herasymchuk L., Valerko R., Hladych N. Heavy metal pollution of edible mushrooms of the genus Pleurotus within residential territories..... 171

Reshetnyk K., Yuskov D., Simonyan R. Study of growth and morphological parameters of mycelium *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. under the action of LED lasers..... 175

DEVELOPMENT OF THE UKRAINIAN NATURE RESERVE FUND..... 182

Tsybulya M. Prodromus vegetation of the National Natural Park «Male Polissya»..... 182

AUTHORS' CREDENTIALS 187

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 19073
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.1

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ЛІКВІДАЦІЇ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Борис О.П.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03033, м. Київ
aerospace@dea.edu.ua

Розглянуті положення нормативно-правової бази, якою регламентуються державні механізми реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані із ліквідацією пожеж у сферах лісового господарства та цивільного захисту, а також їх відповідність реальній практиці гасіння великомасштабних лісових пожеж, що сталися у 2020 році на територіях областей України. Проаналізовані роль, повноваження та рівні відповідальності компетентних органів виконавчої влади в контексті реалізації положень функціональних підсистем Єдиної державної системи цивільного захисту. Здійснено аналітичний огляд організації діяльності з пожежогасіння та оперативного управління силами реагування/цивільного захисту в умовах розвинутих лісових пожеж. На підставі узагальнення отриманих статистичних, інформаційних та аналітичних даних окреслені основні проблеми державного управління під час організації гасіння пожеж у лісах, що мають кваліфікаційні ознаки або кваліфікуються як надзвичайні ситуації регіонального/державного рівня природного характеру. Визначені ключові недоліки в організації діяльності, що обмежують застосування наявних механізмів реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані із ліквідацією лісових пожеж у частині управління в надзвичайних ситуаціях, координації дій між органами управління, взаємодії підрозділів реагування, управлінні силами та засобами під час реалізації тактик пожежогасіння. Обґрунтовано стратегічне значення центрального органу виконавчої влади у сфері цивільного захисту, техногенної та пожежної безпеки у системі реагування на великомасштабні лісові пожежі. З метою удосконалення організації діяльності з пожежогасіння у природних екосистемах виокремлено шляхи правового врегулювання положень наявної нормативної бази та запропоновані заходи державного регулювання, спрямовані на перерозподіл повноважень, відповідальності і функцій компетентних органів виконавчої влади у сферах цивільного захисту та лісового господарства. *Ключові слова:* державне регулювання, надзвичайна ситуація, ліквідація, гасіння, лісові пожежі.

Improving mechanisms for eliminating large-scale forest fires. Borys O.
The article examines the compliance of the provisions of the legal framework, which regulates governing state mechanisms of responding to emergencies related to the elimination of fires in forestry and civil defense, the actual practice of extinguishing large-scale forest fires that occurred in 2020 in the regions of Ukraine. The roles, powers and levels of responsibility of the competent executive authorities in the context of implementing the provisions of the functional subsystems of the Unified State Civil Protection System were analyzed and the analytical review of the organization's pursuits of firefighting and operational management was committed by the response forces/civil defense forces in the conditions of the developed forest fires. Based on the generalization of the obtained statistical, informational and analytical data, the main problems of public administration in the organization of firefighting in forests, which have qualifications or are qualified as emergencies of regional/state level of the natural kind, were outlined. The key imperfections of the organization of activities that limit the application of existing emergency response mechanisms, which are related to the elimination of forest fires in terms of emergency management, coordination of actions between governing bodies, the interaction of response units, management of forces and means in implementing firefighting tactics were identified. The strategic position of the central executive body in the field of civil protection, technologic and fire safety in the system of response to large-scale forest fires was substantiated. To perfect the organization of firefighting pursuits in natural ecosystems, the ways of legal regulation of the existing regulatory framework were identified and the measures of state regulation for the redistribution of powers, responsibilities and functions of the competent executive authorities in the field of civil protection and forestry were proposed. *Key words:* state regulation, emergency situation, liquidation, extinguishing, forest fires.

Актуальність. Огляд загальної практики ліквідації лісових пожеж в Україні (кваліфікованих як надзвичайні ситуації регіонального або державного рівня) відображає значні проблеми, що виникають під час реалізації державних механізмів реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані із гасанням великомасштабних лісових пожеж. Це зумовлює необхідність актуалізації наукових досліджень у сфері державного управління та необхідність обґрунтування заходів державного регулювання у сфері цивільного захисту та лісового господарства шляхом впровадження нових організаційно-правових підходів, упорядкування повноважень державних органів виконавчої влади.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Істотними проблемами державного механізму цивільного захисту експертно-наукове товариство визначає його часткову обмеженість під час реа-

лізації заходів цивільного захисту та неприйняття адекватних відповідей на наявні загрози. Це відзначене у дослідженнях С.О. Андреєва, Л.А. Жукової, Г.В. Качинського, М.М. Кулєшова, О.О. Труша, А.В. Терент'євої. У наукових працях Р.І. Шевченка, М.М. Дівізінюка, О.І. Бондара щодо захисту лісів від пожеж основна увага приділяється питанням моніторингу, забезпечення екологічної безпеки та оцінки екологічних ризиків. Проблеми попередження, гасіння лісових пожеж неодноразово вивчалися Д.І. Савельєвим, В.І. Товарянським, А.Д. Кузиком. Однак у наукових дослідженнях питання захисту лісів від пожеж не розглядалися у контексті використання інструментів комплексного наукового підходу державного управління, а саме: одночасного наукового аналізу нині діючих механізмів реагування на великомасштабні пожежі у сферах цивільного захисту та лісового господарства, а також синтезу на його основі загальних підходів і заходів держаного регулювання, спрямованих на їх удосконалення. Найбільш наближеними до розв'язання питань оптимізації діяльності у боротьбі з лісовими пожежами є наукові розробки С.В. Зібцева, у яких окреслена недосконалість механізму запобігання та реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з ліквідацією великомасштабних лісових пожеж, та пропонуються відповідні заходи регулювання.

Отже, заходи державного регулювання, спрямовані на розв'язання комплексних проблем реагування на великомасштабні лісові пожежі, потребують уточнення шляхом формування комплексного наукового підходу.

Метою дослідження є визначення проблемних питань організаційної діяльності під час вжиття заходів із гасіння великомасштабних лісових пожеж в Україні з метою обґрунтування основних напрямів державного регулювання у сферах лісового господарства і цивільного захисту, спрямованих на удосконалення механізмів державного управління під час ліквідації надзвичайних ситуацій природного характеру (лісових пожеж).

Матеріали і методи дослідження. У статті використано законодавчі та нормативно-правові акти України, статистичні дані, матеріали періодичних видань та Інтернет-ресурсу, а також власні дослідження автора, які загалом становлять узагальнену інформаційну базу. У роботі використані загальнонаукові та спеціальні методи досліджень, які ґрунтуються на наукових засадах державного управління. Аналітичний метод досліджень застосовано для здійснення комплексної оцінки визначеної тематики. Методами наукового узагальнення та логічного аналізу здійснено дослідження державних механізмів та інституційних положень нормативно-правових актів у сферах лісового господарства та цивільного захисту. Структурно-функціональний метод використано під час дослідження функціональних підсистем та залежності між ними в рамках Єдиної державної системи цивільного захисту. У статті застосовано системний підхід до визначення основних напрямів державного регулювання та абстрактно-логічний метод у формуванні висновків.

Результати дослідження та їх обговорення. Відповідно до статистики пожеж кількість загорянь на відкритих територіях в Україні має сталу тенденцію до збільшення. Лише у період 2019–2020 років поза межами населених пунктів сталося 61495 пожеж проти 54661 (+12,5%), що становить близько 60% від загальної кількості пожеж у державі [1]. При цьому в екосистемах у середньому щорічно виникає близько 1,5 тис. пожеж та знищується понад 5 тис. га лісонасаджень, а вагомою безпековою проблемою залишаються великомасштабні лісові пожежі [2; 3]. Так, загальна площа ландшафтних пожеж на територіях Житомирської, Луганської областей та у Чорнобильській зоні відчуження, що сталися протягом 2020 року, перевищила 200 тис. га. Їх катастрофічні наслідки були кваліфіковані як надзвичайні ситуації регіонального/державного рівня та призвели до знищення окремих населених пунктів і численних людських жертв. Наведені факти свідчать про значне підвищення пожежної небезпеки у сфері захисту лісів.

Основоположним законодавчим актом у сфері захисту лісів є Лісовий кодекс України [4], яким охорона лісів від пожеж визначена однією з основних вимог щодо ведення лісового господарства. Механізми організації діяльності, управління та реагування на лісові пожежі зумовлюють Правила пожежної безпеки в лісах України [5]. Визначеним нормативним актом встановлені основні нормативно-правові положення боротьби з пожежами в лісах, а саме:

– відповідальність за здійснення заходів щодо охорони лісів від пожеж та їх гасіння покладена на лісокористувачів;

– за загальне керівництво гасінням лісових пожеж несуть особисту відповідальність керівники лісогосподарських підприємств;

– встановлені норми утворення організаційних структур і матеріально-технічного забезпечення підрозділів відомчої пожежної охорони;

– визначені обов'язки, права керівника гасіння лісової пожежі;

– зумовлена взаємодія та підпорядкування протипожежних формувань і рятувальних підрозділів під час гасіння лісових пожеж.

Отже, відповідно до [4; 5] загальне керівництво та координація дій під час ліквідації лісових пожеж покладена на центральний орган виконавчої влади (надалі – ЦОВВ), який реалізує державну політику у сфері лісового та мисливського господарства – Державне агентство лісових ресурсів України (надалі – Держлісагентство). Безпосередньо відповідальність за гасіння лісових пожеж – на лісогосподарські підприємства та їхніх керівників. При цьому пожежно-рятувальні підрозділи Державної служби України

з надзвичайних ситуацій (надалі – ДСНС України) мають бути підпорядковані керівнику гасіння лісової пожежі, що, крім [5], зумовлене Статутом дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж [6].

Однак визначений механізм державного регулювання здебільшого реалізуються лише під час гасіння незначних пожеж, що зумовлюється обмеженою спроможністю лісових пожежних станцій виконувати функції із ліквідації лісових пожеж. Зважаючи на недостатність сил та засобів підрозділів відомчої лісової охорони для ліквідації великомасштабної пожежі, наявна система державного регулювання втрачає основні організаційні принципи. Держлісагентство, як функціональна підсистема охорони і захисту лісів Єдиної державної системи цивільного захисту (надалі – ЄДСЦЗ) [7], фактично не здійснює оперативне управління в надзвичайних ситуаціях (надалі – НС) регіонального або державного рівня. Так, відповідно до власних досліджень автора, зокрема, з'ясовано, що під час гасіння лісових пожеж у Житомирській області була тісна взаємодія представників Держлісагентства та ДСНС України. Проте у реальності керівництво ліквідацією лісових пожеж здійснювали представники ГУ ДСНС України у Житомирській області. Під час гасіння лісових пожеж у Чорнобильській зоні відчуження керівник робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (надалі – керівник ліквідації НС) та штаб з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (надалі – штаб НС) працювали паралельно із керівником гасіння пожежі та оперативним штабом пожежогасіння, а керівник ліквідації лісової пожежі виконував функції номінально. Розгалуженість організації діяльності органів управління призводила до зниження ефективності оперативного управління силами та засобами пожежогасіння. Ліквідація лісових пожеж у Луганській області протягом липня, вересня–жовтня 2020 року здійснювалася з порушенням наявних державних механізмів реагування на лісові пожежі [4; 5; 6] та реагування на НС державного рівня [7; 8]. За результатами розслідування масової загибелі людей унаслідок лісових пожеж з'ясовано, що керівник ліквідації лісової пожежі, керівник ліквідації НС не призначалися, штаб НС не утворювався. Пожежогасіння здійснювалося представником ГУ ДСНС у Луганській області (керівник гасіння пожежі), який не ніс відповідальності за ліквідацію лісової пожежі та наслідки НС. Це призвело до значних порушень в організації діяльності та управління в НС. Як наслідок, знищення окремих населених пунктів та людські жертви.

Спираючись на досвід ліквідації великомасштабних лісових пожеж, що відбулися в 2020 році у лісах України, можна стверджувати, що система державного регулювання щодо боротьби з лісовими пожежами, які набули рівня регіональної або державної НС, потребує удосконалення. Визначене підтверджує висновки дослідження з організації управління в НС [9]. Більше того, натепер окремі положення законодавчих і нормативно-правових актів щодо реагування на НС не відповідають практичній діяльності сил цивільного захисту та суспільному запиту на забезпечення сталого рівня безпеки населення [10], а деякі документи, пов'язані із ліквідацією лісових пожеж, застаріли і не відповідають вимогам сьогодення [5; 11; 12]. У реальних умовах ліквідації лісових пожеж механізм цивільного захисту щодо реагування на НС реалізується частково або ігнорується через невідповідність правових норм практиці дій. Як наслідок, на низькому рівні здійснюються організаційно-управлінські заходи під час ліквідації НС, пов'язаних із гасінням великомасштабних лісових пожеж, загострюються проблеми підпорядкування та взаємодії органів управління.

Так, під час ліквідації великомасштабних пожеж у правовому полі одночасно можуть перебувати три органи управління, безпосередньо пов'язані із гасінням лісової пожежі: керівник гасіння лісової пожежі [5], керівник гасіння пожежі [6] та керівник ліквідації НС [7]. Відповідно до [7; 8] у разі загрози виникнення, розповсюдження та/або гасіння лісових пожеж, що мають ознаки або кваліфіковані як надзвичайні ситуації, мають бути застосовані положення ЄДСЦЗ. Однак на практиці єдиний механізм реагування, що зумовлений [7], реалізується виключно під час НС регіонального або державного рівня для використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на НС. Слід зазначити, що, здійснюючи керівництво ліквідацією лісових пожеж, представники ДСНС України юридично не несуть відповідальності за її гасіння та наслідки. Відповідальність представників ДСНС України виникає у питаннях захисту та гасіння пожеж у населених пунктах. При цьому можна стверджувати, що зазначене певною мірою суперечить положенням щодо безпосереднього керівництва ЄДСЦЗ і функцій підсистеми реагування на надзвичайні ситуації, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт ЄДСЦЗ [7; 8], що зобов'язують ДСНС України до дій з реагування на НС, незважаючи на їх характер. Тобто у тому числі таких, що безпосередньо пов'язані із ліквідацією лісових пожеж.

За наявних умов порушується принцип єдиноначальності, притаманний моноцентричній системі оперативного управління в НС [9]. Унаслідок відсутності усталених рамок повноважень, підпорядкованості та відповідальності за ліквідацію пожеж у лісах виникають проблеми з координації дій, взаємодії підрозділів реагування, управління силами та засобами, ускладнення в організації і реалізації тактик пожежогасіння. Отже, в державній системі реагування на НС, пов'язаних із ліквідацією великомасштабних пожеж у лісах, існує правова колізія між законодавчими, нормативно-правовими положен-

нями наявних регуляторних актів, що загострюється, та їх загальну невідповідність практичній діяльності ЦОВВ та їх територіальних підрозділів під час здійснення організаційно-управлінських заходів з гасіння лісових пожеж.

Спираючись на детальний розгляд причин недосконалості державного регулювання, можна зробити такий висновок: незважаючи на встановлені [4; 5; 6] правові норми щодо виняткових повноважень Держлісагентства під час гасіння пожеж у лісах, саме ДСНС України відіграє стратегічну роль у ліквідації великомасштабних лісових пожеж, кваліфікованих як НС регіонального або державного рівня. Такий особливий стан визначеного ЦОВВ зумовлений значними резервами підпорядкованого особового складу і технічно-матеріальних ресурсів, а також високим рівнем організації діяльності, оперативного управління та координації дій між його компонентними структурами. Визначене ґрунтується на:

– ієрархічній структурі побудови, що наближена до мілітарних (наявність спеціальних звань, дисциплінарного статуту);

– постійно діючих органах управління;

– розгалуженій системі дислокації підрозділів;

– наявності виняткових засобів реагування (пожежна авіація, зв'язок);

– чіткому підпорядкуванню і взаємодії між структурними складниками;

– високому рівні професійної підготовки та досвіді гасіння пожеж.

Вагомим є статус і повноваження ДСНС України, які регламентовані положеннями нормативно-правової бази у сфері цивільного захисту [7; 8; 13]. Варто зазначити, що під час гасіння лісових пожеж у Житомирській області концентрація керівних функцій у представників ДСНС України загалом мала позитивний ефект. Отже, є вагомі підстави вважати, що ЦОВВ у сфері цивільного захисту мусить мати особливі повноваження у разі ліквідації НС регіонального або державного рівня, пов'язаних із гасінням великомасштабних лісових пожеж.

З огляду на вищезазначене, можна стверджувати, що натепер актуальною є необхідність врегулювання чинних нормативних положень шляхом розробки та впровадження заходів державного регулювання, спрямованих на наближення законодавчих і нормативно-правових актів у сферах цивільного захисту та лісового господарства до ефективних практик пожежогасіння в лісах. Основу таких заходів мають формувати чинний механізм реагування цивільного захисту на НС [7] та правовий перерозподіл повноважень, відповідальності і функцій ЦОВВ у сферах цивільного захисту та лісового господарства [4; 5; 6; 8] залежно від рівня надзвичайних ситуацій, пов'язаних із ліквідацією лісових пожеж, а саме:

ЦОВВ у сфері лісового господарства має бути відповідальним за запобігання (профілактику) виникнення пожеж у лісах та їх гасіння, що мають ознаки або кваліфіковані як НС об'єктового та місцевого рівня;

ЦОВВ у сфері цивільного захисту має отримати повноваження і нести відповідальність за ліквідацію НС природного характеру (пов'язані із гасінням лісових пожеж) на регіональному та державному рівні.

Висновки. В Україні на законодавчому рівні наявні дві незалежні системи реагування на пожежі в екосистемах – Державна служба України з надзвичайних ситуацій та Державне агентство лісових ресурсів України [4; 8]. При цьому слід зазначити, що відповідно до чинних нормативно-правових актів відповідальність за гасіння лісових пожеж, у тому числі й таких, що за своїми кваліфікаційними ознаками відповідають НС регіонального й державного рівня, покладається виключно на Держлісагентство [5; 7]. Визначене певною мірою суперечить законодавчим положенням та повноваженням ДСНС України щодо безпосереднього керівництва ЄДСЦЗ та функціональної підсистеми реагування на надзвичайні ситуації, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт ЄДСЦЗ [7; 8]. Відірваність нормативно-правових положень від наявної практики пожежогасіння призводить до невідповідності чинних повноважень, підпорядкованості та відповідальності ЦОВВ за ліквідацію пожеж у лісах. Розв'язання проблем управління та організації пожежогасіння можливе завдяки організації чіткої моноцентричної системи оперативного управління під час реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані із гасінням лісових пожеж, шляхом розробки відповідних заходів державного регулювання у сферах лісового господарства, цивільного захисту, техногенної та пожежної безпеки.

Література

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2020 року. Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/ua/Analitichni-materiali.html.
2. Охорона лісу від пожеж. Державне агентство лісових ресурсів України. URL: http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=118927&cat_id=118926.
3. Зібцев С.В., Сошенський О.М., Гуменюк В.В., Корень В.А. Багаторічна динаміка лісових пожеж в Україні. *Ukrainian Journal of Wood Science.* 2019. С. 27–40.
4. Лісовий кодекс України. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*, 1994, № 17, ст. 99. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text.
5. Правила пожежної безпеки в лісах України. Державний комітет лісового господарства. Наказ № 278 від 27.12.20040. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0328-05#Text.

6. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0802-18#n4.
7. Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту : Постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 р. № 11. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/11-2014-%D0%BF#Text.
8. Кодекс цивільного захисту. *Відомості Верховної Ради (ВВР)* від 2 жовтня 2012 р. № 34–35, ст. 458.
9. Борис О.П. Організація управління в надзвичайних ситуаціях: проблеми та шляхи вирішення. *Інвестиції: практика та досвід.* Київ, 2019. № 6. С. 92–96.
10. Борис О.П. Державне управління цивільним захистом України: шлях до становлення і розвитку : монографія. Київ : ТОВ «Київська книжково-журнальна фабрика», 2019, 326 с.
11. Наказ Державного комітету лісового господарства України та Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи № 89/132 від 12.03.2007 р. «Про затвердження Інструкції про порядок взаємодії підрозділів відомчої пожежної охорони Держкомлісгоспу України і пожежно-рятувальних підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України під час гасіння лісових пожеж». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0271-07#Text.
12. Про затвердження Інструкції про порядок обміну інформацією у сфері запобігання виникненню та реагування на надзвичайні ситуації між Державною службою України з надзвичайних ситуацій і Державним агентством лісових ресурсів України від 21.10.2014 № 1111/416. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1404-14#Text.
13. Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій : Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2015 р. № 1052. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1052-2015-%D0%BF.

УДК 502:504
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ НА ШУМОВУ ТА ВІБРАЦІЙНУ БЕЗПЕКУ УРБОЕКОСИСТЕМИ

Солошич І.О.
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Полтавська область
soloishych@gmail.com

Статтю присвячено дослідженню впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми. Здійснено аналіз існуючих методик щодо визначення рівня шуму та вібрації у житловій забудові. Запропоновано комплексний підхід до дослідження впливу шуму та вібрації від транспортної системи на урбоекосистему (на прикладі міста Кременчука). За існуючою методикою на досліджуваній ділянці урбоекосистеми проведено вимірювання рівня шуму шумоміром Smart Sensor AS804 у діапазоні від 30 до 130 дБ. Результати дослідження показали, що у зв'язку з великою інтенсивністю руху транспортної системи у центральній частині м. Кременчука, близькістю розташування житлової забудови до проїжджої частини рівень шуму у сельбищній зоні становить понад 70 дБА за норми 50–55 дБА. Найбільші шумові вібраційні навантаження на урбоекосистему спостерігаються на перехрестях вулиць Першотравневої та Небесної Сотні, проспекті Свободи та вулиці Київській, проспекті Свободи та вулиці Європейській. Із використанням програми Lgraph2 виявлено перевищення допустимих рівнів вібрацій на лінії житлової забудови на 15–25 дБА. Розроблено програмний продукт «ЕкоАвто», який відповідно до бальної системи визначає рівень шумової та вібраційної безпеки в кожній точці досліджуваної ділянки в балах за допомогою колірної індикації. Виявлено «критичний» стан від впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми м. Кременчука. Здійснено підбір захисних заходів щодо зменшення негативного впливу транспортної системи на урбоекосистему, а саме: зниження швидкості руху транспортного потоку, використання шумозахисних споруд, пристроїв та екранів, дворядна посадка дерев і чагарників, що позитивно позначиться не лише на якості повітряного басейну, а й на візуальному стані сельбищної зони. *Ключові слова:* транспортна система, шумова безпека, вібраційна безпека, урбоекосистема, комплексна оцінка.

Study of the impact of the transport system on noise and vibration safety of urban ecosystem. Soloshych I.
The article is devoted to the study of the impact of the transport system on the noise and vibration safety of the urban ecosystem. An analysis of existing methods for determining the level of noise and vibration in residential buildings has been carried out. The study determines comprehensive approach to the study of the impact of noise and vibration from the transport system on the urban ecosystem (on the example of the city of Kremenchuk). According to the existing technique, in the investigated area of the urban ecosystem, the noise level measured with the Smart Sensor AS804 sound level meter is in the range from 30 to 130 dB. The results of the study showed that due to the high traffic intensity of the transport system in the central part of Kremenchuk, the proximity of residential buildings to the roadway, the noise level in the residential area is more than 70 dBA, with a norm of 50-55 dBA. The highest noise vibration loads on the urban ecosystem are observed at the intersections of Pervomayskaya and Nebesnoyi Sotni Streets, Svoboda Avenue and Kievskaya Street, Svoboda Avenue and Evropeyskaya Street. It is established that the noise level in the studied sections of the street and road network of Kremenchuk exceeds the normative permissible values by 10-30 dBA. Using the Lgraph 2 program, the permissible vibration levels on the residential line were exceeded by 15-25 dBA. The software product "EcoAvto" has been developed, which following the scoring system determines the level of noise and vibration safety at each point of the studied area in points using color indication. The "critical" state from the influence of the transport system on the noise and vibration safety of the urban ecosystem of Kremenchuk was revealed. A selection of protective measures to reduce the negative impact of the transport system on the urban ecosystem, namely - the use of noise protection structures, devices and screens, and double-row planting of trees and shrubs, which will positively affect not only the quality of the air pool but also the visual condition of the settlement area. *Key words:* transport system, noise safety, vibration safety, urban ecosystem, complex assessment.

Постановка проблеми. Інтенсивне зростання кількості автомобільного транспорту, що спостерігається за останнє десятиріччя, сприяє економічному розвитку країни, проте супроводжується негативним впливом на урбоекосистему та здоров'я людини. В умовах інтенсивної урбанізації з усіх видів негативного впливу на природне середовище під час функціонування транспортної системи України з погляду екологічної безпеки більше 35% припадає на шумове та вібраційне забруднення; понад 80% міського населення проживає в умовах наднормативного шумового та вібраційного навантаження, зумовленого рухом автотранспортних потоків [1]. На головних магістралях урбанізованих територій рівень шуму перевищує 90 дБ і має тенденцію до щорічного збільшення на 0,5 дБ [1]. Експерименти доводять, що в зоні найбільшої дії шуму та вібрації знаходяться мікрорайони, які розташовані вздовж магістралей загальноміського значення, тому рівень шуму, заміряний у житловій забудові за відкритих вікон лише на 10–15 дБ нижчий, аніж поблизу магістралі [1].

У зв'язку із цим **актуальним є дослідження** впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми, тому що мешканці сельбищної зони, яка розташована поряд із дорогою,

потрапляють під дію шуму та вібрації, яка перевищує гігієнічні нормативи.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Робота відповідає Указу Президента України, в якому рекомендовано враховувати «Цілі сталого розвитку на період до 2030 р.» під час визначення напрямів наукових досліджень [2], та Закону України «Про Основні засади державної екологічної політики України на період до 2030 р.» [3], а саме зменшення негативного впливу процесів урбанізації. Представлені результати досліджень відповідають напряму наукової діяльності кафедри екологічної безпеки та організації природокористування Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Результати дослідження доцільно використовувати у розробленні міських і регіональних програм оцінки стану навколишнього природного середовища та системи моніторингу атмосферного повітря урбоекосистем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема впливу автотранспорту на урбоекосистему залишається важливою для багатьох країн світу, тому протягом останніх десятиліть проводяться дослідження з вивчення впливу шуму та вібрації на організм людини, впровадження заходів щодо поліпшення стану навколишнього середовища. У країнах Європейського Союзу шумове та вібраційне забруднення визнані одними з найбільш серйозних проблем урбанізації, тому що близько 40% території міста (з населенням 750 тис осіб) через їхній вплив є непридатним для нормального функціонування [4].

Вагомий внесок у розвиток теоретичних та практичних засад розв'язання питань, пов'язаних із негативним впливом транспортної системи на урбоекосистему і шляхами зниження міського шуму та вібрації, зробили В.Е. Абракітов [5], Б.Г. Прутков [6], В.Ю. Пулашкин, А.Н. Яремчук [7] та ін. Учені всебічно вивчали негативний вплив шумового

Таблиця 1

Інтенсивність руху транспортного потоку на досліджуваній ділянці вулично-дорожньої мережі міста Кременчука

Перехрестя	Час проведення дослідження	Інтенсивність руху, авт./годину							
		Прямий напрямок				Зворотний напрямок			
		1 точка		2 точка		1 точка		2 точка	
		ЛТ	ВТ	ЛТ	ВТ	ЛТ	ВТ	ЛТ	ВТ
Республіканської та Манагарова	8-9	330	50	270	22	364	19	370	6
	12-13	289	25	180	13	280	30	301	32
	17-18	380	17	227	11	340	12	270	14
І. Приходька пров. І. Приходька	8-9	270	20	285	13	330	38	342	14
	12-13	226	13	270	27	286	17	278	28
	17-18	230	12	237	8	312	63	295	17
І. Приходька та вул. Макаренка	8-9	468	28	396	16	370	12	364	8
	12-13	330	26	230	30	286	27	420	32
	17-18	365	15	415	25	450	15	425	18
Першотравн. та Небесної Сотні	8-9	730	45	680	27	845	16	650	20
	12-13	560	15	516	45	530	49	520	52
	17-18	690	33	727	38	760	18	556	14
Європейської та проспекту Свободи	8-9	520	26	570	27	220	12	265	9
	12-13	512	28	456	35	385	8	170	10
	17-18	475	22	524	17	275	17	315	14
Проспекту Свободи та вул. Київської	8-9	678	22	680	29	590	18	719	26
	12-13	418	42	430	48	556	33	590	26
	17-18	720	18	520	16	635	19	750	10
Проспекту Свободи та вул. Гвардійської	8-9	620	17	613	15	589	10	612	3
	12-13	580	27	550	33	546	12	480	10
	17-18	683	10	648	19	652	14	630	8
Гер. Крут та проспекту Л. Українки	8-9	470	17	512	22	526	16	498	18
	12-13	312	26	425	29	640	36	365	25
	17-18	514	19	475	17	495	10	562	19
Проспекту Л. Українки та Т. Бульби	8-9	360	26	280	18	260	22	263	12
	12-13	385	24	259	25	320	29	302	32
	17-18	362	15	312	12	297	17	286	15

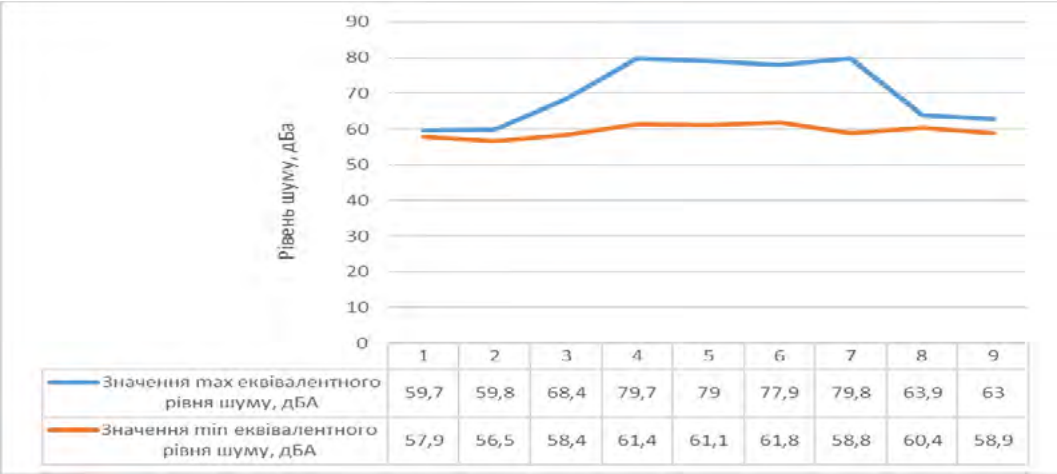


Рис. 1. Графік залежності max, min еквівалентного рівня шуму

та вібраційного забруднення, проте невирішеним залишається комплексне визначення їх дії.

У зв'язку з вищевикладеним метою статті є вирішення науково-практичного завдання, яке полягає у комплексному дослідженні впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У роботах [4–7] проведено окремі дослідження впливу шумового або вібраційного забруднення від автомобільного транспорту, тому постає необхідність у комплексному підході до визначення їхнього негативного впливу на урбоекосистему.

Методологічне або загальнонаукове значення. Набув подальшого розвитку комплексний підхід до дослідження впливу шуму та вібрації від транспортної системи на урбоекосистему (на прикладі міста Кременчука).

Виклад основного матеріалу. Розглянемо вплив транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми на прикладі м. Кременчука Полтавської області, в якому на січень 2020 р. зареєстровано понад 47 тис од. автотранспорту, із них 88,55% легкові й 6,85% – вантажні автомобілі, 2,58% – автобуси, 2,07% – спеціальний транспорт [8]. Через м. Кременчук проходять автошляхи європейського значення М 22 (Полтава – Слобозія) та національного значення Н 08 (Бориспіль – Маріуполь). Головною магістраллю, яка сполучає мікрорайони із центром міста, є вулиці Свіштофська, Халаменюка, Першотравнева, Небесної Сотні, Макаренка, Республіканська, проспекти Лесі Українки, Свободи. Інтенсивність руху транспортного потоку на досліджуваній ділянці міста Кременчука наведено у табл. 1.

За існуючою методикою [9] на досліджуваній ділянці урбоекосистеми проведено вимірювання рівня шуму шумоміром Smart Sensor AS804 в діапазоні від 30 до 130 дБ (табл. 2).

На рис. 1 наведено графік залежності max, min еквівалентного рівня шуму від розташування об'єктів дослідження.

Таблиця 2

Результати вимірювання рівня шуму на досліджуваній ділянці

Перехрестя вулиць	Значення max / min еквівалентного рівня шуму, дБА				Рівень шуму біля житлової забудови, дБА	
	1	2	3	сер.	Зліва	Зправа
Республікан., Манагарова	61,7/57,8	57,6/58,1	59,7/57,8	59,7/57,9	58,8	57,1
Приходька, пр. Приходька	59,8/56,0	59,7/56,6	59,9/56,9	59,8/56,5	58,5	59,6
І. Приходька, Макаренка	69,7/58,7	67,3/57,8	68,2/57,8	68,4/58,1	59,3	56,4
Першотравн., Небес. Сотні	77,059,4	88,8/61,9	73,3/62,9	79,7/61,4	77,7	77,7
Європейськ., Свободи	74,4/60,0	82,0/62,9	80,5/60,4	79,0/61,1	77,0	77,0
Свободи, Київської	74,8/57,9	77,1/61,5	81,8/66,0	77,9/61,8	75,9	75,9
Свободи, Гвардійської	76,5/61,3	82,5/58,3	80,5/56,7	79,8/58,8	72,8	66,8
Гер. Крут, Л. Українки	62,5/60,0	65,3/61,5	63,8/59,6	63,9/60,4	60,2	55,1
Л. Українки, Т. Бульби	65,5/57,7	62,2/58,1	61,2/61,0	63,0/58,9	60,3	59,8

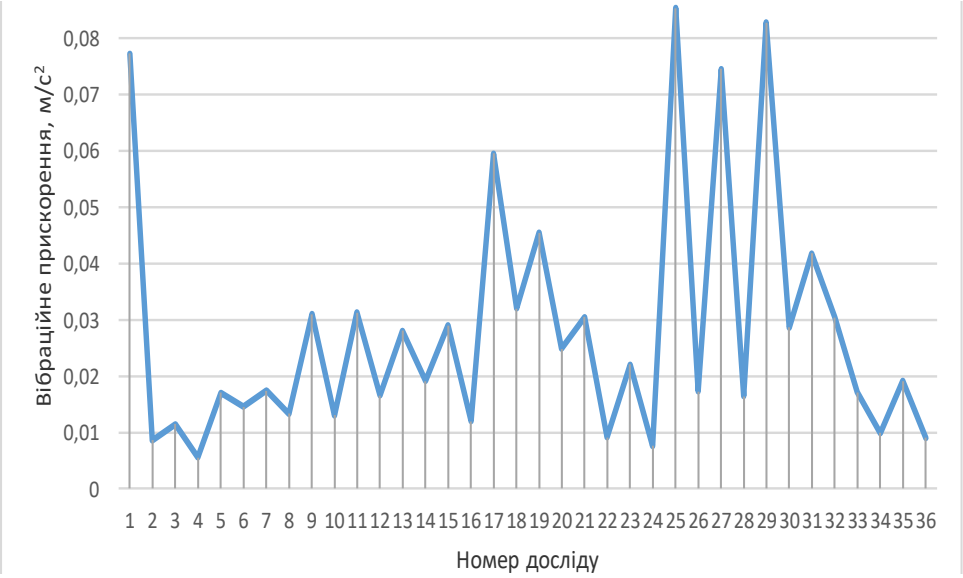


Рис. 2. Графік залежності величини вібраційного прискорення від складника віброприскорення

Результати дослідження показали, що у зв'язку з великою інтенсивністю руху транспортної системи у центральній частині м. Кременчука, близькістю розташування житлової забудови до проїжджої частини рівень шуму у сельбищній зоні становить понад 70 дБА за норми 50–55 дБА [9]. Найбільші шумові вібраційні навантаження на урбоекосистему спостерігаються на перехрестях вулиць Першотравневої та Небесної Сотні, проспекті Свободи та Київської, проспекті Свободи та вулиці Європейської.

Натурні вимірювання впливу транспортної системи на вібраційну безпеку урбоекосистеми проводили за допомогою комп'ютерної програми Lgraph 2 та датчику, що фіксує вертикальну та горизонтальний складник коливань. Графік залежності величини вібраційного прискорення від складника віброприскорення наведено на рис. 2. Проаналізувавши отримані дані, виявлено перевищення допустимих рівнів вібрацій у лінії житлової забудови м. Кременчука на 15–25 дБА.

Для розрахунку комплексної оцінки впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми на базі комп'ютерної програми Microsoft Excel розроблено програмний продукт «ЕкоАвто», який відповідно до бальної системи [9] визначає рівень забруднення в балах (табл. 3).

На підставі отриманих результатів за результатами порівняльного аналізу з використанням бальної системи (табл. 4) та програмного продукту «ЕкоАвто» визначено рівень шумової та вібраційної безпеки в кожній точці досліджуваної ділянки за допомогою колірної індикації.

Приклад карти-схеми результатів комплексної оцінки впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми за допомогою комп'ютерної програми «ЕкоАвто» наведено на рис. 3.

Оцінюючи результати проведених розрахунків, відзначаємо, що виявлено критичний стан від впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми у м. Кременчук на перехресті вулиць Першотравневої та Небесної Сотні, Першотравневої та Пролетарської, проспекту Свободи та вулиці Київської, проспекту Свободи та вулиці Європейської.

Залежно від ситуації, що склалася на досліджуваних ділянках м. Кременчука, проаналізовано та здійснено підбір захисних заходів щодо змен-

Таблиця 3

Комплексна оцінка впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми

Чинники впливу транспортної системи / Рівень комфортності	**Рівень шуму, дБА**	**Рівень віброшвидкості, дБ**	**Бали**
Сприятливий	< 50	< 30	0
Відносно сприятливий	50-55	30-40	1
Несприятливий пофакторно	55-60	40-50	2
Несприятливий	> 60	> 50	3

Таблиця 4

Рівень шумової та вібраційної безпеки урбоекостеми

Рівень шумової та вібраційної безпеки урбоекостеми	**Кількість балів**	**Колірна індикація**
Задовільний стан	< 4	Зелений колір
Критичний стан	4 – 9	Жовтий колір
Незадовільний стан	> 9	Червоний колір

Рис. 3. Комплексна оцінка впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми

шення негативного впливу транспортної системи на урбоекосистему: зниження швидкості руху транспортного потоку, використання шумозахисних споруд, пристроїв та екранів, дворядна посадка дерев і чагарників, що позитивно позначиться не лише на шумовій та вібраційній безпеці урбоекосистеми, а й на візуальному стані сельбищної зони.

Головні висновки. На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки: 1. Установлений рівень шуму у м. Кременчук перевищує нормативні допустимі значення на 10–30 дБА. 2. Із використанням програми Lgraph2 виявлено перевищення допустимих рівнів вібрацій на лінії житлової забудови на 15–25 дБА. 3. За допомогою розробленого програмного продукту «ЕкоАвто» установлено критичний стан від впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоекосистеми у м. Кременчук на перехресті вулиць Першотравневої та Небесної Сотні, Першотравневої та Пролетарської, Свободи та Київської, Свободи та Європейської. 4. Здійснено підбір захисних заходів щодо зменшення негативного впливу транспортної системи на урбоекосистему м. Кременчука: зниження швидкості руху транспортного потоку, використання шумозахисних пристроїв та екранів, дворядна посадка дерев і чагарників, що позитивно позначиться не лише на якості повітряного басейну, а й на візуальному стані сельбищної зони.

Перспективи використання результатів досліджень. Розроблений комплексний підхід дослідження впливу шуму та вібрації від транспортної системи на урбоекосистему (на прикладі міста Кременчука) з використанням комп'ютерної програми «ЕкоАвто» може бути використаний в окремих навчальних курсах під час викладання дисциплін екологічного спрямування.

Література

1. Решетченко А.І. Дослідження впливу автотранспортних потоків на акустичне середовище урболандшафтів. *Комунальне господарство міст*. 2018. № 7(146). С. 180–183.
2. Цілі сталого розвитку: Україна : Національна доповідь 2017 / М-во економічного розвитку і торгівлі України. URL: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf (дата звернення: 14.01.2021).
3. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 01 січня 2020 р. № 2354-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text (дата звернення: 10.01.2021).
4. Night noise guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2019. Mode of access: URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0019/246322/E92845r.pdf (дата звернення: 14.04.2021).
5. Абракітов В.Е. Картографування шумового режиму центральної частини міста Києва : монографія. Харків : ХНАМГ, 2012. С. 123–125.
6. Прутков Б.Г. Методи і шляхи зниження міського шуму : монографія. Ужгород : ЦНП Містобудування, 2014. С. 34.
7. Пулашкин В.Ю., Яремчук А.Н. Картографирования шумового загрязнения автомагистралей г. Николаева средствами гис-технологий (с использованием программного пакета ARCGIS). *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2019. № 2(21). С. 132–139.
8. Регіональний сервісний центр у Полтавській області Міністерства внутрішніх справ України. : вебсайт. URL: http://hsc.gov.ua/poslugi/poslugi-shho-nadayutsya-servisnimi-tsentram/ (дата звернення: 10.05.2021).
9. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. URL: http://vsegost.com/Catalog/ 20/20016.shtml (дата звернення: 10.05.2021).

УДК 632.7:634.75 (477.46)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.3

ЕНТОМОКОМПЛЕКС ШКІДНИКІВ ЯГІДНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ БРОВАРСЬКОГО РАЙОНУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Трускавецька І.Я.
Університет Григорія Сковороди в Переяславі
вул. Сухомлинського, 30, 08401, м. Переяслав, Київська область
irina-truskaveckaya@ukr.net

У статті окреслено видове різноманіття шкідників ягідних культур в умовах лісостепу Центральної України. Уточнено видовий склад основних шкідників полуниці на приватних ділянках ягідного кооперативу «Агровесна» Броварського району. Результати досліджень свідчать, що в даному агроценозі з числа фітофагів найбільш чисельними видами є комахи (15 видів), які належать до 5 рядів із 8 родин. Із числа комах домінуючими видами були об'єкти з родин Пластинчатовусі *(Scarabaeidae)* – 5 видів, Довгоносики *(Curculiniodae)* – 3 види ряду Твердокрилі або жуки *(Coleoptera)* – 11 видів. Представникам *Homoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Orthoptera* належить по одному виду.

Постійним фітофагом на ділянках ягідних культур є бронзівка волохата або оленка (Tropinota hirta), ступінь заселеності яких перевищує 65%, що суттєво впливає на продуктивність рослин. Найбільшої шкоди жуки завдали у період цвітіння рослин. Із листогризучих шкідників досить часто зустрічаються суничний листоїд *(Pyrrhalta tenella L.),* який прогризає у листках отвори й живиться соком рослин, та малиново-суничний довгоносик (Anthonomus rubi), які ранньою весною починають живитися молодими листками, у бутонах виїдають пиляки, що призводить до їх знищення. Серед ґрунтових – личинки хрущів *(Melolontha melolontha L.)* та *(Melolontha hippocastani L.)* та суничного чорноплямистого пильщика *(Allantus cinctus)*, які спричинили загибель та зрідження рослин до 35%.

Видове різноманіття шкідників полуниці з насадження трьох сортів (Хоней, Мармолада та Факел) на досліджуваній території потребує детального вивчення особливостей їхньої біології та розроблення сучасних захисних заходів зі зниження їхньої чисельності в промислових насадженнях рослин з урахуванням економічних та екологічних передумов. Найбільш привабливим зовнішнім виглядом характеризуються ягоди сорту Хоней, а стійкими до хвороб та шкідників виявились ягоди пізнього сорту Факел. *Ключові слова:* насадження полуниці, комахи шкідники, фітофаги, Coleoptera.

Entomocomplex of pesters of berry crops in the conditions of Brovary district of Kyiv region. Truskavetska I.

The article singles out the diversity of pests of berry crops in the forest-steppe conditions of central Ukraine. The species composition of the main pests of strawberries on private plots of the berry cooperative «Agrovesna» of Brovary district has been specified. The results of research show that in this agrocenosis from among phytophages, the most numerous species are insects (15 species), which belong to 5 series from 8 families. Among the insects, the dominant species were objects from the families Scarabaeidae – 5 species, Curculiniodae – 3 species of the series Coleoptera – 11 species. Representatives of Homoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Orthoptera belong to one species.

A constant phytophagous in areas of berry crops is Tropinota hirta, the population of which exceeds 65%, which significantly affects plant productivity. The greatest damage Coleoptera cause during flowering plants. Of the leaf-eating pests, Pyrrhalta tenella L., which gnaws holes in leaves and feeds on plant sap, and Anthonomus rubi, which begin to feed on young leaves in early spring, eat pollen in the buds, which leads to their destruction. Among the soil are the larvae of Melolontha melolontha L. and Melolontha hippocastani L., Allantus cinctus L., which caused the death and liquefaction of plants up to 35%.

The species diversity of strawberry pests from plantings of three varieties (Honey, Marmolada and Fakel) in the study area require a detailed study of their biology and the development of modern protective measures to reduce their numbers in industrial plantations, taking into account economic and environmental conditions. The most attractive appearance is characterized by berries of the variety «Honey», and resistant to diseases and pests were berries of the late variety «Fakel». *Key words:* strawberry plantations, insect pests, phytophages, Coleoptera.

Постановка проблеми. Полуниця – найпопулярніша серед ягідних культур, займає перше місце у світовому виробництві ягід. На сучасному етапі розвитку ягідництва проблема одержання високих та сталих урожаїв постійно стикається з ростом розповсюдження й шкідливості деяких видів шкідників на ягідних культурах [3]. Проблема масового розмноження шкідників та їх дослідження є однією з актуальних проблем сьогодення, адже численні шкідники, а також хвороби, спричинені ними, здатні знищити чверть цієї продукції. На превеликий жаль, у полуниці так багато ворогів, що навіть за дуже гарного догляду все одно існує ризик утратити частину врожаю. Одержання стабільних урожаїв полуниці високої якості можливе лише за планомірного і систематичного здійснення комплексу заходів зі зменшення чисельності комах-шкідників [4]. Саме тому дана проблематика є актуальною.

Мета нашої роботи – вивчити видове різноманіття комах-шкідників полуниці та їхні біолого-екологічні особливості в умовах Броварського району.

Актуальність дослідження. Початок літньої пори – сезон полуниці, є самою улюбленою і шанованою у багатьох садівників. Вирощування цієї культури вимагає певних зусиль і знань. Правильна посадка, полив, розпушування ґрунту та підживі-

лення – усе, що потрібно їй для повноцінного росту. Не менш важливим є й профілактика цієї культури від навали шкідників і появи хвороб. Шкідники полуниці навіть у невеликих кількостях винищують великі обсяги посадок і негативно впливають на якість та кількість урожаю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У розроблення технології вирощування високих врожаїв полуниці в Україні вагомий внесок зробили відомі вітчизняні науковці: академік С.Х. Дука, провідні вчені І.М. Ковтун, В.І. Копилов, В.П. Копань, К.М. Копань, В.Г. Лисанюк, В.К. Костюк, В.С. Марковський, С.О. Мокржецький, Й.К. Пачоський, М.В. Бобрецький і багато інших, які розробили методи боротьби з комахами-шкідниками тощо [5, с. 133].

Багато років докладному вивченню комах – шкідників ягідних культур присвятив О.О. Гросгейм під час роботи на Мліївській садово-городній дослідній станції. У 1930 р. він опублікував оригінальну теоретичну працю «О массовых размножениях вредителей». Ця праця дістала високу оцінку відомих ентомологів: професорів О.Г. Лебедєва, Ф.О. Зайцева, В.П. Поспєлова і М.М. Троїцького. Питання про динаміку популяцій комах у просторі й часі О.О. Гросгейм розглядав як одну із центральних проблем планетарного життя біосфери (згідно з В.І. Вернадським) [1, с. 120].

Серед сучасних ентомологів в околицях Київської області значну увагу вивченню шкідників ягідних культур приділив професор М.М. Ключевич, який займається вивченням агроекологічних основ системи захисту пшениці від септоріозу в умовах Центрального Лісостепу України [3, с. 105].

Новизна. Дослідження полягає у тому, що в результаті власних спостережень й аналізу літературних джерел на території дослідженого району нами вивчена шкідлива фауна суниці в Лісостепу України, уточнено видовий склад фітофагів, визначено види, які завдають значної шкоди.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження проводили впродовж 2018–2020 рр. на ділянках ягідного кооперативу «Агровесна» Броварського району Київської області з насадженням трьох сортів суниці (ранньостиглий Хоней, середньостиглий Мармолада та пізній Факел).

Вивчаючи шкідників полуниці, користувалися загальноприйнятою ентомологічною методикою К.К. Фасулаті (1971 р.), зокрема використовували такі методи, як косіння ентомологічним сачком, струшування комах із кущів, ручний збір імаго і личинок, візуальний огляд рослин окремо по сортах [1, с. 56].

Одними з основних методів виявлення шкідників і встановлення їх чисельності та ступеня пошкодження полуниці були періодичні обстеження й обліки. Облік чисельності шкідників проводили відповідно до методик В.А. Тряпіцина, В.А. Шепетельникова, В.П. Омелюти [2, с. 32].

Чисельність шкідників (заселеність насаджень) визначили за формулою:

$$P = 100\ (N-n) / N,$$

де P – загальна чисельність, %;
n – кількість особин в обліку, шт.;
N – кількість особин на кущі, шт.

Виклад основного матеріалу. У ході спостережень дослідили, що ентомофауна шкідників полуниці на приватних ділянках ягідного кооперативу «Агровесна» Броварського району включає 15 видів комах, які відносяться до п'яти рядів: Coleoptera – 9 видів, Рівнокрилі (Homoptera), Лускокрилі (Lepidoptera), Перетинчастокрилі (Hymenoptera) та Прямокрилі (Orthoptera) – по 1 виду (рис. 1).

Географічно земельні ділянки кооперативу «Агровесна» розташовані в північно-східній частині Броварського району Київської області (смт. Макарів) і займають приблизно 50 га із вирощування полуниці. Район розташований у помірно-континентальному кліматичному поясі, літо – вологе і тепле, зима м'яка. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем вилугований суглинковий на карбонатному лесі, вміст гумусу – близько 3%, pH водний – 7,0.

Із числа комах на досліджуваній території домінуючими є види з ряду Coleoptera – 11, зокрема родина Пластинчатовусі (Scarabaeidae) – 5 видів, Довгоносики (Curculiniodae) – 3, Ковалики (Elateridae) – 2, Листоїди (Chrysomelidae) – 1 вид (табл. 1).

Найбільш небезпечними та чисельними шкідниками полуниці на ягідних ділянках виявилися суничний листоїд (Galerucella tenella L.), сірий довгоносик (Sciaphilus asperatusus), довгоносик-брунькоїд (Sciaphobus sgualidus), малиново-суничний довгоносик-квіткоїд (Anthonomus rubi), кравчик-головач (Lethrus apterus) та оленка волохата (Epicometis hirta).

Скупчення довгоносиків на сортах суниці спостерігали у період висування квіткових китиць упродовж травня, шкодочинність яких становить 7,3% рослин. Переважно значної шкоди

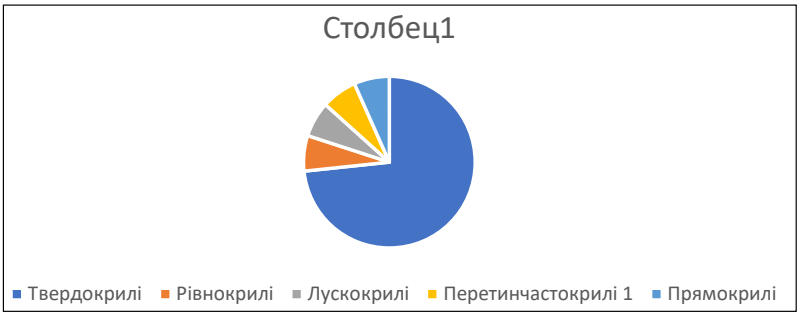


Рис. 1. Структура шкідливого ентомокомплексу полуниці на приватних ділянках Броварського району

завдали раннім сортам суниці. Після збирання ягід жуки йдуть на зимівлю. Розвиваються в одному поколінні на рік.

Суничний листоїд заселяє посадки суниці на початку травня (оглянуто 300 кущів). У другій половині квітня за температури 13–14°С жуки виходять із місць зимівлі й скелетують листя та прогризають у них звивисті отвори. Рідше пошкоджують черешки листків, суцвіття та квітки [8, с. 23]. У період висування бутонів самки відкладають по 1–2 яйця у вигризені отвори з нижнього боку листків. Шкідник, скелетуючи молоде листя суниць, призвів до 6,5% утрати урожаю.

Оленка волохата на досліджуваній ділянці є поширеним жуком, який пошкоджує квітки полуниці, виїдаючи при цьому тичинки, маточки й об'їдаючи пелюстки. Вихід шкідника на поверхню ґрунту, а також інтенсивність і тривалість їхнього льоту перебувають у прямій залежності від погодних умов, зокрема температурного чинника. Масовий літ дорослих особин тривав 23–37 діб упродовж першої декади травня – другої декади червня за середньодобової температури повітря 16–19°С і відносної вологості повітря 68–73%, а з другої декади серпня жуки літають поодиноко [7, с. 33].

Упродовж 2018–2019 рр. *Tropinota hirta* заселила близько 35% насадження суниці у приватному господарстві смт. Калита Броварського району, а за відсутності проведення захисних заходів це призвело до зменшення врожайності на 65% [3, с. 113]. Пошкодження рослин шкідником розпочинається з фази «висування квітконосів» і триває до закінчення фази «закінчення цвітіння і утворення зав'язі» (друга декада травня – друга декада червня 2018, 2019, 2020 рр.).

Таблиця 1

Шкідливість листогризучих фітофагів на суниці (ягідні ділянки смт. Макарів, 2018–2020 рр.)

Ряд	**Родина**	**Шкідники**	**Початок живлення шкідника**	**Частка серед усіх видів, %**
		Клас Комахи		
Homoptera	Aphididae	Aphis forbesi	2 декада травня	3,2
Coleoptera	Chrysomelidae	Galerucella tenella	1 декада травня	6,5
	Curculiniodae	Sciaphobus sgualidus	2 декада травня	7,3
		Anthonomus rubi	2 декада травня	6,9
		Sciaphilus asperatusus	2 декада травня	7,1
	Scarabaeidae	Melolontha melolontha	1 декада вересня	4,8
		Melolontha hippocastani	1 декада вересня	5
		Poliphylla fullo	1 декада вересня	2,6
		Lethrus apterus	1-2 декада квітня	9,4
		Epicometis hirta	травень	9,8
	Elateridae	Selatosomus latus	травень	3,2
		Agriotes sputator L.	травень	2,5
Lepidoptera	Tortricidae	Ancylis comptana	травень	1,8
Hymenoptera	Tenthredinidae	Allantus cinctus	травень, червень	2,3
Orthoptera	Cryllotalpidae	Cryllotalpa Cryllotalpa	кінець квітня – травень	2,9

Таблиця 2

Середня щільність заселення ґрунту личинками та співвідношення видів основних шкідників у приватних насадженнях полуниці кооперативу «Агровесна» (2018–2020 рр.)

Вид	**Середня щільність личинок за видами, екз./м²**	**Частка серед усіх видів, %**
Melolontha melolontha L. Хрущ західний травневий	3	36
Melolontha hippocastani L. Хрущ східний травневий	1	7
Allantus cinctus Пильщик суничний	3	33
Selatosomus latus Ковалик широкий	13	4
Agriotes sputator Ковалик посівний	9	1
Cryllotalpa Cryllotalpa Капустянка звичайна	3,5	46

Сьогоднішній спалах чисельності оленки волохатої викликає і безпосередній вплив діяльності людини, а саме: збільшення площ неорних земель, засмічених бур'янами, насамперед злаковими видами, особливо біля багаторічних насаджень, та зменшення інтенсивності обробітку ґрунту, оскільки всі фази розвитку фітофага тісно пов'язані з ґрунтом [6, с. 105]. Це сприяє розширенню харчової бази для жуків та личинок оленки волохатої у другій половині вегетації.

Значної шкоди рослинам у насадженнях полуниці завдають і ґрунтові шкідники, серед яких масово зустрічаються личинки Melolonthinae, Tenthredinidae, Cryllotalpa Cryllotalpa та Allantus cinctus, що вимагає проведення захисних заходів зі зниження їхньої чисельності (табл. 2).

Наприклад, на 1 м² у 2018 р. виявлено 2 екземпляри личинок хруща західного травневого, а у 2019 р. – 3 екземпляри, тому середня щільність – 3 особини на 1 м² (табл. 2). У такому разі необхідно на ділянках проводити попереднє знищення шкідників. Нами відзначено, що у другій половині травня – першій половині червня більшість личинок (до 90%) знаходиться на глибині 5–25 см, тому саме у ці періоди фенології шкідника необхідно проводити захисні заходи рослин від цього небезпечного виду. Упродовж вегетаційного періоду личинки шкідника долали відстань в 2,5–3,80 м упродовж ряду рослин від місця підсаджування. При цьому рослини полуниці були сильно пошкоджені фітофагом і більша частина їх (85%) загинула.

Cryllotalpa Cryllotalpa – комаха завдовжки 35–60 мм бурого кольору, з укороченими надкрилами і передніми ногами пристосованими для копання ґрунту [2, с. 105]. Середня щільність на досліджуваній ділянці становить 3,5%. Серед Scarabaeidae щорічно значної шкоди завдавали личинки Melolonthinae, з яких досить часто зустрічаються Melolontha melolontha, рідше – Melolontha hippocastani. Жуки пошкоджують листя й зав'язі плодових культур, а личинки переважно зріджували молоді насадження суниці, підгризаючи коріння. Їхня чисельність у середньому за три роки становить 1,4 екз./м². За період спостережень літ імаго тривав із кінця третьої декади квітня – увесь травень – першу декаду червня. У найбільшій кількості шкоди зазнали ранні сорти суниці Хоней. Allantus cinctus відкладають яйця у паренхіму листка суниці поблизу товстих жилок. Плодючість – 60–80 яєць. Личинки відроджуються через 10–12 діб. Шкодять, скелетуючи листки, вигризаючи отвори й обгризаючи їх по краях. Через 20–25 днів личинки заляльковуються, і через 12–14 днів знову з'являється імаго [2, с. 113]. Зимують у стадії личинки останнього покоління в стеблах бур'янів, в опалому листі й ґрунті. Їх чисельність на досліджуваній території у середньому за три роки становить 2,3%.

Головні висновки. Отже, на рослинах полуниці паразитує велика кількість шкідливих організмів. Значної шкоди ягідним насадженням завдають шкідливі комахи і кліщі, нематоди, грибні, вірусні та мікоплазмові інфекції. Для підтримування належної продуктивності рослин та якості врожаю полуничні насадження слід захищати. Для отримання високої продукції полуниці потребують ретельного догляду й повсякчасного піклування, тільки тоді можуть повною мірою проявити свій потенціал.

За характером пошкодження полуничних насаджень можна відзначити такі трофічні групи шкідників: комахи, що пошкоджують листки й зав'язі плодових культур: Melolonta melolontha, M. hippocastani, Aphis idaei, Tenthredinidae; комахи, що пошкоджують коріння: Gryllotalpa grillotalpa, Melolonta melolontha; комахи, пошкоджують черешки листків, суцвіття та квітки: Pyrrhalta tenella, Anthonomus rubi, Epicometis hirta. Як бачимо, найбільша кількість видів комах пошкоджує листки й зав'язі плодових культур.

Для умов Броварського району найбільш ефективною системою захисту плодових насаджень від комах-шкідників, на нашу думку, є інтегрований захист, суть якого полягає у регуляції чисельності шкідника на рівні порога шкодочинності за мінімального використання хімічних засобів із застосуванням агротехнічних та механічних заходів.

Література

1. Кава Л.П. Шкідлива фауна суниці в умовах центрального лісостепу. *Захист рослин*. 2002. № 2. С. 120–123.
2. Станкевич С.В. Управління чисельністю комах-фітофагів : навчальний посібник. Харків : ФОП Бровін О.В., 2015. 178 с.
3. Яновський Ю.П. Видовий склад шкідників у промислових насадженнях суниці в Центральному Лісостепу України. *Уманський національний університет садівництва*. 2002. С. 105–114.
4. Яновський Ю.П. Західний травневий хрущ. Біологічні особливості розвитку в Центральному Лісостепу України. *Захист рослин*. 2000. № 11. С. 20–21.
5. Коханець О.М. Боротьба з шкідниками суниці. *Садівництво*. 1998. № 47. С. 133–137.
6. Гадзало Я.М. Інтегрований захист ягідних насаджень від шкідників у Північно-Західному Лісостепу і Поліссі України : навчальний посібник. Львів : Світ, 1999. 184 с.
7. Лапа О.М. Сучасні технології вирощування та захисту ягідних культур : навчальний посібник. Київ : Колобіг, 2006. 99 с.
8. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / за ред. В.П. Омелюти. Київ : Урожай, 1986. 2005. С. 23–24.

УДК 712
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.4

ДЕКОРАТИВНИЙ КАМІНЬ ЯК ОКРЕМА КАТЕГОРІЯ ГЕОТУРИСТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ: НАУКОВІ ПІДХОДИ, ПРИКЛАДНІ ЗАСОБИ ОЦІНКИ КАМ'ЯНИХ РЕСУРСІВ ТА ЇХ РОДОВИЩ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАТУСУ ГЛОБАЛЬНОГО (СВІТОВОГО) НАДБАННЯ: СВІТОВА І ВІТЧИЗНЯНА ПРАКТИКА

Тузяк Я.М.
Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. М. Грушевського, 4, 79005, м. Львів
yarynatuzyak@gmail.com

Серед мінерально-сировинних багатств України чільне місце посідає декоративний матеріал. Використання природного каменю відоме з давніх часів. Упродовж тисячоліть людство застосовувало його у будівництві, архітектурі, оздобленні, скульптурі, що знайшло своє відображення в архітектурних стилях міст, унікальність і неповторність яких становить історико-культурну й архітектурну спадщину країни і потребує охорони та ремонтно-реставраційних робіт із метою збереження. Одним із таких міст є м. Львів, яке у 1998 р. було внесене до Списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Однак, незважаючи на естетичну красу природного каменю, недооцінені його екологічні якості, які для урбанізованих систем мають велике значення.

Природний (декоративний) камінь, або кам'яні ресурси, у межах України представлений різними генетичними типами, які охоплюють значний віковий діапазон (від докембрію до антропогену) і мають широкий спектр застосування (зведення інженерних споруд, мощення вулиць, облицювання, різьблення та ін.). На сучасному етапі з'ясування походження природнього каменю окремо взятої історико-архітектурної пам'ятки має актуальне значення: 1) з метою ремонтно-реставраційних робіт; 2) розгляду ресурсів декоративного каміння як окремої категорії пам'ятки природи з наданням відповідного статусу надбання як унікального геооб'єкта; 3) визначення екологічних характеристик із метою оцінки їхнього впливу на довкілля; 4) для розширення культурно-освітнього світогляду громадськості.

У статті розглянуто декоративний камінь території України (на прикладі Рівненського базальту) як окрема категорія пам'яток природи. Запропоновано наукові підходи і прикладні засоби щодо оцінки кам'яних ресурсів і родовищ, з яких цей матеріал видобувався, для визначення статусу Глобального (Світового) надбання. Проаналізовано практику світової спільноти із зазначеної проблеми. Визначено характеристики і критерії, які використовують для надання кам'яним ресурсам і родовищам статусу Глобального (Світового) надбання. Наведено приклади кам'яних ресурсів і родовищ території Заходу України, які можуть розглядатися і бути включені у світову мережу зі статусом Глобального (Світового) надбання. *Ключові слова:* декоративний камінь, геотуристичний об'єкт, кам'яні ресурси, Рівненський базальт, базальтова бруківка.

Decorative stone as a separate category of geotouristic objects: scientific approaches, applied means of assessing stone resources and their provinces for determining the status of the Global heritage – world and domestic practice. Tuzyak Ya.

Among the mineral resources of Ukraine, decorative stone occupies a special place. Since ancient times, the use of natural stone has been known. For thousands of years, humanity has used it in construction, architecture, decoration, sculpture, which is reflected in the architectural styles of cities, the uniqueness and uniqueness of which constitutes the historical, cultural and architectural heritage of the country and requires protection and restoration work in order to preserve. One of these cities is Lviv, which was included in the UNESCO World Heritage List in 1998. However, given the aesthetic beauty of natural stone, its ecological qualities are underestimated, which are important for urbanized systems.

Natural stone or stone resources within Ukraine are represented by various genetic types that cover a significant age-old range (from Precambrian to Anthropogenic) and have a wide range of applications (construction of engineering structures, paving streets, cladding, carving, etc.). At the present stage, clarifying the origin of natural stone of a single historical and architectural monument is relevant: 1) for the purpose of repair and restoration work; 2) considerations the resources of building stones as a separate category of a natural monument with the provision of the corresponding status of the property as a unique geo-object; 3) determination of environmental characteristics in order to assess their impact on the environment; 4) to expand the cultural and educational worldview of the public.

The article considers the decorative stone of the territory of Ukraine (on the example of Rivne basalt) as a separate category of natural monuments. Scientific approaches and applied tools for assessment of stone resources and deposits from which this material was extracted are proposed to determine the status of the Global (World) treasure. The practice of the world community on this problem has been analyzed. The characteristics and criteria used to grant the status of the Global (World) Heritage to stone resources and deposits are defined. Examples of stone resources and deposits of the territory of the West of Ukraine are given, which can be considered and be included in the world network with the status of the Global (World) treasure. *Key words:* decorative stone, geotouristic object, stone resources, Rivne basalt, basalt paving.

Постановка проблеми. Природні багатства території України – унікальні і неповторні екоморфодинамічні системи (біологічні, геоморфологічні, геологічні) – це результат прояву комплексу природно-динамічних процесів і явищ різного вікового діапазону (від докембрію (мільярди років) до антропогену (десятки мільйонів років)). Комплекс геологічних об'єктів різних категорій сьогодні становить геотуристичний потенціал території України, зібраний у чотирьохтомному довідковому виданні «Геологічні пам'ятки України» [1–4]. Згідно з [11], до головних природних критеріїв, які сприяють визначенню пам'ятки природи або геотуристичного об'єкта і встановленню його категорії, належать такі:

– Об'єкт є природним феноменом або простором виняткової природної краси і естетичної важливості.

– Об'єкт є видатним зразком головних етапів історії Землі, зокрема пам'ятником минулого, символом геологічних процесів, що відбуваються, розвитку рельєфу або символом геоморфічних чи фізіографічних особливостей.

– Об'єкт є видатним зразком екологічних або біологічних процесів, які відбуваються в еволюції і розвитку земних, прісноводих, берегових і морських екосистем і рослинних і тваринних угруповань.

– Об'єкт включає найважливіше або найзначніше природне місце існування для збереження в ній біологічного різноманіття, зокрема зникаючих видів виняткової світової наукової цінності.

Окрім того, існує комплекс культурних критеріїв [11], які визначають категорії і статус історико-архітектурної спадщини окремої території чи країни.

Серед різноманіття екосистем України є окрема категорія об'єктів, яка заслуговує уваги, – це корисні копалини, що використовуються як унікальний декоративний матеріал. До цього кам'яного ресурсу належать породи різного генезису, геологічного віку й мають різне призначення в архітектурі й будівництві (рис. 1). Серед них є ті, які характеризуються тривалою історією використання й географічного поширення (використовувалися для спорудження пам'яток архітектури не лише на території України, а й за її межами) й є унікальними у своєму роді. А є група таких, які мали і надалі мають місцеве застосування. Наприклад, до першого типу будівельного матеріалу (або кам'яного ресурсу) можна віднести Рівненський базальт, Теребовлянський пісковик, мармуризований вапняк (фація амонітіко-россо/Ammonitico Rosso); до іншого типу – Житомирський граніт, оолітовий вапняк, алебастр та ін.

Актуальність дослідження. Пропозиція щодо позначення природного каміння, яке отримало широке застосування у культурі людської цивілізації, вперше обговорена наприкінці 2007 р. і вперше представлена на суспільному форумі 33-го Міжнародного геологічного конгресу у липні 2008 р. Упродовж наступних чотирьох років створено мережу міжнародних кореспондентів, поширені циркуляри, створений вебсайт й прийняті офіційні правила, які були націлені на створення й обґрунтування надання кам'яним ресурсам глобального надбання (Global Heritage Stone Resource). Проведення 34-го Міжнародного геологічного конгресу у липні 2012 р. під егідою Міжнародного союзу геологічних наук водночас із Міжнародною асоціацією інженерної геології й навколишнього середовища, Комісією з будівельного каміння й декоративних порід та Радою з управління була офіційно створена Цільова група С-10 з метою визначення і надання кам'яним ресурсам статусу Глобального надбання. На сучасному етапі визнано, що нововведення має вагоме значення як у плані пропозиції механізму сприяння збереженню кам'яних ресурсів, так і у плані формального визначення типів каміння у рамках достатньо жорстких параметрів, які значною мірою полегшують захист запропонованих понять. У майбутньому Раді з питань управління необхідно заохочувати й затверджувати «кандидатів» (природні об'єкти) з нового призначення. Окрім того, необхідно організовувати щорічні конференції з представленням результатів на міжнародному рівні [8].

В останні роки все більше природних об'єктів претендують на пам'ятки природи різного рівня надбання, у тому числі Глобального (Світового). На сучасному етапі з'явилася низка публікацій, присвячених дослідженню кам'яного матеріалу, який використовувався для будівництва, спорудження, зведення, мощення, облицювання та ін. історико-архітектурних пам'яток (окремих будівель, скульптур, бруківок чи, навіть, цілих населених пунктів (міст, містечок)). Цьому питанню присвячено чимало праць вітчизняних і закордонних дослідників. Ця проблема має велике значення для території України, оскільки часто виникають дискусії щодо визначення статусу пам'ятки природи. І в першу чергу це зумовлено відсутністю чітких критеріїв, які сприяли б ідентифікації/наданню природному (геологічному) об'єкту відповідного статусу. На сучасному етапі світова спільнота використовує низку показників (критеріїв) для внесення геооб'єктів у перелік Глобальної (Світової) спадщини.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. На нашу думку, використання цих показників у вітчизняній практиці:

1) полегшить процедуру визначення категорії об'єкта і сприятиме ефективнішому прийняттю рішень щодо встановлення його значення як пам'ятки природи;

2) сприятиме раціональному використанню надр, охороні навколишнього природного середовища, збереженню унікальних і неповторних природних об'єктів й закріпленню їхнього статусу не лише на місцевому, регіональному чи національному рівнях, а й обґрунтує статус пам'ятки природи для внесення у перелік Глобального надбання;

3) сприятиме запобіганню нелегального розроблення і контролю за видобутком родовищ корисних копалин;

4) сприятиме проведенню ремонтно-реставраційних робіт;

5) характеристика хімічного складу і фізико-технічних показників (параметрів) кам'яних ресурсів зумовить обґрунтування екологічних якостей будівельного матеріалу та його значення для урбанізованих територій;

6) сприятиме розвитку екскурсійно-туристичної сфери і створенню музейно-експозиційних заходів для розвитку культурної свідомості громадськості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз публікацій українських дослідників виявив, що головна їх частина за змістом відповідає вивченню і дослідженню походження тих чи інших кам'яних ресурсів, з яких споруджені історико-архітектурні пам'ятки. У своїх працях науковці намагалися з'ясувати переважно геологічні характеристики вихідного матеріалу і туристичне значення. Інша група публікацій присвячена обґрунтуванню надання тим чи іншим геологічним об'єктам статусу надбання з метою збереження і розкриття геотуристичного потенціалу. Третя група містить питання класифікації і систематизації природних пам'яток. Четверта присвячена історико-архітектурним аспектам походження пам'яток. Праці, які б висвітлювали підходи і засоби щодо надання кам'яному ресурсу і його родовищу статусу Глобального (Світового) надбання, відсутні. Серед закордонних публікацій, які торкаються цієї проблеми, можна зазначити такі, як Cooper, 2014 [8], Marker, 2014; 2015 [9; 10] та ін.

Головна мета статті полягала в акцентуванні уваги на кам'яних ресурсах (будівельних матеріалах (декоративному камінні)) і родовищах, з яких цей матеріал видобувався та використовувався для будівництва історико-архітектурних споруд культурного значення. Для здійснення мети виконано такі **завдання**:

1. Аналіз літературних джерел із зазначеної проблеми для визначення наукових підходів і прикладних засобів оцінки на рівні світового і вітчизняного застосування.

2. Виявлення характеристик і критеріїв, які використовуються для надання кам'яному ресурсу і родовищу, з якого цей матеріал видобутий, статусу надбання.

3. З'ясування світових підходів для надання кам'яному ресурсу і родовищу статусу Глобального (Світового) значення.

4. Огляд українських кам'яних ресурсів і родовищ із наведенням конкретних прикладів, які могли б претендувати на статус Глобального (Світового) надбання.

5. Розроблення критеріїв для визначення різного статусу надбання кам'яних ресурсів і родовищ.

Новизна. 1) Уперше застосовано світову практику для кам'яних ресурсів території України з метою оцінки і визначення критеріїв щодо визначення статусу Глобального (Світового) надбання; 2) уперше обґрунтовано статус Глобального (Світового) надбання Рівненського базальту (на прикладі базальтового покриття вулиць м. Львів); 3) уперше запропоновано створити експертну комісію з фахівців-геологів, істориків, реставраторів для проведення досліджень кам'яних ресурсів території України; 4) уперше обґрунтовано наукове і прикладне значення дослідження кам'яних ресурсів України.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати представленого у статті дослідження дають змогу реалізувати діяльнісний підхід із використанням світової практики до вирішення проблеми оцінки і визначення критеріїв кам'яних ресурсів території України з метою обґрунтування надання статусу глобального надбання.

Об'єктом дослідження слугували кам'яні ресурси і родовища, з яких вони видобуті, різного генетичного походження і геологічного віку, застосовані як будівельний (декоративний) матеріал різного призначення у спорудженні культурних пам'яток історико-архітектурної спадщини України (на прикладі базальтової бруківки м. Львів) (рис. 1). За кількістю і різноманіттям історико-архітектурних пам'яток визначне місце в Україні посідає м. Львів. Це сприяло внесенню Ансамблю історичного центру Львова до Списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Так, 5 грудня 1998 р. на засіданні Комітету світової спадщини у м. Кіото, Японія, ансамбль історичного центру Львова внесений до Списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Однак не менш значущі споруди (замки, палаци, фортеці, монастирі, віадуки, скульптури, монументи та ін.) культурно-історичного й освітнього значення зустрічаються в кожній області України. Тому не менш цікавим є знання, дослідження і походження будівельного (декоративного) матеріалу, з якого вони збудовані.

Методи дослідження становить система практичних, загально- та спеціальнонаукових засад, що забезпечують об'єктивний аналіз предмета досліджень, застосування наукових підходів і прикладних засобів світової спільноти в українській практиці.

Виклад основного матеріалу. На сучасному етапі міжнародна спільнота використовує такі поняття, як «кам'яні ресурси глобального надбання» (Global Heritage Stone Resources (GHSR)) і «кам'яні провінції глобального надбання» (Global Heritage Stone Provinces (GHSP)). Перше застосовують для означення каміння, що має значення для історико-архітектурної спадщини регіону і використовувалося або надалі використовується під час зведення будівель, скульптурного різьблення, облицювання, покриття та ін. і становить культурну спадщину тієї чи іншої території. Друге – означає охорону та раціональне використання регіонів (кар'єрів, копалень, каменоломень та ін.), з яких це каміння видобувалося чи надалі продовжує видобуватися.

Ці поняття були розроблені Цільовою групою кам'яного надбання і комісією C-10 (Heritage Stone Task Group (HSTG) of IUGS and Commission C-10 of IAEG (Cooper, 2014)) [8; 9]. Критерії можуть бути згруповані у такий спосіб (рис. 2):

Перш ніж будь-який будівельний (декоративний) камінь чи ресурси будуть офіційно вважатися винятковими, вони повинні відповідати або володіти певними фізико-технічними характеристиками, які можуть змінюватися залежно від генетичного типу кам'яного ресурсу і його призначення. Так, Marker (2014) [9; 10], досліджуючи вапняки (Бат Стоун і Пурбек Стоун, юра, Англія), запропонував комплекс критеріїв (технічних властивостей) щодо кам'яних ресурсів, яким повинні відповідати будівельні матеріали для отримання статусу глобального надбання (GHSR) з умовою зміни або уточнення.

Рис. 1. Об'єкт досліджень – кам'яні ресурси (а, г, е) і родовища (б, в, д, є, ж, з) різного генетичного типу
і вікового діапазону, використані для зведення історико-архітектурних пам'яток

Легенда до рис. 1: а – Рівненський базальт (Івано-Долинське родовище, магматичні породи основного складу, ранній венд (едіакарій)); б, в – базальтова бруківка, вулиця С. Бандери, м. Львів; г – Теребовлянський пісковик (кар'єр м. Теребовля, девон); д – віадук 19 ст. біля с. Кровинка, Теребовлянський район, Тернопільська обл.; е – мармуризований вапняк (урочище Камінці, с. Новоселиця, Тячівський кар'єр, Альпійська фація Ammonitico Rosso, юра); є, ж – фрагмент облицювальної плити з амонітами (Альпійська фація Ammonitico Rosso) у вестибюлі Київського метрополітену, станція «Університет» (фото Т. Шевченко); з – Лев Лоренцовича, м. Львів (родовище алебастру в с. Черніїв, Тисменицький район, Івано-Франківська область); и, і – фрагмент автентичного муру княжих часів нижня частина основа – онколітові (літотамнієві (водоростеві) вапняки, неоген, міоцен); середня частина муру – пісковики, вапняки, неоген, міоцен; верхня частина – цегляна; й–м – колодязі-фонтани Нептун, Амфітрита, Діана, Адоніс, вапняк? Скульптури встановлені в першій половині XIX ст. німецьким скульптором Г. Вітвером

Характеристика технічних властивостей вапняків за (Marker, 2014) [9, 10].

Товщина шарів/пластів, см

Довжина, см

Розмір блоку, м^3

Пористість за обсягом, %

Коефіцієнт насичення

Водопоглинання у масі, %

Об'ємна питома вага, кг/м^3

Щільність (BSEN 1936), кг/м^3

Міцність стискання, МПа

Міцність деформування, МПа

Теплопровідність (BSE12524), кг

Кам'яні ресурси, які відповідають вищенаведеним вимогам (критеріям) (табл. 1):

а) використовуються впродовж тривалого часу (століть, тисячоліть) і були головними добувними галузями в окремі відрізки часу;

б) мали велике значення як для ремонтних робіт, так і для технічного обслуговування знакових споруд, а також для зведення будівель у місцевих стилях, які гармоніювали із загальною архітектурою;

в) мають високі фізико-хімічні показники;

г) видобуток яких не припинявся і продовжується надалі без суттєвого негативного впливу на навколишнє середовище;

ґ) мають комерційне значення – більша частина з них призначена для спорадичних контрактів на ремонт і технічне обслуговування, у той час, щоб бути економічно життєздатними, добувні операції яких також залежать від контрактів на зведення нових споруд із метою забезпечення більш стабільних і контрольованих рівнів продажу. Будівельний (декоративний) матеріал, який відповідає вищенаведеним характеристикам, може розглядатися як кам'яні ресурси глобального надбання (Global Heritage Stone Resources (GHSR)), а родовища, з яких ці ресурси добуваються, – як кам'яні провінції глобального надбання (Global Heritage Stone Provinces (GHSP)).

Рис. 2. Модель наукового підходу і прикладні засоби щодо оцінки статусу кам'яного ресурсу

Кам'яні ресурси України (на прикладі базальтового родовища на Рівненщині)

Коротка історична довідка. Історія дослідження базальтових покладів на Поліссі сягає глибокої давнини. Є згадки про те, що ці поклади відомі людям ще з 1835 р. Відомий дослідник, пер-

Таблиця 1

Порівняння критеріїв кам'яних ресурсів для визначення статусу глобального надбання (GHSR)

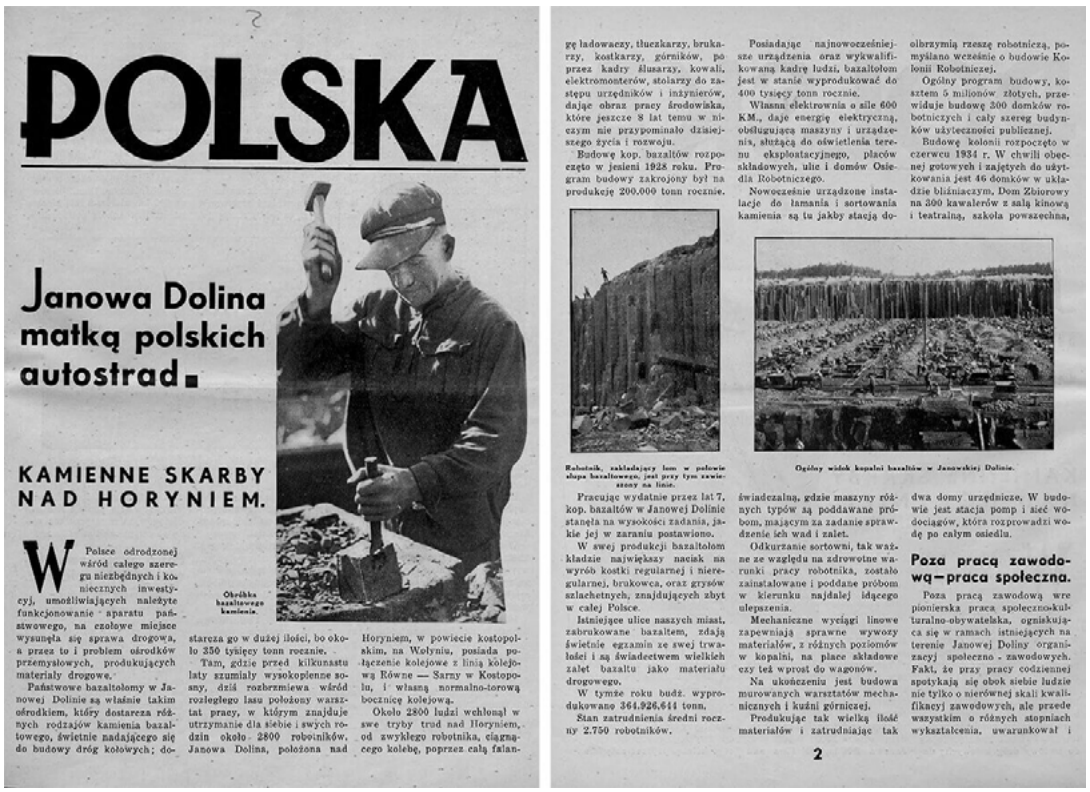
№ з/п	Критерії	Характеристика
1.	Тривале історичне використання впродовж тривалого періоду	Використання різними культурами, державними устроями (сотні, тисячі років) / Переважно місцеве використання
2.	Широке географічне застосування	Не лише на теренах України, а й за її межами
3.	Використання у значних державних або промислових проєктах	Основне використання в місті Світової спадщини та багатьох історичних будівлях / Переважно у невеликому масштабі, але включає деякі визначні давні пам'ятники, скульптури; використовується для декоративних цілей у багатьох великих будівлях.
4.	Загальне визнання як культурної ікони	Широке визнання (у різних сферах – будівництві, різьбленні, оздобленні, мощенні і т.д.) / Менш визнаний (вузьке застосування)
5.	Продовження розроблення кар'єрів та їх доступність	Нині видобувається і забезпечене майбутнє за умови постійного високого попиту / Припинення видобутку, помірний попит
6.	Потенційні вигоди (культурні, наукові, екологічні і/або комерційні)	Посилення поточного статусу

ший директор Національного геологічного музею України, професор Київського університету, академік П. Тутковський уважав, що перші каменярні в Берестовці було закладено в 1858 р. У геологічній літературі XIX ст. поклади базальту над Горинню часто називали «Берестовецьким феноменом», тобто унікальним явищем природи. Рівненський базальт досліджували А.К. Тишецький (1862), В.І. Блюмель (1876), О.П. Карпінський (1917–1936), В.І. Вернадський (1919–1921), П.А. Тутковський (1912), Є.К. Лазаренко (1951–1963).

У 20–30-х роках XX ст. Рівненські базальти були у центрі уваги багатьох польських геологів (Ч. Кужніяр, М. Каменський, Ю. Токарський, С. Малковський та ін.). У геологічних часописах Польщі того періоду висвітлювалися різні аспекти вивчення базальтів.

Рис. 3. Каменоломня базальту, Янова Долина, Рівне

Рис. 4. Видобуток базальту в каменоломні Янова Долина, Рівне



POLSKA

Janowa Dolina matką polskich autostrad.

KAMIENNE SKARBY NAD HORYNIEM.

W Polsce odrodzonej wśród całego szeregu niezbędnych i koniecznych inwestycyj, umożliwiających należyte funkcjonowanie aparatu państwowego, na czołowe miejsce wysunęła się sprawa drogowa, a przez to i problem ośrodków przemysłowych, produkujących materiały drogowe.

Państwowe bazaltolomy w Janowej Dolinie są właśnie takim ośrodkiem, który dostarcza różnych rodzajów kamienia bazaltowego, świetnie nadającego się do budowy dróg kołowych; dostarcza go w dużej ilości, bo około 350 tysięcy tonn rocznie.

Okruchy bazaltowego kamienia.

Tam, gdzie przed kilkunastu laty szumiały wysokopienne sosny, dziś rozbrzmiewa wśród rozległego lasu położony warsztat pracy, w którym znajduje utrzymanie dla siebie i swych rodzin około 2800 robotników. Janowa Dolina, położona nad Horyniem, w powiecie kostopolskim, na Wołyniu, posiada połączenie kolejowe z linią kolejową Równe — Sarny w Kostopolu, i własną normalno-torową bocznicę kolejową.

Około 2800 ludzi wchłonął w swe tryby trud nad Horyniem, od zwykłego robotnika, ciągnącego kolebę, poprzez całą falangę ładowaczy, tłuczkarzy, brukarzy, kostkarzy, górników, po przez kadry ślusarzy, kowali, elektromonterów, stolarzy do zastępu urzędników i inżynierów, dając obraz pracy środowiska, które jeszcze 8 lat temu w niczym nie przypominało dzisiejszego życia i rozwoju.

Budowę kop. bazaltów rozpoczęto w jesieni 1928 roku. Program budowy zakrojony był na produkcję 200.000 tonn rocznie.

Robotnik, zakładający lont w połowie słupa bazaltowego, jest przy tym zawieszony na linie.

Pracując wydatnie przez lat 7, kop. bazaltów w Janowej Dolinie stanęła na wysokości zadania, jakie jej w zaraniu postawiono.

W swej produkcji bazaltołom kładzie największy nacisk na wyrób kostki regularnej i nieregularnej, brukowca, oraz grysów szlachetnych, znajdujących zbyt w całej Polsce.

Istniejące ulice naszych miast, zabrukowane bazaltem, zdają świetnie egzamin ze swej trwałości i są świadectwem wielkich zalet bazaltu jako materiału drogowego.

W tymże roku budż. wyprodukowano 364.926.644 tonn.

Stan zatrudnienia średni roczny 2.750 robotników.

Posiadając najnowocześniejsze urządzenia oraz wykwalifikowaną kadrę ludzi, bazaltołom jest w stanie wyprodukować do 400 tysięcy tonn rocznie.

Własna elektrownia o sile 600 KM., daje energię elektryczną, obsługującą maszyny i urządzenia, służącą do oświetlenia terenu eksploatacyjnego, placów składowych, ulic i domów Osiedla Robotniczego.

Nowocześnie urządzone instalacje do łamania i sortowania kamienia są tu jakby stacją doświadczalną, gdzie maszyny różnych typów są poddawane próbom, mającym na zadanie sprawdzenie ich wad i zalet.

Odkurzanie sortowni, tak ważne ze względu na zdrowotne warunki pracy robotnika, zostało zainstalowane i poddane próbom w kierunku najdalej idącego ulepszenia.

Mechaniczne wyciągi linowe zapewniają sprawne wywozy materiałów, z różnych poziomów w kopalni, na place składowe czy też wprost do wagonów.

Na ukończeniu jest budowa murowanych warsztatów mechanicznych i kuźni górniczej.

Produkując tak wielką ilość materiałów i zatrudniając tak olbrzymią rzeszę robotniczą, pomyślano wcześnie o budowie Kolonii Robotniczej.

Ogólny program budowy, kosztem 5 milionów złotych, przewiduje budowę 300 domków robotniczych i cały szereg budynków użyteczności publicznej.

Budowę kolonii rozpoczęto w czerwcu 1934 r. W chwili obecnej gotowych i zajętych do użytkowania jest 46 domków w układzie bliźniaczym, Dom Zbiorowy na 300 kawalerów z salą kinową i teatralną, szkoła powszechna, dwa domy urzędnicze. W budowie jest stacja pomp i sieć wodociągów, która rozprowadzi wodę po całym osiedlu.

Ogólny widok kopalni bazaltów w Janowskiej Dolinie.

Poza pracą zawodową—praca społeczna.

Poza pracą zawodową wre pionierska praca społeczno-kulturalno-obywatelska, ogniskująca się w ramach istniejących na terenie Janowej Doliny organizacyj społeczno - zawodowych. Fakt, że przy pracy codziennej spotykają się obok siebie ludzie nie tylko o nierównej skali kwalifikacyj zawodowych, ale przede wszystkim o różnych stopniach wykształcenia, uwarunkował i

2

Рис. 5. «Газета Польська», у якій розміщено статтю про Янову Долину – матір П ольських автострад

Джерела фото: wolyn.freehost.pl, NAC, kresowianie.info, wolhynia.pl

Результати геологічних досліджень базальтів Полісся викладено у монографіях і науково-довідкових виданнях.

Історія експлуатації базальтів. У праці П. Кононця зазначено: «Із давніх-давен тут видобували базальт. У міжвоєнний період тут працювало найбільше підприємство Волинського воєводства і найбільший у тодішній Польщі базальтовий кар'єр. Залізничним сполученням Янова Долина – Костопіль щодня постачали продукцію до станції в Костополі, а далі – до Європи. Вулиці й площі Праги, Парижа, Варшави, Брюсселя, Кракова, Відня, Люксембурга, Лондона вимощено Рівненським базальтом».

Волинський камінь почав завойовувати європейський ринок. Польща відмовилася від поставок базальту зі Швеції і мала великі прибутки від власних копалень площею 250 га. Як зазначали, це було одне з найбільших родовищ, яке не мало аналогів в Європі. За місцевими переказами базальти Івано-Долинського родовища почали використовувати у будівництві ще з 1635 р. [6].

Подивитися на унікальне робітниче містечко Янова Долина і перейняти досвід приїжджали цілі делегації, про нього писала центральна польська преса. На міжвоєнній Рівненщині воно було взірцем організації праці, побуту і відпочинку в Східній Європі. «Газета Польська» називала Янову Долину матір'ю польських автострад (рис. 3–5).

У Яновій Долині добували базальт і в часи Російської імперії, але тільки польський уряд у 1928 р. розгледів справжню цінність тамтешніх неродючих земель. Замість, як раніше, закуповувати базальт у Швеції, польська влада розгорнула широкомасштабний видобуток каменю на Рівненщині. До 1934 р. в каменоломнях Янової Долини працювали тисячі робітників.

Тоді виникла ідея збудувати там робітниче селище на площі 107 га. За основу взяли креативну розробку австрійського архітектора Адольфа Лооса.

За іншими джерелами [12], наприкінці XVIII ст. перший поклад унікального каменю вулканічного походження – базальту було виявлено у селі Берестовець на Костопільщині. У звіті геологорозвідувальних робіт за 1956 р. зазначено, що «…відповідно до розповідей місцевих жителів, які були передані усно, першовідкривачем базальту був сільський житель на прізвище Корейчук, який вирішив викопати у своєму садку колодязь, але натрапив на незвичайний, дуже твердий камінь чорного кольору».

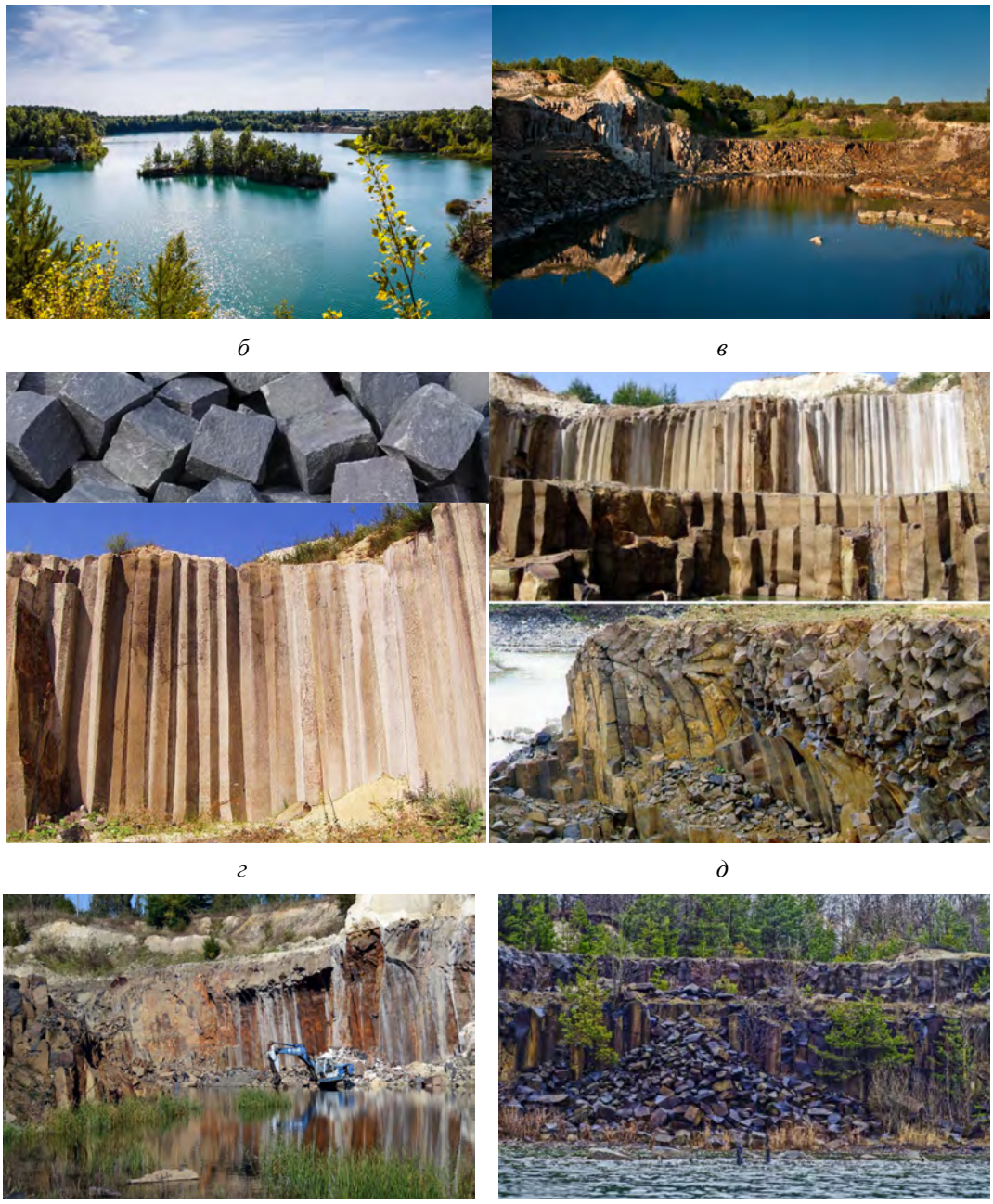
Перші невеликі кам'яні копальні у Берестовці почали виникати з 1835 р. До 1882 р. промислового видобутку не проводили. У 1882–1884 рр. родовище почали експлуатувати кілька російських підприємців, а згодом до 1914 р. – підприємець Вигас.

1920 р., коли західні землі стали частиною Польщі, почалося активне вивчення, дослідження

а

і розроблення базальтів Берестовця і Янової Долини. Після того як «Товариство експлуатації каменоломень» із Кракова придбало дільниці у землевласників Мадейських, було започатковано по-справжньому промислове розроблення берестовецьких базальтів. 1929 р. з Берестовця до Костополя прокладено вузькоколійку, завдяки цьому було створено ідеальні умови для експорту базальту.

1927 р. у кар'єрі працювало вже 400 робітників, які щомісяця видобували до 10 тис т каменю. Основна його маса йшла на покриття доріг, брукування вулиць. Із Польщі була привезена і змонтована дробарна установка для виготовлення щебеню.



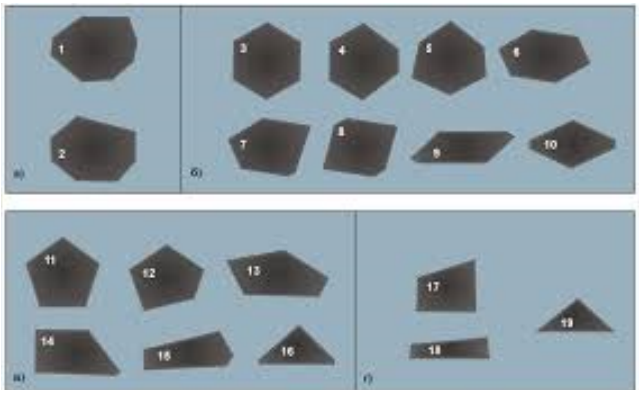
б *в*

г *д*

е *є*

Рис. 6. Фотогалерея базальтових стовпів (Івано-Долинське родовище), Рівненська обл.

ж *з*



и

Продовження рис. 6. Фотогалерея базальтових стовпів (Івано-Долинське родовище), Рівненська обл.

Легенда до рис. 6: а–в – панорама кар'єрів № 3–5 (джерело фото https://rivne.media/news/zavorozhuyuchi-foto-bazaltovikh-stovpiv-na-rivnenshchini); г–є – свіжа (чорна) і звітріла (бура) поверхні базальтів з чіткою стовпчастою окремістю; ж – стінка (борт) кар'єру, складений базальтами з чітко вираженою окремітю; з – тип границі між потоками у східній стінці кар'єру № 4. Нижній потік складений базальтами з грубостовпчастою окремістю, верхній – неясностовпчастою, що переходить у брилову. Границю потоків показано штрих-пунктирною лінією, напрям падіння стовпів – стрілками [7]; и – форма базальтових стовпів у поперечному перетині (а) 1 – сплощений восьмигранник, 2 – сплощений семигранник; б) 3 – правильний шестигранник, 4, 5 – неправильні шестигранники, 6 – сплощений шестигранник, 7 – неправильний шестигранник з однією редукованою гранню, 8 – неправильний шестигранник з двома редукованими гранями (наближений до паралелепіпеда), 10 – сплощений шестигранник з двома редукованими гранями (наближений до ромба); в) 11 – правильний п'ятигранник, 12 – неправильний п'ятигранник, 13, 14, 15 – сплощені п'ятигранники звичайно з однією редукованою гранню, 16 – п'ятигранник з двома редукованими гранями (наближений до трикутника), 17 – неправильний чотиригранник, 18 – сплощений чотиригранник, 19 – тригранник) [7]

Основною продукцією базальтових копален були шашка грубоколота, шашка для покриття доріг, бруківка для вулиць і майданів, бутовий камінь для фундаментів і щебінь. Також виготовляли мозаїку для брукування пішохідних доріжок біля адмінприміщень та панських маєтків. Берестовецьким каменем вимощені вулиці й майдани багатьох європейських столиць: Варшави, Парижа, Люксембурга, Женеви, Красна площа у Москві. У селі були побудовані адмінприміщення управління копальнями, допоміжні та житлові приміщення, стадіон.

Видобувати базальт прибували робітники з різних європейських країн: Франції, Нідерландів, Німеччини та ін. До Другої світової війни в Берестовці проживали люди кількох національностей. Неподалік села були дві німецькі колонії, а також польські поселення. Із 1939 по 1941 р. розроблення родовищ проводив Білоруський військовий округ. У період німецької окупації на виробництві базальту здебільшого використовувалася праця військовополонених. Із 1944 р. кар'єри знову були підпорядковані Білоруському ВО, згодом – Шосдору МВС СРСР. Видобувають камінь і нині.

У 1972 р. геологічний заказник «Базальтові стовпи» отримав природоохоронний статус (рис. 6). Це комплексна геологічна пам'ятка природи – стратиграфічна, мінералогічна, петрографічна, палеовулканічна, – розташована на території Івано-Долинського родовища базальтів, у віданні ПАТ «Івано-Долинський спецкар'єр».

Фізико-механічні властивості і хімічний склад кам'яного ресурсу

Базальти родовища характеризуються такими фізико-механічними показниками якості і хімічним складом (табл. 2, 3).

За результатами розрахунку середньозваженого вмісту всі компоненти відповідають вимогам ТУ У 88 023.022-96 «Сырье из горных пород для производства штапельных волокон». За результатами лабораторних аналізів встановлено, що базальти родовища характеризуються стабільним хімічним складом за вмістом основних компонентів і мають суттєві переваги над аналогічними родовищами базальтів.

Таблиця 2

Хімічний склад базальтів [5]

Найменування компонентів	Технічні вимоги				Вміст компонентів, %			
	за ТУ У 023.022-96 для штапельних волокон		за ТУ У 023.019-95 для неперервних волокон		по родовищу		у контурі підрахунку запасів петрургійної сировини	
	від	до	від	до	від	до	від	до
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO_2	43,0	51,0	47,5	55,0	45,97	53,0	45,97	51,1
Al_2O_3	10,0	17,0	14,0	20,0	10,95	15,54	10,95	14,75
Fe_2O_3+FeO	10,0	18,0	7,0	13,5	12,73	15,39	13,5	15,39
TiO_2	0,2	3,0	0,2	2,0	2,26	3,09	2,45	3,09
CaO	8,0	13,0	7,0	11,0	5,94	11,1	8,27	9,99
MgO	4,0	15,0	3,0	8,5	3,1	8,29	4,0	6,75
SO_3	не більше 0,1		не більше 0,2		0,01	0,97	0,01	0,97
K_2O+Na_2O	2,0	5,0	2,5	7,5	2,0	3,77	2,06	3,47
MnO	не більше 0,4		не більше 0,25		0,02	0,69	0,04	0,43
в. п. п.	не більше 5,0		не більше 5,0		0,1	3,36	0,15	3,36

Таблиця 3

Характеристика технічних властивостей базальтів (Івано-Долинське родовище, Костопільський район, Рівненська область) [5]

№ з/п	Назва технічних властивостей	Одиниці виміру
1	Загальні запаси	Понад 10 млн $м^3$
2	Різновиди сировини	Скелі (моноліти) 95%, стовпи 5%
3	Форма поперечного перерізу стовпів	Від 4- до 7-гранних
4	Товщина	0,6–1,2 м (переважають стовпи товщиною 0,8–1 м)
5	Висота	3–22 м
6	Дійсна густина	2,3–2,96 $г/см^3$
7	Середня густина	2840–2939 $кг/м^3$
8	Пористість (загальна)	0,71–2,51%
9	Коефіцієнт зменшення міцності за насичення водою	0,9–0,97
10	Водопоглинання	0,18–0,84%
11	Об'ємна питома вага	$кг/м^3$
12	Щільність (BSEN 1936)	$кг/м^3$
13	Межа міцності на стискання:	
14	у повітряно-сухому стані	2582–4183 $кгс/см^2$
15	у водонасиченому стані	2327–4049 $кгс/см^2$
16	Марка породи за міцністю у водонасиченому стані	1400 (за ТУ У 21-10-69-89 «Камінь бутовий. Технічні умови»)
17	Теплопровідність	0,032–0,048 $Вт/(м^2*К)$
18	Радіоактивність	низька природна 250,0–370,0 Бк/к., що належить до I класу будівельних матеріалів і підходить для всіх видів будівництва без обмежень
19	Супутні корисні копалини, мінерали	Гірський кришталь, малахіт, лазурит, яшма та ін.

Усі зразки базальтів витримали 50 циклів заморожування та розморожування у воді без видимих ознак руйнувань. Витрата в масі після заморожування відсутня. Межа міцності на стиск після визначення морозостійкості становить – 2695–3754 кгс/см^2. Втрата міцності після 50-ти циклів заморожування становить 1,03–13,12%, що відповідає вимогам ДСТУ Б EN 1467:2007 «Камінь природний. Блоки необроблені. Вимоги (EN 1467:2007, ІДТ)» і свідчить про морозостійкість базальтів родовища (марка F-50). Утрата в масі під час випробування на колі стирання становить 0,48–0,64%, що відповідає помірному механічному впливу (інтенсивність руху – від 500 до 1000 люд./год.). Отримані показники фізико-механічних властивостей корисної копалини свідчать про їх стабільність і витриманість як по площі, так і на глибину, що вказує на однорідність товщі корисної копалини.

Оцінка екологічних властивостей базальту та його значення для брукування вулиць урбанізованого простору з метою створення комфортного середовища проживання

З огляду на високий ступінь твердості, легко обробляється і піддається поліруванню. У період обмежених технічних засобів базальт являв собою ідеальний камінь, який розколювався на куби чи паралелепіпеди з використанням підручних засобів. Стійкий в умовах впливу зовнішніх чинників середовища. Належить до антикорозійного покриття, яке є стійким до впливу хімічних речовин (кислот, лугів та інших агресивних середовищ), до різних механічних пошкоджень (стирання) та впливу атмосферних явищ або перепадів температур, володіє хорошими показниками теплоізоляції і звукопоглинання. Матеріал міцний, має високий ступінь експлуатації. Ураховуючи те, що в процесі обробки базальт розплавляють під

Таблиця 4

Опис кам'яних ресурсів за встановленими критеріями (на прикладі базальтової бруківки м. Львів)

№ з/п	Критерії	Характеристика
1	Історичне використання упродовж тривалого періоду	Видобування почалося понад 150 років (1861) або кілька століть тому (Австро-Угорська імперія, Російська імперія, Польща, Україна). Офіційно розроблення ведеться з 1908 р.
2	Широке географічне застосування	Брукування вулиць м. Львова (Україна), а також європейських міст: Варшави, Кракова, Парижа, Люксембурга, Женеви, Красна площа у Москві.
3	Використання у значних державних або промислових проектах	Основне використання у містах Світової спадщини: Львів, Париж, Лондон, можливо ін. Відень, Краків, Прага.
4	Загальне визнання як культурної ікони	Широке визнання у мощенні вулиць.
5	Продовження розроблення кар'єрів та їх доступність	Функціонують кар'єри 2, 4, 5.
6	Потенційні вигоди (культурні, наукові, екологічні і/або комерційні)	Комерційні – основні види продукції: щебінь різних фракцій, базальт. сировина для каменеливар. з-дів, формак, бруківка, шашка, бут, базальт. висівки, базальт. крихта, товари нар. споживання (надмогил. пам'ятники, квітк. бордюри, облицювал. плитка та ін.).

Таблиця 5

Екологічні і біологічні властивості базальтів

№ з/п	Найменування властивості	Характеристика
1	Незаймистість	Належить до негорючого класу будматеріалів, екологічно безпечний і вогнетривкий (максимально безпечний у разі пожеж та спалахів), витримує температури понад 840 градусів без плавлення.
2	Високі показники звуко- і теплоізоляції	Поглинає шум (від 43 дБ до 60 дБ) і мінімізує тепловтрату, підтримує комфортну температуру (взимку теплу, влітку прохолодну) – 0,039 Вт/ м^2*К. Для порівняння теплоізоляція асфальтобетону – 1,05 Вт/м^2*К.
3	Паропроникність	Аналогічна паропроникності повітря, тобто ідеальна для житлових приміщень.
4	Вологопоглинання	При 90% вологості поглинає 0,004% вологи від обсягу матеріалу.
5	Сорбційна вологість	Менше 0,5%
6	Високі щільність і опір	Зберігають свої первинні властивості – стійкі до тертя, руйнування, просідання, розчинення (понад сотні років).

Таблиця 6

Переваги використання брукованого покриття проти асфальтобетонного

№ з/п	Особливості	Бруковане покриття	Асфальтобетонне покриття
1	Використання	Багаторазове	Одноразове
2	Термічний опір	Не нагрівається	Нагрівається
3	Запах	Не виділяє	Виділяє
4	Стійкість до впливу навколишнього середовища	Не руйнується, стійке	Руйнується, плавиться, не стійке
5	Вологопоглинання	Не поглинає	Поглинає
6	Вогнестійкість	Стійке	Не стійке
7	Екологічне значення	Екологічно безпечний	Екологічно небезпечний

впливом температури до +1280°С, цей камінь також вирізняється високими показниками вогнестійкості. Також базальт є екологічно безпечним матеріалом (табл. 5): він не накопичує радіоактивних речовин та вирізняється високою діелектричною проникністю. Якщо цей камінь був використаний для внутрішнього облицювання приміщень, то його дуже легко очистити у процесі експлуатації. Також легкою буде й обробка поверхні каменю: шліфування, полірування та порізка. Базальт міцний і характеризується тривалим терміном експлуатації, тому стійкість до руйнування – це один із показників використання для вуличного покриття. Наглядним прикладом є базальтова бруківка м. Львова, яка використовується понад 150 років і вимощує вулиці, які піддавалися і піддаються високій транспортній експлуатації.

На сучасному етапі з базальту виготовляють такі елементи, як колони, сходинки, вуличні скульптури, мости і фонтани, цей камінь використовується для облицювання фасадів та мощення садових доріжок.

Внаслідок прояву у м. Львів процесів суфозії (фізичне (механічне) руйнування гірських порід із вимиванням фільтраційними водними потоками часток мінеральної речовини різних розмірів і формуванням «механічного (фізичного) стоку») з утворенням провалля, що зумовлено особливостями геолого-геоморфологічної будови території, покриття вулиць базальтовою бруківкою є оптимальним варіантом. оскільки провалля, які формуються внаслідок вимивання, впливають на естетичний вигляд вулиць, знижують рух транспорту, перешкоджають громадському пересуванню. У такому разі це легко усунути за брукованого покриття, ніж за асфальтобетонного. У місцях, які зазнали прояву процесів суфозії (наявність провалля), достатньо перестелити бруківку, ніж ремонтувати цілу вулицю, оскільки фрагментарні ремонти асфальтобетону зумовлюють втрату естетичного вигляду. Також брукована поверхня сприяє швидкій заміні чи ремонту (у разі прориву) теплових мереж (комунікацій), що дає можливість швидкого реагування і багаторазового використання бруківки.

Особливості асфальтобетонного покриття. Нагрівається у літній період до прояву плавлення, виділення додаткового тепла і, відповідно, підвищення температури повітря. Замерзає взимку з утворенням крижаної кірки (гололедиця). Утворення шкідливих випарів із неприємним запахом. Низький коефіцієнт стійкості до хімічних речовин, експлуатації (швидке руйнування), виключення повторного покриття (одноразове).

Порівняння брукованого й асфальтобетонного покриття наведено в табл. 6.

Головні висновки. Проведені дослідження сприяли отриманню таких висновків:

1. За усіма показниками (табл. 2, 3, 5, 6) базальтове покриття є оптимальним для урбанізованих територій.

2. За критеріями оцінки кам'яних ресурсів може претендувати на статус Глобального надбання (табл. 4).

3. На державному рівні має бути створена експертна комісія з фахівців-геологів, істориків, реставраторів для проведення досліджень кам'яних ресурсів, використаних у будівництві історико-архітектурних пам'яток, із метою з'ясування їхнього походження, стану, можливості реставраційних робіт (заміну окремих елементів чи використання покриття для запобігання подальшому руйнуванню (для кам'яних ресурсів, які піддаються руйнуванню під дією зовнішніх чинників середовища), контролювання видобутку в межах родовищ, визначення хімічних, фізико-механічних показників і властивостей матеріалу та критеріїв для встановлення їхнього статусу надбання.

4. Необхідно створити реєстри історико-архітектурних пам'яток із детальним описом кам'яних ресурсів, з яких вони зведені, та родовищ, з яких вони видобуті.

5. Необхідно визначити екологічні і біологічні властивості кам'яних ресурсів для визначення впливу на навколишнє середовище і стан здоров'я населення.

6. Необхідно обґрунтувати збереження і статус кам'яних ресурсів та їх раціональний видобуток.

7. Необхідно укласти атласи із зображенням історико-архітектурних пам'яток з описом кам'яних ресурсів (будівельного/декоративного матеріалу) та родовищ для розвитку світогляду громадськості. Можливість використання зібраного матеріалу у проведенні екскурсій як у межах міста так і в межах родовищ. Створення музейних експозицій у навчальних і культурно-освітніх закладах з використанням експонатів порід, використаних як кам'яні ресурси (будівельний/декоративний матеріал) для зведення історико-архітектурних пам'яток.

Література

1. Геологічні пам'ятки України : у 4-х т. / за ред. В.І. Калініна, Д.С. Гурського. Київ : ДІА, 2006. Т. І. 320 с.
2. Геологічні пам'ятки України : у 4-х т. / за ред. В.І. Калініна, Д.С. Гурського. Київ : ДІА, 2007. ІІ. 320 с.
3. Геологічні пам'ятки України : у 4-х т. / за ред. В.І. Калініна, Д.С. Гурського. Львів : Панорама, 2009. Т. ІІІ. 200 с.
4. Геологічні пам'ятки України : у 44-х т. / за ред. В.І. Калініна, Д.С. Гурського. Львів : ЗУКЦ, 2011. Т. IV. 280 с.
5. Звіт з оцінки впливу на довкілля планованої діяльності Івано-Долинського родовища базальтів в Костопільському районі Рівненської 2019743996 (реєстраційний номер справи про оцінку впливу на довкілля планованої діяльності) області. Рівне, 2020. 273 с.
6. Кононець П. Туристичні маршрути Костопільщини. *Історія музейництва, пам'яткоохоронної справи, краєзнавства і туризму в Острозі та на Волині*. 2011. С. 349–356.
7. Лисенко О.А., Меркушин І.Є. Геологічні пам'ятки «Базальтові стовпи» Іванової Долини. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. № 3/13. Київ, 2013. С. 98–111.
8. Cooper B.J. The «Global Heritage Stone Resource» designation: past, present and future. *Geological Society, London, Special Publications*. 407. 2014. P. 11–20. URL: https://doi.org/10.1144/SP407.5.
9. Marker B.R., Pereira D., Kramer S., Cooper B.J., Schouenborg B.E. Procedures and criteria for the definition of Global Heritage Stone Resources. *Geological Society, London, Special Publication*. 407. 2014. P. 1–9. URL: https://doi.org/10.1144/SP407.18.
10. Marker B.R. Bath Stone and Purbeck Stone: A comparison in terms of criteria for Global Heritage Stone Resource Designation. *Episodes* 38 (2): 2015. P. 118–123.
11. The Criteria for Selection. To be included on the World Heritage List, sites must be of outstanding universal value and meet at least one out of ten selection criteria. URL: http://whc.unesco.org/en/criteria/ (дата звернення: 12.02.2021).
12. Янова Долина між розквітом і трагедією. URL: http://retrorivne.com.ua/janova-dolina-mizh-rozkvitom-i-tragediieju-mistechko-jakomu-divuvalisja-navit-u-ievropi/ (дата звернення: 31.01.2021).

УДК 504.05:504.064.2:574
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.5

ВІДБІР ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Черба О.В.
Науково-дослідна установа
«Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»
вул. Бакуліна, 6, 61166, м. Харків
o.cherba@gmail.com

У статті наведено основні конструкції, які використовуються під час проведення оцінок стану довкілля; запропоновано методику інтегральної оцінки антропогенного впливу на довкілля, основану на використанні екологічних показників. В останні роки в Україні прийнято велику кількість законів та ратифіковано багато міжнародних протоколів, в яких йдеться про необхідність проведення оцінок екологічного стану територій для здійснення державного планування та прийняття обґрунтованих управлінських рішень у сфері екології. Особливо це стосується рішень, які приймаються на міжнародному рівні та в умовах транскордонного співробітництва. У них також наголошується, що громадськість країни не повинна залишатися осторонь. Населення країни має мати доступ до екологічної інформації та можливість висловлювати свою думку. Представлений підхід дає змогу надавати повну та достовірну інформацію про техногенне навантаження на навколишнє природне середовище, ступінь забрудненості довкілля та ефективність ужитих природоохоронних заходів; сприяє інформованості громадськості про екологічні проблеми; допомагає підвищити ефективність діяльності органів державної влади та оперативність прийняття рішень на території України та у транскордонному контексті. Інтегральна оцінка сформована з оцінок антропогенного впливу на окремі геосфери, такі як атмосфера, гідросфера, літосфера, та основних джерел надходження забруднюючих речовин у навколишнє природнє середовище. На основі даної методики можна інформувати населення про забрудненість довкілля на будь-якій адміністративній території чи в Україні у цілому, порівнювати регіони поміж собою, визначати ті з них, що знаходяться в найгіршому стані, приймати рішення щодо проведення профілактичних заходів. Використаний підхід рекомендовано Європейською економічною комісією ООН як сучасний та перспективний напрям оцінки стану довкілля та впливу на нього. *Ключові слова:* інтегральна оцінка, екологічний показник, доступ до інформації, конструкція DPSIR.

Selection of environmental indicators for integrated assessment of anthropogenic impact on the environment. Cherba O.
The article presents the main constructions used in conducting environmental assessments proposes a methodology for integral assessment of anthropogenic impact on the environment, based on the use of environmental indicators. In recent years, Ukraine has adopted a large number of laws and ratified many international protocols, which refer to the need to conduct environmental assessments of territories in order to carry out State planning and make sound management decisions in the field of ecology. This is particularly true of decisions taken at the international level and in the context of transboundary cooperation. They also note that the public in the country should not be left out. People should have access to environmental information and be able to express their views. The presented approach provides complete and reliable information on the technological load on the previous natural environment, the degree of pollution of the environment and the effectiveness of environmental measures taken; promotes public awareness of environmental issues; helps to increase the efficiency of State authorities and the speed of decision-making in Ukraine and in a transboundary context. The integrated assessment is formed from assessments of anthropogenic effects on individual geospheres, such as the atmosphere, hydrosphere, lithosphere, and the main sources of contaminants entering the natural environment. Based on this methodology, it is possible to inform the population about environmental pollution in any administrative territory or in Ukraine as a whole, compare regions with each other, determine those that are in the worst condition, and make decisions on preventive measures. The approach is recommended by the UN Economic Commission for Europe as a modern and forward-looking way of assessing the state of the environment and its impact. Keywords: integral assessment, environmental indicator, access to information, DPSIR design. *Key words:* integral assessment, ecological indice, access to information, the construction DPSIR.

Постановка проблеми. Економічне зростання країни дуже часто пов'язано зі зростанням забрудненості і деградацією навколишнього середовища. Передусім це зумовлено антропогенним впливом на довкілля. При цьому негативний вплив здійснюється опосередковано, через чинники забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, хімічне і біологічне забруднення повітря, води, ґрунтів, антропогенна зміна клімату та зміна екосистем є одними з чинників, які безпосередньо впливають на стан здоров'я людей [1].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Закони України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики на період до 2030 року» та «Про стратегічну екологічну оцінку» потребують проведення прогнозної оцінки екологічного стану територій для здійснення державного планування та проведення попереджувальних заходів щодо зниження техногенного впливу на довкілля [2; 3].

При цьому кожен громадянин повинен проявляти екологічну свідомість, тобто розуміння своїх можливостей впливу на природу, визначення цілей такого

впливу, оцінку власних учинків в екологічному середовищі та врахування наслідків своїх учинків і способу життя на довкілля. Кожен громадянин, відповідно до Орхуської конвенції, повинен мати доступ до інформації про забрудненість навколишнього середовища, щоб разом із правовими структурами дбати про чистоту довкілля [4].

Однак уся ця інформація щодо забрудненості довкілля повинна доводитися до громадськості в узагальненому (інтегрованому) та зрозумілому вигляді.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні існує низка інтегральних показників, які використовуються для оцінки стану довкілля і антропогенного впливу на нього. Інтегральні показники є інструментом, який забезпечує потреби органів самоврядування та громадськості в екологічній інформації. Основний недолік цих показників – вони не враховують усі об'єкти довкілля. Для отримання повної картини необхідно провести інтегральну оцінку з використанням певного набору інтегральних показників. При цьому оцінка повинна бути адекватною, достовірною, об'єктивною, інформативною, кількісною, придатною для вирішення поставлених питань, порівняльною, забезпеченою потрібною інформацією, узгодженою з аналогічними показниками країн – сусідів України, зрозумілою для громадськості та населення.

Така оцінка дасть змогу не лише дослідити ступінь забрудненості довкілля, а й провести статистично коректні порівняння у просторі та часі, надати прогноз щодо подальшої ситуації.

Зараз у світі використовуються різні методи оцінки якості навколишнього природного середовища, їхні функції досить різноманітні. Одні дають оцінку середовища існування людини, другі лімітують шкідливий вплив на природу, треті розглядають антропогенний вплив на довкілля з погляду здоров'я людини.

Існує декілька основних конструкцій, які використовуються під час розроблення методик оцінки стану довкілля, антропогенного впливу на нього та якості життя. Зупинимося на основних з них.

Конструкція DPSIR.

Driving forces – Pressures – State – Impacts – Responses (Рушійні сили – Тиск – Стан – Вплив – Реагування).

Конструкція була розроблена у 1984 р. Спочатку вона мала вигляд Pressures – State –Responses (Тиск – Стан – Реагування) та використовувалася для проведення оцінки стану навколишнього середовища в Канаді. Потім її стали застосовувати в рамках Конвенції сталого розвитку. Однак ця модель не враховувала складні екологічні процеси, які відбуваються під час взаємодії людини і середовища проживання, не надавала інформації щодо динамічного та циклічного впливу на довкілля.

У 1991 р. PSR була модифікована до DPSIR. Нова структура надає більш повну інформацію про антропогенну діяльність, про її вплив на стан навколишнього середовища, а також про реакцію держави на ці дії.

Обмеження конструкції полягає у тому, що вона не працює, якщо не вистачає доказів причинного зв'язку. Іншим моментом, який обмежує використання даної моделі в рамках стратегії сталого розвитку, є те, що DPSIR робить акцент на екологічні характеристики довкілля в результаті антропогенного впливу, ігноруючи природний вплив, а також вплив на здоров'я.

Конструкція DPSEEA.

Driving force – Pressure – State – Exposure – Effect – Action (Рушійні сили – Тиск – Стан – Вплив – Ефект – Дія).

Конструкція була розроблена Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) і призначена для вимірювання впливу змін довкілля на здоров'я людини. Вона використовується в Європі для моніторингу впливу зміни клімату на здоров'я населення.

Порівняно з DPSIR конструкція DPSEEA визнає вплив довкілля на здоров'я людини. Це дає змогу розглядати ланки причинно-наслідкових зв'язків у системі «навколишнє середовище – здоров'я людини» з погляду прикладання зусиль для зменшення несприятливого впливу довкілля на людину. Ця конструкція є більш гнучкою і розширює поняття рушійних сил як чинника соціально-економічного розвитку.

Недоліки DPSEEA пов'язані з відсутністю аналізу взаємодії між природними та антропогенними системами.

Конструкція MEME.

Multiple Exposures – Multiple Effects (безліч експозицій – безліч ефектів).

Конструкція MEME була розроблена ВООЗ і є спрощеним варіантом DPSEEA. Вона була розроблена як концептуальна основа для вивчення системи «довкілля – дитяче здоров'я». Для опису цієї системи MEME використовує компоненти: «безліч ефектів» – для відображення впливу декількох екологічних параметрів на наслідки для здоров'я і «безліч експозицій» – для опису індивідуального впливу на дитяче здоров'я кількох експозицій. Програмні дії щодо ліквідації наслідків можуть бути спрямовані або на зниження експозиції, або на зміцнення загального здоров'я.

Усі інші конструкції є синтезом перерахованих вище. На їхній основі розроблено багато методик оцінки стану навколишнього середовища, антропогенного впливу на нього та якості життя людини.

Сьогодні загальновизнаним системним підходом до вимірювання, аналізу та інтерпретації стану і зміни якості довкілля є DPSIR. Європейська економічна комісія рекомендує проводити екологічні оцінки з використанням цієї конструкції.

Розроблена нами методика інтегральної оцінки антропогенного впливу на довкілля заснована на конструкції DPSIR. В основу методики покладено «Керівництво щодо використання екологічних показників для країн Східної Європи, Кавказу та Центральної Азії», розроблене Робочою групою

ЄЕК ООН [5; 6]. Керівництво пропонує проводити екологічну оцінку довкілля за дев'ятьма напрямами, кожен з яких включає у себе певну кількість екологічних показників (індикаторів), які несуть інформацію про стан навколишнього середовища та вплив на нього діяльності людини. За їх допомогою оцінюють стан навколишнього середовища, зміни у стані довкілля порівняно з початковим, знаходять залежності між станом навколишнього середовища і навантаженнями на нього, виявляють взаємозв'язки між екологічними, економічними та соціальними чинниками, дають оцінку ефективності прийнятих

Таблиця 1

Класифікація екологічних показників за системою DPSIR

№ з/п	Напрям	Екологічні показники	DPSIR
1	Забруднення атмосферного повітря та порушення озонового шару	Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря	тиск
		Якість атмосферного повітря в міських населених пунктах	стан/вплив
		Використання озоноруйнівних речовин	тиск
2	Водні ресурси	Відновлювані ресурси прісних вод	стан
		Забір прісних вод	тиск
		Побутове споживання води у розрахунку на душу населення	тиск
		Втрати води	реагування
		Повторне і оборотне використання прісної води	реагування
		Якість питної води	вплив
		Біохімічне споживання кисню та концентрація азоту амонійного в річковій воді	стан
		Біогенні речовини в прісній воді	стан
		Біогенні речовини в прибережних морських водах	стан
		Забруднені стічні води	тиск/реагування
3	Зміна клімату	Температура повітря	стан
		Атмосферні опади	стан/вплив
		Викиди парникових газів	тиск/реагування
4	Біорізноманіття	Природні території, що підлягають особливій охороні	реагування
		Ліси та інші лісовкриті землі	стан
		Види, що підлягають особливій охороні	стан/реагування
		Тенденції зміни чисельності і розповсюдження окремих видів	стан/реагування
5	Земельні ресурси	Вилучення земель із продуктивного обороту	вплив
		Райони, що зазнають ерозії ґрунтів	стан
6	Сільське господарство	Внесення мінеральних та органічних добрив	тиск
		Внесення пестицидів	тиск
7	Енергетика	Кінцеве енергоспоживання	рушійні сили
		Валове внутрішнє використання енергії	рушійні сили
		Енергоємність	реагування
		Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел	реагування
8	Транспорт	Пасажирооборот	рушійні сили/ реагування
		Вантажообіг	рушійні сили
		Склад парку дорожніх механічних транспортних засобів у розбивці по видах палива, що використовується	рушійні сили
		Середній вік парку дорожніх механічних транспортних засобів	рушійні сили
9	Відходи	Утворення відходів	рушійні сили/ тиск/реагування
		Переробка та вторинне використання відходів	реагування
		Кінцеве видалення відходів	тиск/реагування
		Транскордонне перевезення небезпечних відходів	рушійні сили/ реагування

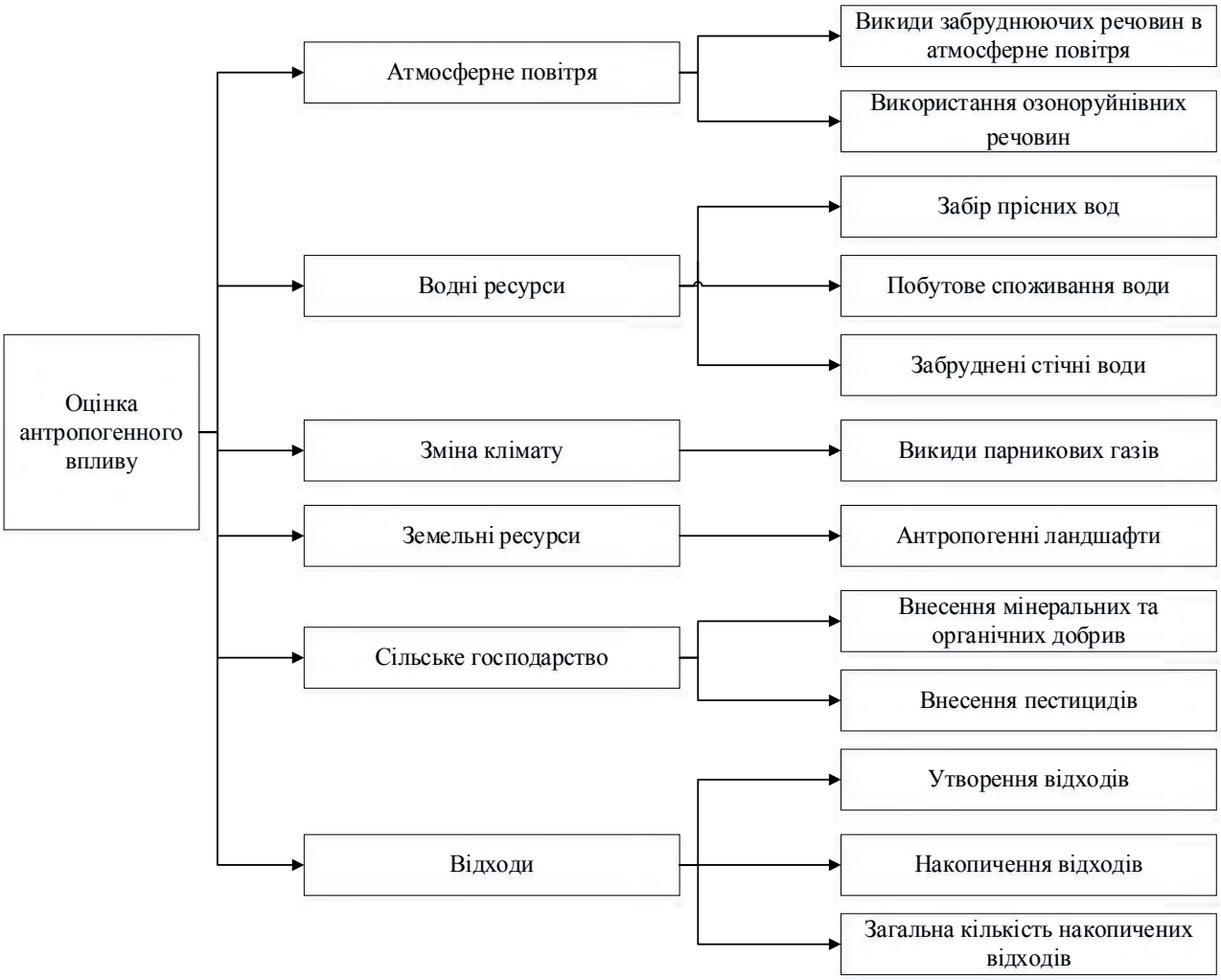


Рис. 1. Структура інтегральної оцінки антропогенного впливу на довкілля

рішень. Вони узагальнюють складні числові дані, перетворюючи їх на «інформацію», яку можна повідомити кінцевим користувачам.

Із погляду конструкції DPSIR екологічні показники, які включені до Керівництва, розподіляються так (табл. 1).

Для оцінки антропогенного впливу на довкілля з множини наведених екологічних показників були вибрані ті, які відображають тиск на довкілля. Однак їхню кількість було розширено відповідно до потреб українського законодавства та з урахуванням розробок українських дослідників [7–11]. Кінцевий вигляд набору досліджуваних напрямів та екологічних показників представлено на рис. 1.

Таким чином, отримано систему із шести напрямів та 12 екологічних показників, кожен з яких, своєю чергою, містить певний набір статистичної інформації. Представлена методика охоплює усі середовища, які відчувають антропогенний вплив, а саме: атмосферне повітря, природні води та ґрунти; включає клімат, який опосередковано залежить від антропогенного тиску та відходи, що безпосередньо характеризують техногенне навантаження.

Усі використані екологічні показники задовольняють таким умовам: є найменш витратними у застосуванні, найбільш прийнятними для умов України та забезпечені статистичними даними. На основі даної оцінки можна інформувати населення про забрудненість довкілля, порівнювати регіони поміж собою, визначати ті з них, що знаходяться у найгіршому стані, розробляти природоохоронні заходи, приймати рішення щодо проведення профілактичних заходів.

Головні висновки. Інтегральна оцінка антропогенного навантаження на навколишнє середовище є частиною системного підходу в екологічному моніторингу і має велике значення для визначення ключових чинників, що впливають на стан екосистем. В основі цього підходу лежить широке впровадження комп'ютерних методів збору, обробки й аналізу даних, математичного моделювання та прогнозування якості навколишнього середовища.

Дана методика оцінки впливу відходів на довкілля заснована на європейських стандартах та забезпечена всією необхідною статистичною інформацією. Вона надає повну, достовірну та своєчасну інформа-

цію про техногенне навантаження на довкілля, ступінь забрудненості довкілля та ефективність ужитих природоохоронних заходів; сприяє інформованості громадськості про екологічні проблеми; допомагає підвищити ефективність діяльності органів державної влади та оперативність прийняття рішень із питань поводження з відходами на території України та у транскордонному контексті.

Література

1. Рекомендації парламентських слухань на тему: «Пріоритети екологічної політики Верховної Ради України на наступні п'ять років»: Постанова Верховної Ради України від 14 січня 2020 року № 457-IX / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/457-IX#Text (дата звернення: 01.06.2021).
2. Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 № 2697-VIII / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text (дата звернення: 01.06.2021).
3. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 20.03.2018 № 2354-VIII. / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19 (дата звернення: 04.06.2021).
4. Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (Орхуська конвенція). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_015#Text (дата звернення: 01.06.2021).
5. Руководство по применению экологических показателей в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии : Рабочее совещание по применению экологических показателей и подготовке оценочных докладов по окружающей среде. Донецк, 2006. URL: http://www.myshared.ru/slide/513719 (дата звернення: 01.06.2021).
6. Основной набор экологических показателей для стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии : информ. документ / Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций. Киев, 2003. 22 с.
7. Керівництво щодо здійснення інтегральної оцінки стану довкілля на регіональному рівні : нормативний документ. Київ : М-во охорони навколишнього природного середовища України, 2008. 54 с.
8. Іванюта С.П. Екологічна безпека регіонів України: порівняльні оцінки. *Стратегічні пріоритети*. 2013. № 3. С. 157–164. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spa_2013_3_23 (дата звернення: 18.09.2020).
9. Белогуров В.П. Разработка методологии интегрального оценивания экологического состояния территорий. *Восточноевропейский журнал передовых технологий*. 2014. № 5/10(71). С. 146.
10. Розробка показників для інтегральної оцінки стану довкілля та динаміки його змін, їх опробування на реальних даних і впровадження інтегральної екологічної оцінки регіону : звіт про НДР. Київ : НАНУ, 2007. 85 с.
11. Палагута О.В. Оцінка впливу на навколишнє природне середовище за екологічними індикаторними показниками : дис. … канд. техн. наук : 21.06.01 ; УКРНДІЕП. Харків, 2014. 275 с.

УДК 910.3:556.5(477.73)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.6

ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ГІДРОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В НАЦІОНАЛЬНОМУ ПРИРОДНОМУ ПАРКУ «БУЗЬКИЙ ГАРД»

Патрушева Л.І.
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв
lpatruseva2@gmail.com

Статтю присвячено особливостям водного моніторингу на території Національного природного парку «Бузький Гард». Організація моніторингу головної річки парку повинна базуватися на гідродинамічних та гідрометричних характеристиках потоку.

У межах парку водний потік Південного Бугу має надзвичайно складний характер руху, на який звертає увагу авторка. Вона наголошує, що без урахування цієї особливості неможливо отримати об'єктивні результати комплексного гідрологічного моніторингу.

У своїй роботі авторка надає детальний аналіз річкового русла та швидкості течії.

Досліджуваний відрізок головної річки для визначення швидкості був розділений на окремі частини з одноманітним рельєфом дна річища, а відповідно, і характером течії відповідно до морфологічних особливостей річкового русла та долини. Усього було виділено 17 частин. У кожній частині визначено середню швидкість потоку за методом однієї точки. Величину швидкості на 0,6 глибини вимірювали з використанням глибинних поплавків. Дослідження проведено за середнього багаторічного рівня води у Південному Бузі.

Таким чином, отримано дані про перерозподіл середньої швидкості водного потоку відповідно до визначених ділянок. Після цього з'явилася можливість зафіксувати розташування контрольних точок для проведення моніторингу. Наступним етапом стало визначення часу відбору проб води.

Авторка визначила час проходження забрудненого об'єму води через створ контрольної точки. Проба води має бути відібрана саме у цей час для отримання об'єктивної інформації, що сталося із забрудненою водою, де на якому етапі й як вона змінювалася.

У результаті проведених розрахунків було отримано лінійну залежність часу від довжини відрізка річкового русла.

Використання наведеної залежності під час повені або у меженний сезон не дасть достовірних результатів, тому для отримання подібних залежностей у межень або під час високої води варто проводити майбутні дослідження в різні сезони за змінного рівня води у річці. *Ключові слова:* водний моніторинг, водний потік, головна річка, швидкість річки, гідрометричні показники.

Peculiarities of territorial and temporary organization of hydrological monitoring in Buzky Gard National Nature Park. Patrusheva L.

The article is devoted to the peculiarities of water monitoring in the territory of the Bugzkyi Gard National Nature Park. The organization of monitoring of the main river of the park should be based on hydrodynamic and hydrometric characteristics of the flow.

Within the park, the water flow of the Southern Bug has an extremely complex nature of movement, to which the author draws attention. She emphasizes that without taking into account this feature, it is not possible to obtain objective results of comprehensive hydrological monitoring.

The author in his work provides a detailed analysis of the channel and flow velocity.

The studied section of the main river, to determine the speed, was divided into separate parts with a uniform relief of the riverbed, and accordingly the nature of the flow in accordance with the morphological features of the riverbed and valley. A total of 17 parts were allocated. The average flow rate is determined in each part. by the method of one point. The value of the speed at 0.6 depth was measured using deep floats. The study was conducted at the average long-term water level in the Southern Buga.

Thus, data were obtained on the redistribution of the average velocity of the water flow, according to the defined areas. After that, it was possible to record the location of control points for monitoring. The next step was to determine the time of water sampling.

The author determined the time of passage of the contaminated volume of water through the target point. The water sample should be taken at this time to obtain objective information about what happened to the contaminated water, where at what stage and how it changed.

A linear dependence of time on the length of the river bed segment was obtained as a result of the calculations.

Using this dependence during floods or in the off-season will not give reliable results. Therefore, to obtain such dependencies at low tide, or during high water, it is necessary to conduct future research in different seasons with variable water levels in the river. *Key words:* water monitoring, water flow, main river, river velocity, hydrometric indicators.

Постановка проблеми. Національний природний парк (НПП) «Бузький Гард» є об'єктом, який було створено для збереження унікального біотичного і ландшафтного різноманіття долини річки Південний Буг та її приток.

Природні комплекси, що сформувалися в межах парку, нині існують в екстремальних умовах агресивного антропогенного впливу, тому вони є дуже вразливими.

Актуальність дослідження Проблема існування парку є актуальною та вимагає уваги науковців, громадськості і влади. Забезпечити його збереження можливо за умов систематичного комплексного екологічного моніторингу стану як окремих компонентів, так і системи у цілому. Важливою складовою частиною цього моніторингу є спостереження за середовищеутворюючим елементом – річкою Південний Буг, оскільки саме головна річка є основним чинником, котрий зумовив формування неповторних ландшафтних комплексів у цьому місці.

У межах національного природного парку (НПП) Південний Буг являє собою надзвичайно цікавий та складний природний об'єкт. Отримати достовірну інформацію про його сучасний стан можливо за умов детального вивчення та аналізу основних характеристик водного потоку, які є визначальними у системі загального гідрологічного моніторингу. Тому **метою** нашої роботи стало розроблення схеми проведення моніторингу річки, що базується на її гідродинамічних характеристиках.

Для досягнення поставленої мети було визначено ключові завдання дослідження:

1) ознайомитися із сучасним доробком міжнародних та вітчизняних фахівців у галузі гідрологічного моніторингу;

2) проаналізувати чинники, що зумовили формування гідрографічних особливостей НПП;

3) вивчити гідрометричні характеристики головної річки;

4) розробити рекомендації для просторово-часової організації системи водного моніторингу на території парку.

Об'єктом дослідження було вибрано гідромережу НПП «Бузький Гард».

Предметом – гідрометричні особливості Південного Бугу на відрізку від північної межі парку до м. Южноукраїнськ.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Гідрологічні дослідження мають бути представлені у щорічному літописі природи, котрий є обов'язковим звітним документом для установи. Він формується на підставі проведеної наукової роботи на території НПП. Окрім того, гідрологічний моніторинг є обов'язковою частиною загального моніторингу, що має проводитися на території парку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розроблення рекомендацій щодо впровадження водного моніторингу нами було проаналізовано наявний міжнародний та вітчизняний досвід у вивченні характеру руху води у річках.

Залежно від гідравлічних характеристик водного потоку виділяють рівномірний, нерівномірний і несталий (мінливий) рух [1; 2].

За ***рівномірного руху*** швидкості течії поперечний (живий) переріз, витрата води постійні по довжині потоку і не змінюються в часі. Такий рух можна спостерігати у штучно створених руслах із постійним похилом і поперечним перерізом.

За ***нерівномірного руху*** похил, швидкості, живий переріз не змінюються в даному створі в часі, але змінюються по довжині потоку. Цей рух спостерігається на річках під час межені, а також в умовах підпору. Нерівномірний рух може бути сповільнений і прискорений. За *сповільненого* руху крива вільної водної поверхні приймає форму кривої підпору. Похил водної поверхні стає менше похилу дна, глибини при цьому збільшуються. Для *прискореного* руху криву вільної поверхні потоку називають кривою спаду. При цьому глибина вздовж потоку зменшується, а швидкість і похил водної поверхні збільшуються.

За ***несталого руху*** всі гідравлічні елементи потоку (похил, швидкість, площа живого перерізу) на певній ділянці змінюються в часі і по довжині. Несталий рух характерний для річок під час проходження повеней і дощових паводків [1].

Головною характеристикою руху води є швидкість водного потоку. Саме вона нам потрібна для визначення часової організації моніторингу, а саме часу відбору проб води на кожній ділянці річки.

Швидкості течії річок вимірюються за допомогою поплавків, гідрометричної вертушки або інших приладів. Нами під час дослідження було використано метод поплавків. Для вимірювання поверхневої швидкості застосовано поверхневі поплавки.

Швидкість обчислюється за формулою:

$$V_{пов} = \frac{L}{t},$$

де L – відстань між начальним та кінцевим створами,

t – час проходження поплавком відстані.

Швидкості течії води в річках неоднакові в різних точках потоку. Вони змінюються і по глибині, і по ширині потоку. По глибині найменші швидкості під впливом шорсткості русла спостерігаються біля дна. Швидкість зростає від дна спочатку дуже швидко і на деякій глибині досягає величини, близької до середньої швидкості потоку. Далі вверх до поверхні потоку швидкість наростає повільніше. На водній поверхні швидкість найбільша в середній частині потоку і найменша – біля берегів [1; 3].

На розподіл швидкостей у водотоці дуже впливають рельєф дна, льодовий покрив, швидкість і напрямок вітру. За наявності на дні підвищення, швидко-

сті потоку поступово зростають від дна до верху підвищення, а потім різко збільшуються. На плесах швидкості значно менші, ніж на перекатах, тому для організації моніторингу річки доцільно використовувати середню швидкість. Існує декілька методів визначення середньої швидкості водного потоку. Її можна розрахувати або виміряти.

Розраховують середню швидкість декількома способами.

1. Обчислення середньої швидкості на вертикалі як співвідношення площі епюри швидкості до глибини вертикалі [1].

2. Обчислення середньої швидкості у живому перерізі, використовуючи об'єм витрати води (Q) в $м^3/с$, розділений на площу живого перерізу (w) в $м^2$ [4].

3. За відсутності безпосередніх вимірів для обчислення середньої швидкості можна використати формулу Шезі [1; 2].

Для вимірювання середньої швидкості використовують:

– метод шести точок (вимірювання на 0,2, 0,4, 0,6 та 0,8 глибини нижче поверхні та як можна нижче поверхні і вище дна);

– метод п'яти точок (вимірювання на 0,2, 0,6 и 0,8 глибини нижче поверхні і як можна нижче поверхні та вище дна);

– метод трьох точок (вимірювання на 0,2, 0,6 и 0,8 глибини нижче поверхні);

– метод однієї точки (вимірювання на 0,6 глибини від поверхні). Швидкість, визначена цим методом, використовується як середня швидкість по вертикали. Фактичні спостереження та математична теорія показали, що глибина 0,6 і метод дає надійні результати [5; 6].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Існуючі сучасні гідрологічні пости розташовані у місті Первомайськ та нижче Олександрівської греблі, тобто за межами парку, тому всі систематичні дослідження особливостей водного режиму та гідродинаміки Південного Бугу не відображають особливостей головної річки на території «Бузького Гарду». Проте саме на цьому відрізку водний потік має надзвичайно складний характер руху, на який слід обов'язково звернути увагу для отримання об'єктивних результатів комплексного гідрологічного моніторингу.

Новизна. Уперше нами було проведено гідрометричні обстеження протягом усієї течії головної річки парку на ділянці з природним руслом. На підставі поведених експедиційних досліджень обґрунтована та запропонована схема просторово-часової організації водного моніторингу на території НПП «Бузький Гард».

Методологічне або загальнонаукове значення. У роботі представлено методику, з використанням якої фахівці зможуть відбирати проби для подальшого дослідження Південного Бугу, а також скориставшись запропонованим у статті підходом, розробити схеми просторово-часової організації моніторингу будь-яких річок із природним характером русла та течії.

Виклад основного матеріалу. Процес формування сучасної гідрографії в межах НПП, який триває під впливом екзогенних чинників, розпочався наприкінці пліоцену після регресії понтичного моря. Саме у цей час відбувається закладання гідросітки в архей-протерозойських кристалічних породах. Протягом плейстоцену та голоцену під час четвер-

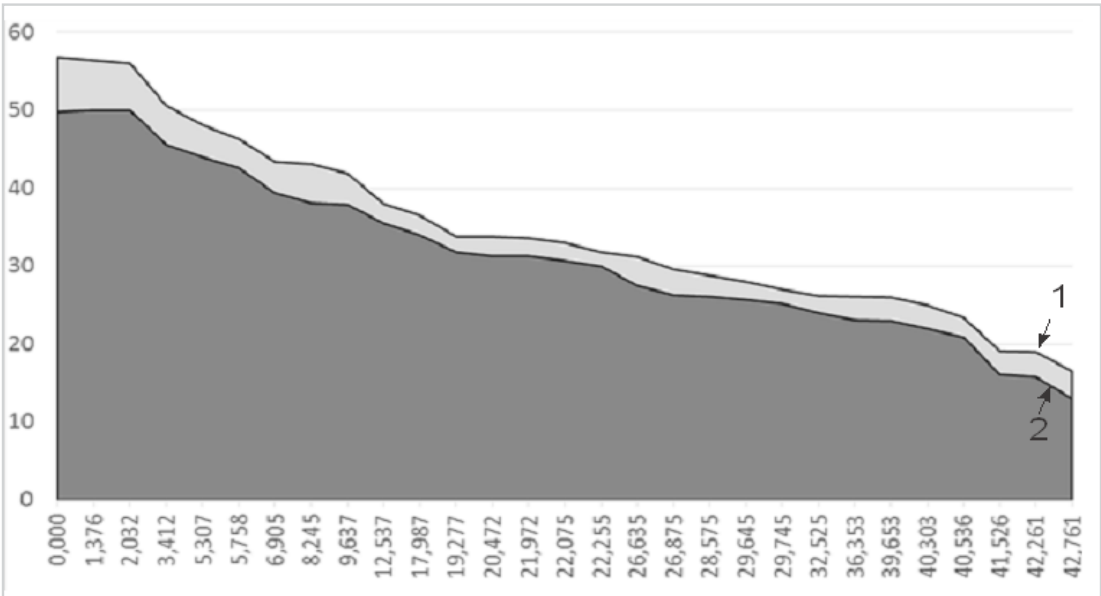


Рис. 1. Повздовжній профіль ділянки русл річки Південний Буг у межах НПП «Бузький Гард»

де X – відстань від північної межі парку, км; Y – абсолютна висота, м.; 1– уріз води у середній за водністю рік, 2 – висота дна річкового русла

тинних зледенінь територія знаходилася у позальодовиковій зоні, що визначило особливості морфології долин водойм [6].

Характер геолого-тектонічної будови території зумовив чергування генетично різних типів річкових долин. Неоднорідний характер геоструктури визначив різний похил водного потоку (рис. 1), а отже, і його нерівномірний рух.

Відрізки з невеликим похилом та сповільненим рухом змінюються відрізками зі значним похилом та прискореним рухом. Відповідно до швидкості водного потоку, у річковому руслі відбуваються різні геодинамічні процеси, що впливає на формування різних типів річкових долин. Це досить добре помітно на досліджуваному фрагменті Південного Бугу. Тут ділянки каньйоноподібної долини з прямовисними скелястими берегами чергуються з терасованими, де є фрагменти добре виражених надзаплавних терас і досить широка заплава [7].

Відповідно до морфологічних особливостей річкового русла та долини, для визначення швидкості ми попередньо розділили річку на окремі частини з одноманітним характером течії (рис. 2). У межах усіх визначених ділянок гідрометричні характеристики (ширина русла, глибина, похил, падіння) є однорідними, що зазначено у табл. 1.

У кожному з визначених відрізків було зафіксовано чотири створи: пусковий, начала відліку, середній та кінця відліку. Відстань між створами визначалася залежно від довжини відрізка. Довжина між началом відліку та кінцем відліку становила 100 м. Для коротких відрізків – 20 м. Двома спостерігачами було зафіксовано час проходження поплавком відстані від начального до кінцевого створу. У середньому створі проводився промір глибин.

Таким чином, визначалася поверхнева швидкість посередині водного потоку. Поправка на вітер не враховувалася. Дослідження проводили в умовах

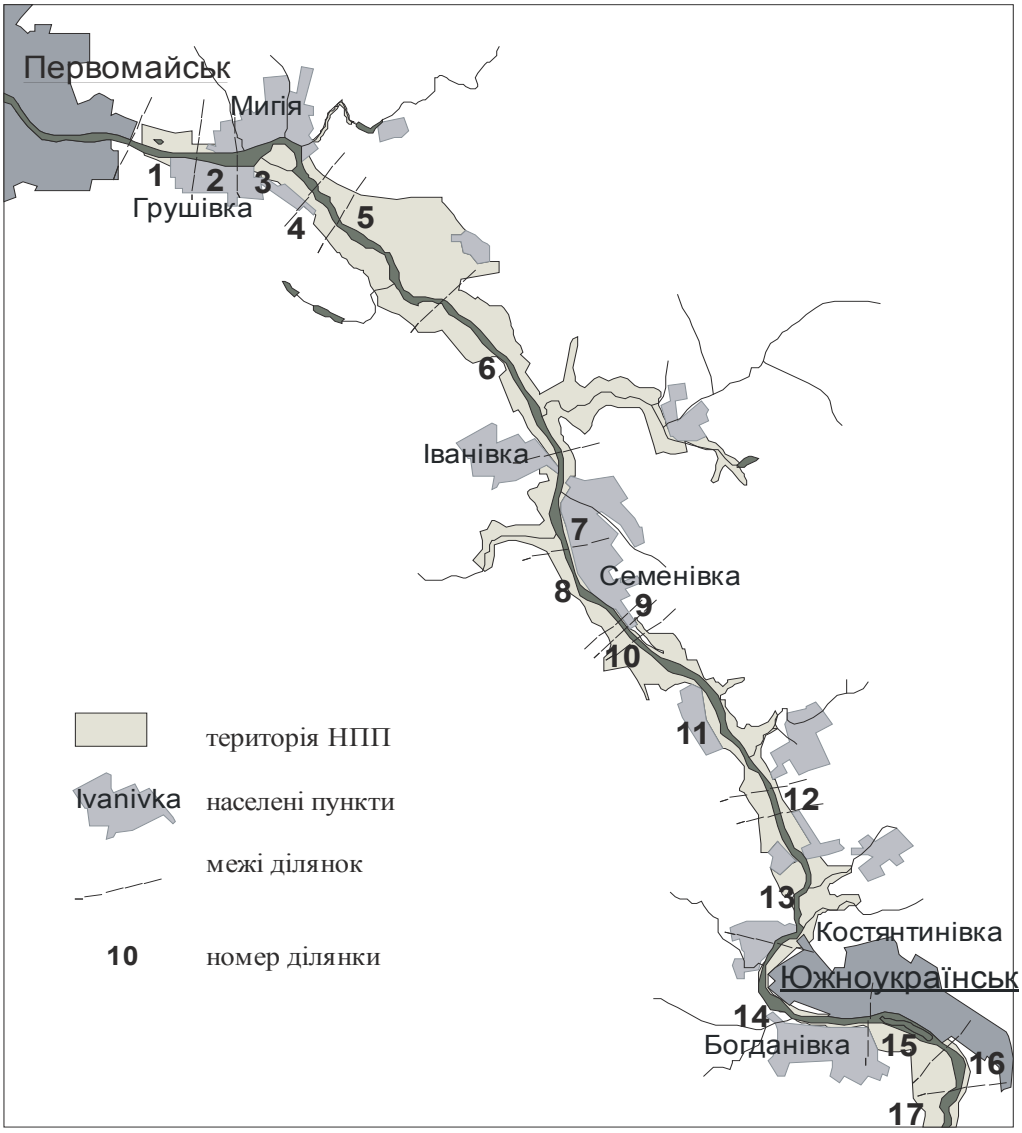


Рис. 2. Схема гідромережі НПП «Бузький Гард»

штилю. Час проведення досліджень вибирався до сходу або після заходу сонця, а також удень за умов відсутності вітру.

Визначення середньої швидкості відбувалося за методом однієї точки. Величину швидкості на 0,6 глибини ми вимірювали з використанням глибинних поплавків. Нами було застосовано ті ж створи, що і для обчислення поверхневої швидкості.

Ділянка 1. Починається від межі НПП «Бузький Гард». Русло широке, пряме без островів, рельєф дна однорідний, можуть траплятися підводні виходи корінних порід. Течія рівномірна (0,2 м/с), повільна.

Ділянка 2. Межа переходу від попередньої ділянки чітка і визначається візуально завдяки наявності великої кількість різних за розмірами порогів. Рельєф русла дуже складний. У межах ділянки збільшується похил водного потоку до 5,5 м/км, відповідно, зростає і його швидкість і досягає 0,4 м/с.

Ділянка 3. Має не елику довжину. Для неї характерним є випрямлене русло без островів, незначна швидкість течії, береги заросли очеретом, що значно зменшує швидкість потоку у прибережній смузі.

Ділянка 4. Виходи кристалічних порід поділяють русло на три рукави. Крайній східний рукав є основним. Швидкість потоку на ділянці – 0,4 м/с.

Ділянка 5. Південний Буг виходить на рівну ділянку з поодинокими виходами кристалічних порід повздовж берега та в руслі. Протягом цього відрізку зустрічаються поодинокі острови, а також каскади малопотужних невисоких порогів. Швидкість течії становить 0,3 м/с.

Таблиця 1

Гідрометричні характеристики русла річки Південний Буг

№ точки	Відстань від межі парку, км	Уріз води, м	Рівень дна русла, м	Ширина, м	Глибина, м	Середня швидкість річки між точками, м/с
1	0	56,8	49,8	200	7,0	-
2	1,376	56,4	50,0	180	6,4	0,2
3	2,032	56,0	50,0	290	6,0	0,2
4	3,412	50,6	45,6	230	5,0	0,4
5	5,307	48,1	44,0	237	4,1	0,3
6	5,758	46,3	42,6	190	3,7	0,4
7	6,905	43,4	39,4	160	4,0	0,3
8	8,245	43,1	38,1	290	5,0	0,3
9	9,637	41,9	37,9	120	4,0	0,3
10	12,537	38,0	35,5	150	2,5	0,3
11	17,987	36,5	34,0	194	2,5	0,2
12	19,277	33,8	31,8	140	2,0	0,3
13	20,472	33,8	31,3	111	2,5	0,2
14	21,972	33,6	31,3	120	2,3	0,2
15	22,075	33,0	30,7	120	2,3	0,3
16	22,255	31,8	30,0	110	1,8	0,4
17	26,635	31,2	27,5	110	3,7	0,3
18	26,875	29,6	26,3	100	3,3	0,4
19	28,575	28,8	26,1	115	2,7	0,3
20	29,645	28,0	25,7	150	2,3	0,3
21	29,745	27,0	25,2	140	1,8	0,3
22	32,525	26,2	24,0	110	2,2	0,3
23	36,353	26,1	23,1	150	3,0	0,2
24	39,653	26,0	23,0	318	3,0	0,2
25	40,303	25,0	22,0	389	3,0	0,5
26	40,536	23,4	20,9	364	2,5	0,5
27	41,526	19,1	16,1	200	3,0	0,5
28	42,261	19,0	15,8	150	3,2	0,3
29	42,761	16,5	13,0	130	3,5	0,4

Таблиця 2

Регламент відбору проб води для моніторингу

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Середня швидкість потоку на ділянці, м/с	Час з наростанням
1.		0,2	1 год. 55 хв.
2.		0,4	2 год. 22 хв.
3.		0,3	5 год. 24 хв.
4.		0,4	5 год. 43 хв.
5.		0,3	6 год. 46 хв.
6.		0,2	19 год. 32 хв.
7.		0,3	20 год. 44 хв.
8.		0,2	24 год. 29 хв.
9.		0,3	24 год. 35 хв.
10.		0,4	24 год. 43 хв.
11.		0,3	28 год. 46 хв.
12.		0,4	28 год. 56 хв.
13.		0,3	34 год. 09 хв.
14.		0,2	44 год. 03 хв.
15.		0,5	45 год. 06 хв.
16.		0,3	45 год. 47 хв.
17.		0,4	46 год. 08 хв.

Ділянка 6. Ця ділянка є особливою, оскільки в середній її частині у головну річку впадає найбільша притока, гирло якої розташоване у межах парку. Це річка Велика Корабельна. Поблизу її гирла (декілька км вище та нижче по течії) швидкість потоку уповільнюється до 0,2 м/с, спрощується рельєф дна, нівелюються пороги. Характер течії на цій ділянці нагадує спокійну рівнинну річку.

Ділянка 7. За швидкістю та характером течії дуже подібна до ділянки 5. Протягом усієї ділянки русло являє собою суцільну смугу невисоких порогів.

Ділянка 8. Поступове уповільнення течії свідчить про перехід між ділянками. Тут швидкість потоку – 0,2 м/с. Ділянка пряма, орієнтована з півночі на південь, похил незначний, він поступово зменшується.

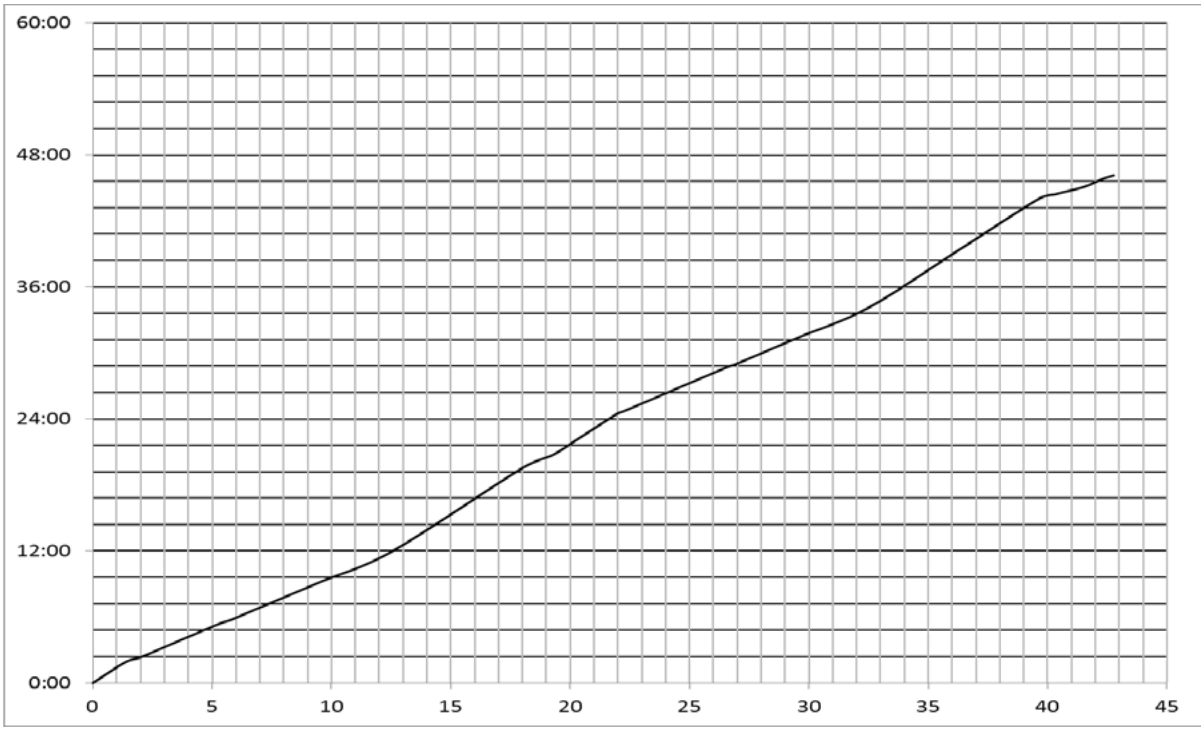


Рис. 3. Час відбору проб води в річці Південний Буг на території НПП «Бузький Гард»

Ділянка 9. Різка зміна швидкості течії та поворот русла на південний захід свідчить про перехід до наступної ділянки. Вона є найкоротшою, але має значне падіння, близько 5 м/км, що зумовлює збільшення швидкості потоку до 0,3 м/с.

Ділянки 10, 11, 12, 13. Ці ділянки є дуже схожими за морфологічною будовою долини та русла. Рельєф дна складний, із численними виходами кристалічних порід, що утворюють суцільний каскад порогів середньої потужності. Швидкість течії коливається в межах 0,3–0,4 м/с.

Ділянка 14. Межа ділянки відповідає зміні руслового рельєфу та уповільненню швидкості течії до 0,2 м/с. Відрізок досить довгий, спрямлений, орієнтований із заходу на схід.

Ділянка 15. Русло поділене на окремі рукави великими корінними островами. Невелика ширина кожного з рукавів, достатньо велика глибина (3 м) та значний похил річки (понад 6 м/км) на цьому відрізку визначають формування особливих гідродинамічних умов. Водний потік тут має максимальну швидкість руху і становить 0,5 м/с. Це найбільший показник на досліджуваному відрізку Південного Бугу в межах парку.

Ділянка 16. Закінчення лінії островів свідчить про перехід до наступної ділянки. Вода, поєднана в один потік, уповільнює свою течію до 0,3 м/с. Зменшення швидкості можна пояснити невеликим похилом 0,14–0,41 м/км, збільшенням площі поперечного перетину потоку. Проте вона залишається досить високою, оскільки має деякий запас інерції від попередньої ділянки. Довжина цього відрізку невелика, близько 700 м, тому течія не встигає уповільнитися.

Ділянка 17. Остання ділянка з природним режимом перед Олександрівським водосховищем. На жаль, вона значно скорочена підняттям рівня води. У сучасних умовах має довжину лише 500 м. Дуже складний рельєф дна та значний похил потоку (5–5,6 м/км) зумовили швидкість течії – 0,4 м/с.

Проведений детальний аналіз є основою для розроблення схеми просторово-часової організації моніторингу головної річки НПП «Бузький Гард». Запропонована організація моніторингових досліджень є актуальною для вивчення якості річкової води.

За умови відсутності постійних, безперервних спостережень за якістю води у природних водоймах, щоб дослідити поведінку хімічних речовин, які потрапили до річки ззовні, ми пропонуємо визначати просторову і часову динаміку забрудненого об'єму води.

Для отримання об'єктивної інформації, що сталося із забрудненою водою, на якому етапі й як вона змінювалася, ми повинні знати, коли через контрольну точку проходитиме саме забруднений об'єм води. І у час проходження відповідної хвилі добігання має бути відібрана проба води з річки (табл. 2).

Ми маємо дані про перерозподіл середньої швидкості водного потоку, відповідно до визначених нами ділянок, та знаємо їхню довжину. Тепер можемо визначити час, коли буде проходити об'єм води, потрібний для дослідження. У результаті проведених розрахунків отримуємо лінійну залежність часу від довжини відрізка річкового русла (рис. 3).

Початком відліку є час відбирання проби у першій точці, котра розташована на межі парку. Залежно від відстані, на якій розташована кожна контрольна точка, час відбору проби буде різний, і його можна визначити, використовуючи представлений рис. 2. До початку відліку слід додавати час, зазначений на вертикальній вісі.

Головні висновки. Дослідження проведено за середнього багаторічного рівня води у Південному Бузі, тому користуватися представленою інформацією доцільно лише за подібних умов. Використання наведеної залежності під час повені або у меженний сезон не дасть достовірних результатів, тому дослідження варто проводити в різні сезони за змінного рівня води у річці.

Контрольні точки варто розташовувати на межі ділянок. Це може бути доцільним для вивчення зміни поведінки речовин присутніх у воді та їх зв'язок з особливостями гідродинаміки річкового потоку.

Додаткові точки варто розмістити нижче місць впадіння приток, зокрема р. Великої Корабельної, для розуміння ступеня їхнього впливу на якість води в головній річці.

Література

1. Будз О.П. Гідрологія: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне : НУВГП, 2008. 168 с.
2. Вамболь С.О., Міщенко І.В., Кондратенко О.М. Технічна механіка рідини і газу : підручник. Харків : НУЦЗУ, 2016. 300 с.
3. Загальна гідрологія : підручник / В.К. Хільчевський та ін. Київ : Київський університет, 2008. 399 с.
4. Методы измерения расхода воды на реках и каналах, в напорных трубопроводах насосных станций и оросительных систем: обзор / сост. Р. Масумов. Ташкент, 2014. 84 с.
5. D. Phil Turnipseed and Vernon B. Sauer. Discharge Measurements at Gaging Stations: Techniques and Methods 3–A8 // U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. Chapter 8 of Book 3, Section A. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2010. 106 p.
6. Технический регламент / Всемирная метеорологическая организация. Т. III. Гидрология. Женева, 2006. 130 с
7. Русинов О.О. Південний Буг / *Географічна енциклопедія України* : у 3-х т. Київ, 1989–1993. Вип. 3. С. 30–31.

УДК 628.35:574.58
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.7

РОЗВИТОК ГІДРОБІОНТІВ НА/У ЗАНУРЕНИХ У СТІЧНУ ВОДУ НОСІЯХ ВІЯ ПРИ ЇЇ ОЧИЩЕННІ ЗА ІНТЕНСИВНОЇ АЕРАЦІЇ

Гвоздяк П.І.[1], Домбровський К.О.[2], Капарник А.І.[3], Рильський О.Ф.[2]
[1]Інститут колоїдної хімії та хімії води імені А.В. Думанського
Національної академії наук України
бул. Академіка Вернадського, 42, 03142, м. Київ
gvozdyak@ukr.net;
[2]Запорізькій національний університет
вул. Жуковського, 66, 69600, м. Запоріжжя
dombrov1717@ukr.net, rylsky@ukr.net;
[3]Природоохоронне підприємство «Екологія»
вул. Ковпака, 21, 36007, м. Полтава
ecology@poltava.velton.ua

У роботі представлено результати досліджень перифітону волокнистого носія ВІЯ аеротенку очисних споруд. Перифітон досліджували по всій глибині діючого аеротенку за інтенсивної додаткової аерації волокнистого носія. Досліджено структурну організацію перифітону у разі біологічного очищення стічних вод. В угрупованнях перифітону волокнистого носія ВІЯ виявлено 18 нижчих ідентифікованих таксонів (НІТ), що належать до 6 типів водних безхребетних. Загальна щільність перифітону в приповерхневому шарі (від поверхні до 2 м) коливалась у межах 541–2656 тис. ос./м^2. На глибинних ділянках (3–4 м) аеротенку щільність перифітону була нижчою та коливалась у межах 483–1289 тис. ос./м^2. Середня біомаса перифітону також зменшувалась із глибиною й у глибинних зонах аеротенку вона була в 4,6 та 2 рази нижчою ніж у приповерхневій зоні у березні та липні відповідно. Встановлено загальну закономірність щодо зниження середньої біомаси перифітонних організмів волокнистого носія із глибиною для 4 виявлених трофічних груп (бактеріо-детритофагів, хижаків, детритофагів та бактеріо-альго-детритофагів). Угруповання перифітону волокнистого носія ВІЯ приповерхневого шару (зони аерації) характеризуються вищою кількістю НІТ, вищими кількісними показниками загальної щільності і біомаси та вищими середніми показниками біомаси трофічних груп ніж угруповання перифітону глибинної зони (3–4 м) аеротенку очисної споруди. Встановлено, що у разі використання занурених у стічну воду регулярних волокнистих носіїв для іммобілізації гідробіонтів сучасні аераційні пристрої повною мірою не забезпечують їх киснем повітря, особливо в нижній частині аеротенку. Таким чином, широко прийнята сучасна тенденція розміщення в аеротенках регулярних носіїв по всьому об'єму реактора, практично аж до днища, здається необґрунтованою і, відповідно, надмірною. *Ключові слова:* перифітон, волокнистий носій, аеротенк, біологічні очисні споруди, масообмін, аерація, стічні води.

Development of hydrobionts on wastewater immediated carriers by its treatment under intensive aeration. Gvozdyak P., Dombrovskiy K., Kaparnyk A., Rylsky O.

This research aims to represent the results of periphyton studies of the fibrous carrier VIYA type of the aeration tank of sewage treatment plants. Periphyton was studied throughout the depth of the operating aeration tank, with intensive additional aeration of the fibrous carrier. The structural organization of periphyton in biological wastewater treatment has been studied. In periphyton groups of the fibrous carrier VIYA, 18 lower identified taxa (LIT) belonging to 6 types of aquatic invertebrates were found. The total density of periphyton in the near-surface layer (from the surface to 2 m) ranged from 541 to 2656 individuals/m^2. At deep sections (3–4 m) of the aeration tank, the density of the periphyton was lower and fluctuated in the range of 483–1289 thousand individuals/m^2. The average periphyton biomass also decreased with depth and in the deep zones of the aeration tank, it was 4.6 and 2 times lower than in the near-surface zone, in March and July, respectively. The general regularity concerning decrease in average biomass of periphytonic organisms of the fibrous carrier with depth for 4 revealed trophic groups (bacterio-detritophagous, predators, detritophagous and bacterio-algo-detritophagous) was established. The periphyton groups of the fibrous carrier VIYA of the near-surface layer (aeration zone) are characterized by a higher number of LITs, higher quantitative indicators of total density and biomass and higher average biomass of trophic groups than the periphyton group of the deep zone (3–4 m). It is established that when using regular fibrous carriers immersed in wastewater for immobilization of aquatic organisms, modern aeration devices do not fully provide them with oxygen, especially in the lower part of the aeration tank. Thus, the widely accepted modern trend of placing regular carriers in aeration tanks throughout the reactor volume, almost to the bottom, seems unreasonable and, accordingly, excessive. *Key words:* periphyton, fibrous carrier, aeration tank, biological treatment facilities, mass transfer, aeration, wastewater.

Постановка проблеми. Біологічне очищення стічних вод є натепер чи не найважливішою частиною біотехнології води [1], без якої саме існування сучасної, понад 7-мільярдної людської популяції на Землі просто неможливе.

З-поміж трьох наявних типів біологічного очищення води – анаеробного, аноксичного і аеробного – останній є найбільш поширеним і абсолютно обов'язковим заключним етапом, що забезпечує доведення якості очищення води до найбільш придатної для більшості організмів, включно з Людиною.

Як відомо, будь-яка біотехнологія, у тому числі й біотехнологія води, потребує, по-перше, використання високопродуктивних живих організмів чи біологічних реагентів, і по-друге, забезпечення максимально інтенсивного масообміну між цими організмами (реагентами) та притаманними їм субстратами і метаболітами.

Актуальність дослідження. У разі сучасного аеробного біологічного очищення стічних вод [2] ідеться про пошук і конструювання відповідних біоценозів, здатних швидко споживати (головним чином – окиснювати) розчинені у стоках хімічні сполуки та виїдати з води, що очищається, присутніх у ній і таких, що наростають безпосередньо під час біотехнологічного процесу очищення, гідробіонтів, та про перманентну, надійну доставку до кожного окремого організму у складі цих біоценозів життєво необхідних йому поживних речовин, живих істот і кисню, та інтенсивне відведення від кожного організму продуктів його метаболізму, у тому числі й газів, наприклад, CO_2, N_2 тощо.

Особливих проблем з доставкою поживних речовин до гідробіонтів – споживачів цих сполук та істот – у разі біологічного очищення стічних вод немає: на відміну від незайманих Людиною частин Біосфери, де звичний, нормальний стан усього живого – це голод, який і забезпечував ще донедавна на подив гідну чистоту води у відкритих природних водоймах, у біологічні очисні споруди постійно, не тільки 7 по 24, а 365(6) днів у рік уже понад століття надходить невичерпний, грандіозний масив їжі, який створює найбільше скупчення організмів, небачений у Природі, неперевершений вир Життя. Єдине, чого там катастрофічно бракує, – окиснювача, тобто кисню.

За правильного підбору складу гідробіонтів на різних етапах біологічного очищення стоків (у «біоконвеєрі» [2]) не повинно виникати проблем і з прибиранням (масообміном) метаболітів: у природно сформованому угрупованні організмів продукти обміну одних з них обов'язково принаджують споживачів цих продуктів – субстратів інших гідробіонтів.

Що ж до газових метаболітів, то їх асиміляція на місці виникнення (*in situ*) не настільки успішна, щоби на неї покладатися, і їх механічне відділення від організму певною мірою сприяло б підвищенню його продуктивності, однак цією обставиною можна нехтувати, бо швидко зростаючі бульбашки газових метаболітів пробиваються крізь біоплівку, розрихлюють її та навіть відривають, регенеруючи таким чином окремі ділянки волокон носія ВІЯ для оновленого поселення на них свіжих, молодих, активних очисників води.

Отже, найбільш проблемним і технологічно складним завданням аеробного біологічного очищення стічних вод є забезпечення всіх і кожного з аеробних гідробіонтів киснем.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Як стверджує, посилаючись на В.І. Вернадського, академік НАН України В.Д. Романенко [3, ст. 298], «боротьба за існування в гідросфері – це боротьба за кисень». Про «дефіцит розчиненого у воді кисню … в озерах у межах Києва» йдеться в недавніх дослідженнях співробітників Інституту гідробіології НАНУ [4; 5]. І це при тому, що концентрація органічних речовин у цих водах у десятки і сотні разів менша, ніж у стічних водах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основою для роботи є наукові статті Ю.П. Зайцева [6–9] та Б.Г. Александрова [10].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується зазначена стаття. До останнього часу дослідження структурної організації організмів перифітону на/у занурених у стічну воду носіях ВІЯ у разі її очищення за інтенсивної аерації в аеротенку очисної споруди на різних глибинах в Україні не проводили. Вивчення такого питання у майбутньому дозволить більш ефективно використовувати біологічний потенціал певних гідробіонтів перифітону у разі біологічного очищення стічних вод та мінімізує витрати на забезпечення функціонування очисних споруд.

Новизна. Вперше вивчена структурна організація гідробіонтів активного мулу, які розвиваються, іммобілізуються, утворюють біоплівку й трофічно утримуються у волокнистому носієві ВІЯ у разі занурення останнього на всю глибину діючого аеротенку за інтенсивної додаткової аерації цього носія. Надалі виявлені закономірності розвитку угруповань перифітону залежно від умов аерації дозволять спрогнозувати оптимальний технологічний режим біологічного очищення стічних вод за допомогою іммобілізованих гідробіонтів на волокнистому носієві ВІЯ в аеротенку очисної споруди.

Мета роботи – виявити, які саме гідробіонти активного мулу розвиваються, іммобілізуються, утворюють біоплівку й трофічно утримуються у волокнистому носієві ВІЯ у разі занурення останнього на всю глибину діючого аеротенку за інтенсивної додаткової аерації цього носія.

Методологічне або загальнонаукове значення. На основі отриманих результатів дослідження можна в майбутньому з'ясувати питання щодо оптимальних підходів до надійного постачання кисню до надзвичайно корисних в аеробній біотехнології води біоплівок, гідробіонти яких іммобілізовані на волокнистому носієві ВІЯ.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили на діючих спорудах з очищення стічних вод КП «Житлово-комунальний комбінат» (далі – ЖКК) с. Терешки Полтавського району Полтавської області. Для цього на виробничій базі Природоохоронного підприємства «Екологія» (м. Полтава) було виготовлено автономний аераційний пристрій (рис. 1). Пристрій складається з дискового гумового диспергатора повітря (аератора) (3) діаметром 230 мм з нижньою подачею повітря (близько 15 дм^3/хв) через трубу (4) діаметром 1/2 дюйма, під'єднану до загального трубопроводу зі стисненим повітрям. Безпосередньо над диспергатором (3) прикріплено 1,5 кг волокнистого носія ВІЯ (5) довжиною 4 м, з п'ятьма в'язальними ділянками (6) шириною 30 мм і поплавками (7), прикріпленими (8) до труби подачі повітря (4). Диск (3) з пригрузом (2) розмістили на дні (1) діючого аеротенку у середній (по довжині) його частині, на відстані близько 0,5 м від стінки, протилежної до стінки, вздовж якої майже впритул розміщено два ряди трубчатих полімерних диспергаторів повітря. Густина носія ВІЯ в уявному циліндрі діаметром 250 мм і висотою 4 000 мм над дисковим диспергатором була доволі потужною й сягала понад 6 кг/м^3.

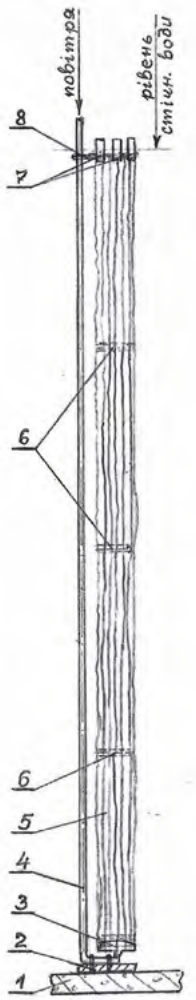


Рис. 1. Схема пристрою для вивчення обростання гідробіонтами носія ВІЯ в аеротенку

1 – дно аеротенка, 2 – пригруз, 3 – дисковий диспергатор повітря, 4 – труба подачі повітря, 5 – носій ВІЯ, 6 – в'язана ділянка носія ВІЯ, 7 – поплавок, 8 – кріплення носія ВІЯ до труби 4

Проби перифітону відбирали упродовж березня та липня 2015 року. Температура води в аеротенку очисної споруди в березні становила 20°С, а у липні – 23°С.

Відбір гідробіологічного матеріалу проводили таким чином. У разі відбору проб перифітону у проміжних аналізах пристрій відключали від магістрального трубопроводу зі стиснутим повітрям, припіднімали в працюючому аеротенку і під водою зрізали окремі ворсини волокнистого носія та, не вилучаючи їх із води, переносили до поліетиленового пакета. Потім поліетиленовий пакет вилучали із води та зрізаний субстрат з водою виливали до лотка, де проводили змив організмів перифітону із волокнистого носія. Після чого воду з організмами перифітону переливали до скляної ємності. Зібраний матеріал доставляли до лабораторії у відкритій посудині, де його постійно аерували за допомогою компресора. Такий відбір проб, на жаль, аж ніяк не перешкоджав попаданню в проби приповерхневої води з притаманними їй гідробіонтами і «коригуванню» результатів аналізу. Та все ж загальна закономірність щодо зниження щільності перифітонних організмів волокнистого носія із глибиною для всіх виявлених трофічних груп була встановлена чітко й однозначно [11]. Визначення організмів перифітону проводили за визначниками [12–16]. Підрахунок щільності перифітонних організмів волокнистого носія проводили з урахуванням площі поверхні субстрату й виражали в ос./м^2 за методикою, яка описана у роботі [17].

Пристрій з носієм ВІЯ відпрацював в аеротенку 19 місяців і двічі (через 6 і 9 місяців від початку експерименту) піддавався дослідженню на наявність, різноманіття та щільність біомаси організмів перифітону [11].

Після завершення експерименту та після того, як пристрій із носієм ВІЯ був повністю витягнутий з аеротенку та розстелений на поліетиленову плівку (підстилку), нами було встановлено, що, по-перше, товщина біоплівки на волокнах помітно збільшувалася з глибиною їх занурення і була максимальною на носієві ВІЯ, розташованому безпосередньо над дисковим диспергатором повітря. І по-друге, біоплівка носія ВІЯ з рівня нижче 2–2,5 м від поверхні води була буквально чорного кольору і мала різкий, специфічний запах сірководню. Звісно, в цих місцях біоплівки інші гідробіонти, крім бактерій, практично не зустрічались або зустрічались у невеликій кількості.

У перифітоні волокнистого носія ВІЯ аеротенку очисних споруд ЖКК с. Терешки було виявлено 6 типів безхребетних (Amoebozoa, Ciliophora, Tardigrada, Rotifera, Annelida, Nemathelminthes).

Загалом у перифітоні волокнистого носія аеротенку очисних споруд було виявлено 18 нижчих ідентифікованих таксонів (далі – НІТ). Під час аналізу структурної організації перифітону волокнистого носія приповерхневого шару (від поверхні до 2 м) було встановлено, що в березні та липні середня кількість виявлених НІТ перифітону була відповідно на 47% та 27% вищою ніж на глибині 3–4 м. Загальна щільність перифітону в зоні достатньої аерації (приповерхневий шар) коливалась у межах 541–2656 тис. ос./м^2, тоді як на глибинних ділянках (3–4 м) щільність гідробіонтів була нижчою й коливалась від 483 тис. ос./м^2 до 1289 тис. ос./м^2. Загалом значення середньої щільності перифітону на глибині 3–4 м були в 1,3 та 4,5 раза нижчими, ніж у приповерхневому шарі аеротенку в березні та липні відповідно. Подібна тенденція розподілу кількісних показників перифітону з глибиною була виявлена і для біомаси угруповань обростання волокнистого носія. Так, значення середньої біомаси угруповань перифітону глибинних ділянок аеротенку були в 4,6 та 2 рази нижчими порівняно із значеннями середньої біомаси перифітону приповерхневої зони достатньої аерації у березні та липні відповідно. Встановлено загальну закономірність щодо зниження середньої біомаси перифітонних організмів волокнистого носія із глибиною для 4 виявлених трофічних груп (бактеріо-детритофагів, хижаків, детритофагів та бактеріо-альго-детритофагів). Так, середня біомаса перифітонних організмів цих трофічних груп знижувалась від приповерхневого шару до глибинного на 21–70% у березні та на 21–56% у липні. За результатами дослідження можна зробити висновок, що угруповання перифітону волокнистого носія ВІЯ приповерхневого шару (зони аерації) характеризуються вищою кількістю НІТ, вищими кількісними показниками загальної щільності і біомаси та вищими середніми показниками біомаси трофічних груп ніж угруповання перифітону глибинної зони (3–4 м) аеротенку очисної споруди.

Таким чином, виявилося, що там, де біоплівка на носієві ВІЯ омивається найдрібнішими бульбашками повітря з найбільшою концентрацією кисню, існує найпотужніший (найоблігатніший) анаеробіоз. Крім того, надто мілкі (високодисперсні) бульбашки повітря не здатні інтенсивно регенерувати носій, попереджувати надмірний розвиток біоплівки на волокнах, підтримувати її товщину в таких границях, щоби ефективно функціонували всі мікроорганізми, які входять до її складу. Отже, повсюдно прийнята сучасна тенденція розміщення в аеротенках (аеробних біореакторах) регулярних носіїв по всьому об'єму реактора, практично аж до днища, здається необґрунтованою і, відповідно, надмірною.

Складається враження, що потрібно, не гаючись, шукати радикальних технічних (інженерних) змін у підходах до надійного постачання кисню до надзвичайно корисних в аеробній біотехнології води біоплівок…

У цьому зв'язку слід, на наш погляд, звернутися до справді революційних ідей та експериментів нашого співвітчизника, геніального гідробіолога Ювеналія Петровича Зайцева, якому ще у шістдесяті роки минулого століття, за його словами, «в якусь мить прийшло осяяння, несподіване розуміння чогось нового в біологічній структурі моря». Так було відкрито «морський нейстон» [6], а нещодавно понад 90-літній, нев'янучий Ювеналій Петрович знову здивував екологів, біологів, звернувши увагу на «порові простори (інтерстиції) морських піщаних пляжів», де «на межі гідросфери з атмосферою та літосферою… відбуваються основні біогеохімічні процеси у біосфері Землі» [7–9].

Приходить чітке усвідомлення того факту, що наявну в аеротенку з носіями систему аж ніяк не можна вважати трифазною – рідина : тверде тіло : газ, – а виключно двофазною – біоплівка : стічна вода, і гідробіонти у стічній воді, що аерується диспергованим повітрям, практично не взаємодіють з бульбашками повітря, які проносяться мимо, не використовують присутнього в них кисню, а задовольняються виключно тою нікчемною його кількістю, що встигає розчинитися у рідкій фазі. Завдання полягає в тому, аби повною мірою залучити до біотехнологічного процесу аеробного очищення води атмосферне повітря як повноцінну, перманентно присутню, постійно діючу третю фазу.

Головні висновки. У разі використання занурених у стічну воду регулярних волокнистих носіїв для іммобілізації гідробіонтів сучасні аераційні пристрої повною мірою не забезпечують їх киснем повітря, особливо в нижній частині аеротенку. Гідробіонти в наявних аеротенках потребують значно кращого, інтенсивного масообміну. Встановлено, що перифітонні угруповання волокнистого носія ВІЯ аеротенку очисних споруд ЖКК с. Терешки утворено представниками 18 НІТ, що належать до 6 типів водних безхребетних (Amoebozoa, Ciliophora, Tardigrada, Rotifera, Annelida, Nemathelminthes). Виявлено загальну закономірність щодо структурної організації та розвитку організмів перифітону з глибиною. Угруповання перифітону волокнистого носія ВІЯ приповерхневого шару (зони аерації) характеризуються вищою кількістю НІТ, вищими кількісними показниками загальної щільності і біомаси та вищими середніми показниками біомаси трофічних груп ніж угруповання перифітону глибинної зони (3–4 м) аеротенку очисної споруди.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані дані можуть стати підґрунтям для подальших детальних досліджень щодо інтенсифікації процесів біологічного очищення стічних вод в аеротенках (аеробних біореакторах) у разі інтенсивної аерації води.

Література

1. Гвоздяк П.І. Біохімія води. Біотехнологія води : автомонографія. Київ, 2019. 228 с.
2. Гвоздяк П.І. За принципом біоконвеєра. Біотехнологія охорони довкілля. *Вісник НАН України*. 2003. № 3. С. 29–36.
3. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. Киев : Генеза. 2004. 664 с.
4. Старосила Є.В. Мікробіологічні процеси деструкції органічної речовини у воді озер у межах м. Києва. *Гідробіол. журн*. 2020. Т. 56. № 6. С. 56–64.
5. Жежеря В.А., Линник П.Н., Белоус Е.П. Улучшение гидрохимического режима малых водоемов урбанизированных территорий в условиях искусственной аэрации (на примере озера Тельбин). *Гидробиол. журн*. 2019. Т. 55. № 2. С. 101–120.
6. Зайцев Ю.П. Створення «дерева нових знань» у галузі біології та екології моря. *Вісник НАН України*. 2017. № 4. С. 61–72.
7. Зайцев Ю.П. Сообщество микроорганизмов поровых вод песчаных пляжей Черного моря. Факты и гипотезы. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2008. № 2. С. 8–19.
8. Зайцев Ю.П. О контурной структуре гидросферы. *Гидробиол. журн*. 2015. Т. 51. № 1. С. 3–27.
9. Зайцев Ю.П. Крайовий ефект у морських екосистемах. *Наукові записки Терноп. нац. пед. ун-ту. Серія «Біологія»*. 2010. № 3 (44). С. 94–97.
10. Александров Б.Г. Сучасні уявлення про контурну структуру водного середовища та нові підходи для його моніторингу. *Вісник НАН України*. 2017. № 12. С. 42–49.
11. Домбровський К.О., Гвоздяк П.І. Перифітон волокнистого носія «ВІЯ» аеротенку очисних споруд. *Вісник Запорізького нац. ун-ту :* збірник наукових праць. *Біологічні науки*. 2018. № 1. С. 76–83.
12. Foissner W., Blatterer H., Berger H., Kohmann F. Taxonomiche und ökologiche Revision der Ciliaten des Saprobiensystems. Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtchaft.* 1991. № 1/91. 478 p.
13. Foissner W., Berger H., Kohmann F. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems. Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtchaft.* 1992. № 5/92. 502 p.
14. Foissner W., Berger H., Kohmann F. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems. Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtchaft.* 1994. № 1/94. 548 p.
15. Foissner W., Berger H., Blatterer H., Kohmann F. Taxonomiche und ökologiche Revision der Ciliaten des Saprobiensystems. Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctoria. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtchaft.* 1995. № 1/95. 540 p.
16. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. Санкт-Петербург–Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2010. Т. 1. 495 с.
17. Домбровський К.О., Рильський О.Ф., Гвоздяк П.І. Структурна організація перифітону волокнистого носія «ВІЯ» при очищенні зливових вод від нафтопродуктів. *Гідробіол. журн*. 2020. Т. 56. № 1. С. 94–105.

УДК 62-665.9:615.3
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.8

ХАРАКТЕРИСТИКА КСЕНОБІОТИКІВ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

Захаренко М.О., Курбатова І.М., Тупицька О.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, 03041, м. Київ
sangin1996@ukr.net, innakurbatova@ukr.net, olgatup@ukr.net

Узагальнено дані щодо впливу гідрологічного режиму водних об'єктів, гідромеліоративних робіт, атмосферних опадів, комунально-побутових стоків, стічних вод промислових підприємств, рідких відходів тваринницьких об'єктів, органічних і мінеральних добрив, засобів захисту рослин, на стан водних екосистем. Охарактеризовано основні групи і окремі представники ксенобіотиків антропогенного походження. Вказано, що серед основних забруднювачів води є сульфаніламіди, а саме: сульфаніламід, сульфаметазин, сульфамеразин, сульфадиметксин та інші препарати. Близько 25–75% залишків цих препаратів потрапляє з відходами тварин у ґрунт і воду. Встановлено, що джерелами антибіотиків у ґрунтах і воді є органічні добрива, які містять екскременти тварин і стічні води очисних споруд. Постійне надходження антибіотиків викликає їхнє накопичення в ґрунти і воду, що змінює структуру природніх екосистем за рахунок утворення великої кількості резистентних до них бактерій. Особливо це характерно для районів із інтенсивно розвинутим тваринництвом. Значну загрозу для водних екосистем становлять залишки антигельмінтиків, які потрапляють у водні об'єкти із стічними водами очисних споруд. При паразитарних захворюваннях риб використання альбендазолу як одного з найбільш ефективних антигельмінтиків, сприяє його надходженню у внутрішні органи, м'язи та головний мозок. Крім того, у стічні води потрапляє ряд гормонів – естрогенів та андрогенів, зокрема естріол та його похідні – тренболону ацетат, а також 17-β-естрадіол, зеранол, прогестерон і меленгастролу ацетат, які є стимуляторами росту тварин.

Отже, основними ксенобіотиками у відходах тваринницьких підприємств, які забруднюють поверхневі і підземні води, є сульфаніламіди, антибіотики, антигельмінтики і гормони, роль яких у порушенні екологічної рівноваги водних об'єктів до кінця не з'ясована. *Ключові слова:* водні екосистеми, ксенобіотики, сульфаніламідні препарати, антибіотики, антигельмінтики, гормони.

Characteristics of xenobiotics of aquatic ecosystems. Zakharenko M., Kurbatova I., Tupitska O.

Data on the impact of hydrological regime of water bodies, reclamation works, atmospheric precipitation, municipal wastewater, industrial wastewater, liquid waste from livestock facilities, organic and mineral fertilizers, plant protection products, on the state of aquatic ecosystems are summarized. The main groups and individual representatives of xenobiotics of anthropogenic origin are characterized. It is stated that among the main water pollutants are sulfonamides, namely sulfanilamide, sulfamethazine, sulfamerazine, sulfadimethyxin and other drugs. About 25–75% of residues of these drugs end up in animal soil and water with animal waste. It has been established that the sources of antibiotics in soils and water are organic fertilizers, which contain animal excrement and wastewater from sewage treatment plants. The constant influx of antibiotics causes their accumulation in soils and water, which changes the structure of natural ecosystems due to the formation of a large number of resistant bacteria. This is especially true for areas with intensive livestock. Residues of anthelmintics that enter water bodies with wastewater from treatment plants pose a significant threat to aquatic ecosystems. In parasitic diseases of fish, the use of albendazole, as one of the most effective anthelmintics, promotes its entry into the internal organs, muscles and brain. In addition, wastewater also contains a number of hormones – estrogens and androgens, including estriol and its derivatives – trenbolone acetate, as well as 17-β-estradiol, zeranol, progesterone and melengastrol acetate, which stimulate the growth of animals.

Thus, the main xenobiotics in livestock waste that pollute surface and groundwater are sulfonamides, antibiotics, anthelmintics and hormones, whose role in disturbing the ecological balance of water bodies is not fully understood. *Key words:* aquatic ecosystems, xenobiotics, sulfonamides, antibiotics, anthelmintics, hormones.

Постановка проблеми. Водні об'єкти – це складні природні екосистеми, які характеризуються широким спектром акваландшафтного і біологічного різноманіття, та складаються із великої кількості абіотичних і біотичних елементів [4].

На стан водних екосистем значний вплив здійснюють гідромеліоративні роботи, атмосферні опади [10], радіонукліди [6], пестициди [8; 13]. комунально-побутові стоки, рідкі відходи підприємств і тваринницьких об'єктів [13; 14; 31], органічні і мінеральні добрива, засоби захисту рослин [20], діатомові водорості, гельмінти [25], дрейсена [65], адвентизація іхтіофауни та ряд інших [16; 23].

Водні екосистеми, які використовуються для риборозведення і розміщені в зоні діяльності промислових підприємств, об'єктів комунального і сільськогосподарського призначення, особливо тваринницьких підприємств. зазнають суттєвих змін через постійне надходження у воду різних токсичних сполук [1; 13; 14; 21].

Виклад основного матеріалу. Відомо, що водна екосистема, як і інші, характеризується різними ступенями організації ландшафтного, екосистемного, біоценотичного і популяційно-видового компонента [1; 10].

Виявлено значну кількість факторів, які впливають на гідрологічний режим водних об'єктів, активують процеси евтрофування, порушують видовий склад абіотичних і біотичних компонентів, змінюють структурно-функціональну організа-

цію екосистем, що супроводжується появою нових та зникненням існуючих популяцій чи окремих видів гідробіонтів. Одним із них є використання великих об'ємів води на технологічні потреби [21; 26], збільшення надходжень різних видів забруднюючих речовин, таких як ксенобіотики, у природні та штучні водойми, що негативно впливає на зоо-, фітопланктон і іхтіоценози [1; 2].

Джерелами забруднення водних екосистем є пестициди, отрутохімікати, нафта, нафтопродукти, органічні речовини (ОР), сульфати, азотисті сполуки, клітковина, важкі метали, зважені речовини, фториди, ціаніди, амонійні сполуки, феноли, нафтопродукти, розчинники, фарби, СПАВ, ароматичні вуглеводні, органічні і мінеральні кислоти, важкі метали, барвники та інші забруднювачі, які потрапляють у воду з полів, з атмосферними опадами, в результаті діяльності лісопереробних об'єктів, металургійних заводів і підприємств хімічної, легкої, текстильної, харчової промисловості [5; 17; 23; 33]. Негативна дія підприємств гірничодобувної і вугільної промисловості на водні об'єкти пов'язана із значними викидами пилу, шкідливих газів, неорганічних сполук, фенолів і зважених речовин [15; 21; 22]. За даними екологічних служб країн Євросоюзу річні збитки, заподіяні внаслідок негативного впливу на навколишнє середовище становлять близько 3–5% від валового національного доходу [10]. В Україні особливо актуальною ця проблема стала на початку нинішнього століття, що пов'язують зі значним нарощуванням виробничих потужностей підприємств із виробництва м'яса бройлерів, харчових яєць, молока та свинини [9; 15; 22].

Із комунальними стоками крупних промислових центрів у воду потрапляє значна кількість органічних забруднювачів, амінів, фенолів, засобів лікувально-профілактичного призначення – антибіотиків та сульфаніламідних препаратів, гормонів, гормоноподібних сполук, збудників небезпечних інфекційних хвороб людей і тварин, таких як кишкова паличка, холерний вібріон, збудники тифу, паразитарних хвороб. Накопичення стічних вод у значній кількості у відстійниках очисних споруд сприяє забрудненню не тільки поверхневих вод, але й підземних водоносних горизонтів [1; 8; 31; 37].

Велику загрозу для функціонування водних екосистем несуть тваринницькі підприємства, а також об'єкти ветеринарної медицини, де утворюються значні кількості відходів у вигляді твердого та рідкого гною, гнойових, технологічних і господарсько-побутових стоків, а також стічних вод [15; 22].

Дослідженнями встановлено негативний вплив стічних вод від об'єктів з вирощування риби на якість води річок особливо в місці скиду, про що свідчать підвищений вміст у воді аміаку і фосфору, низька концентрація оксигену, високий рівень зважених речовин.

Загальна кількість утворених рідких відходів залежить від виду та потужності підприємства, прийнятої технології виробництва продукції, тваринництва, ефективності функціонування очисних споруд [10; 15], концентрації поголів'я тварин та птиці, що негативно впливає на водні об'єкти, розміщені в зоні їхньої діяльності [15; 22].

Крім значних обсягів рідких відходів, на цих об'єктах утворюється і викидається в навколишнє середовище значна кількість пилу, шкідливих газів, мікроорганізмів – бактерій і вірусів [15].

Негативний вплив на водні екосистеми також пов'язаний із надмірним використанням водних біоресурсів внаслідок неконтрольованого промислу, вселенням нових видів, запровадженням інтенсивних технологій у аграрному секторі, особливо на крупних тваринницьких комплексах і птахівничих підприємствах, порушенням місць перебування гідробіонтів внаслідок зміни гідрологічного режиму акваторій, будівництвом гідротехнічних споруд, інтенсивного розвитку аквакультури та інші [1]. Значні зміни екологічного стану водних об'єктів відбулися внаслідок недотримання норм охорони навколишнього середовища [20; 23].

Антропогенний вплив на водні екосистеми може бути прямий (безпосередній) або опосередкований (непрямий) [1]. Контроль за скидом техногенних забруднювачів у природні водойми дав змогу розробити та запровадити низку засобів, спрямованих на відновлення екологічного благополуччя малих річок, озер, ставів. Однак залишаються невирішеними проблеми крупних річок України, особливо штучно створених водосховищ [1; 10; 21].

На стан водних екосистем значний вплив здійснює басейн, який рекомендують розглядати як цілісну макросистему [10]. Це, насамперед, рельєф і стан прилеглих територій, наявність лісових масивів, водно-болотних угідь, рівень ґрунтових вод, наявність і видовий склад водяних рослин, фіто- і зоопланктона, іхтіофауна, паразитоценози, господарська діяльність у зоні розміщення водних об'єктів [1; 20].

Для нормального функціонування природних водних екосистем рекомендують дотримуватись співвідношення 50:50 порушених і непорушених прибережних територій [7]. Порушення цього співвідношення викликає зниження приростів рослин, врожайності сільськогосподарських культур, ураження іхтіофауни збудниками бактеріальних, вірусних та інвазійних хвороб, погіршення умов відтворення флори та фауни, поступового заболочення водних об'єктів та їх деградації [7].

Не менш проблемним залишається питання якості і безпечності стічних вод птахокомплексів, які після біологічної очистки на очисних спорудах скидаються у природні водойми. Так, за вмістом завислих речовин вони перевищують допустимі ГДК на 11%, за рівнем нітратів – на 25%, фосфатів – у 4 рази, загального заліза – в 15,6 раза [15].

Значна увага дослідників приділяється вивченню наявності у відходах тваринницьких підприємств, стічних водах, природних водоймах залишків лікувально-профілактичних препаратів, а саме: сульфаніламідів, антибіотиків, антигельмінтиків і гормональних сполук. Токсичний вплив цих сполук на гідробіонтів залежить від виду, властивостей, концентрації, тривалості дії та інших факторів.

Контроль вмісту тетрациклінів і сульфаніламідних препаратів у поверхневих і підземних водах за допомогою рідинної хроматографії дозволив виявити 11 різних антимікробних засобів, які найчастіше використовуються у ветеринарній медицині і тваринництві та можуть надходити в ґрунт і природні водойми [34].

У стічних водах лагун, рідких відходах, осаді і гної виявлено близько 50 різних антибіотиків. Із досліджених антибіотиків 39 сполук вдалося виявити в зразках поверхневих вод, 40 – у стічних водах лагуни, 36 – у рідких відходах, 40 – в осаді, 38 – у гної, 33 – у шламі [38]. Встановлено, що основними антибактеріальними засобами у воді і відходах виявилися сульфаніламідні препарати – сульфаніламід і сульфагуанідин, а також антибіотики – бацитрацин, клоксацилін, новобіоцин, кокцидіостатики – саліноміцин, наразин, монензин [38].

Основними ксенобіотиками, які забруднюють ґрунти, виявились тетрацикліни, вміст яких у багатьох зразках досягав концентрації 10967,1 нг/кг. Хлортетрациклін належить до групи тетрацикліну і є синтетичним препаратом, який володіє бактерицидними і фунгіцидними властивостями і в навколишньому середовищі практично не розкладається [40]. Він гальмує синтез білків бактеріальної клітини, викликаючи її загибель. Хлортетрациклін добре розчиняється в органічних розчинниках. Гостра токсичність хлортетрацикліну для ссавців (LC_{50}) становить понад 1500 мг/кг маси тіла, для риб при 96-годинній експозиції (LC_{50}) – понад 0,89 мг/дм^3. Для водяних безхребетних при 48-годинній експозиції – 128 мг/дм^3, для водяних рослин при 7-денній експозиції – 1,62 мг/дм^3 і для водоростей при 72-годинній експозиції – 3,1 мг/дм^3. Хронічна токсичність хлортетрацикліну для риб, водяних безхребетних, рослин та водоростей не встановлена. Хлортетрациклін позитивно впливає на ріст та розвиток тварин і не володіє канцерогенними та мутагенними властивостями, не впливає на функції ендокринних залоз. Найвищу концентрацію хлортетрацикліну (754,4 мг/кг) було виявлено у гної свиней, а хінолонів – норфлоксицин та енрофлоксацин у дозах 225,4 і 1420,8 мг/кг у відходах восьми провінцій Китаю [40].

У відходах тваринницьких підприємств виявлено нандролон, концентрація якого становить від 0,6 до 11 мкг [12]. Гормон нандпролон (19-нортестостерон) є гормональним замінником, володіє анаболічними властивостями і використовується у ветеринарній медицині у вигляді комерційного препарату лорейболін 25.

Джерелами антибіотиків у ґрунтах та воді є екскременти тварин, стічні води та атмосферні опади, після їхнього потрапляння з полів у водойми [40]. Загальна кількість антибіотиків у світі, які використовуються для лікування бактеріальних інфекцій у людей і тварин, становить від 100 до 200 тис. т у рік [32]. Особливу проблему для водних об'єктів становлять кормові антибіотики, які за своїми фізико-хімічними властивостями є погано розчинні у воді сполуками, тому всмоктуються в кишечнику тварин у незначній кількості, а 90% цих засобів виділяється із організму тварин із каловими масами та сечею, потрапляючи в гній або гнойові стоки практично без змін [32].

Можна передбачати, що надходження та накопичення антибіотиків у навколишньому середовищі загрожує стабільності екосистем за рахунок утворення великої кількості резистентних до них бактерій [13], що характерно для районів з інтенсивно розвинутим тваринництвом. За цих умов найпоширенішими антибактеріальними препаратами, які виявлено в зразках ґрунтів, є тетрацикліни, фторхінолони, нітрофурани і макроліди. Причому, якщо хлортетрациклін та оксітетрациклін виявляють в основному в зразках гною свиноферм, то в посліді птиці – залишки сульфаніламідів, у першу чергу сульфаметоксазолу, сульфахлорпіридазину та сульфадимідину. Залишки сульфаніламідів виявлено також у гної інших тваринницьких підприємств [30]. Найбільша кількість сульфаніламідів спостерігається в посліді при виробництві курятини, дещо менша – свинини і найменша – у гної великої рогатої худоби при виробництві молока [40]. Різну кількість залишків антибіотиків виявлено і у відходах різних вікових груп свиней. Менше за все антибактеріальних засобів знайдено у гної від свиноматок, що пов'язують із нижчими дозами або відсутністю їх застосування тваринам [12].

На процес перетворення антибіотиків у ґрунті впливають їхня кількість, фізико-хімічні властивості препаратів, у тому числі абсорбція, гідроліз, біологічне окиснення. Ці фактори впливають на міграцію і трансформацію антибіотиків у ґрунтах, які залежать від вищевказаних процесів. [39].

Інші фармацевтичні засоби, які не мають високої сорбційної здатністі, вимиваються із ґрунту у ґрунтові або поверхневі води [27], що викликає загрози та ризики щодо здоров'я тварин та людей через їх міграцію по харчовому ланцюгу в корми та сировину.

Це вказує на існування дуже важливої проблеми щодо доцільності широкого застосування антибіотиків у тваринництві та ветеринарній медицині особливо з позиції поширення генів антибіотикорезистентності в мікроорганізмів навколишнього середовища.

Велику увагу дослідників привертають проблеми з надходженням сульфаніламідних препаратів у навколишнє середовище [3; 13; 35]. Основними представниками групи сульфаніламідів є сульфаніламід, сульфаметазин, сульфамеразин, сульфади-

метаксин та інші. Деякі дослідники вважають, що близько 25–75% цих препаратів потрапляють із відходами в ґрунти [35]. Бактеріостатичні властивості сульфаніламіду пов'язані з його впливом на ферментативні реакції в бактеріальній клітині. Встановлені гостра токсичність сульфаніламіду для ссавців (LC_{50}), яка становить 3700 мг/кг маси тіла [3]. Госта та хронічна токсичність сульфаніламіду для риб, водних безхребетних і членистоногих, водяних рослин та водоростей не встановлені. Виводиться сульфаніламід з організму тварин в основному із сечею, з якою потрапляє у гній та гнойові стоки, а потім з очищеними стічними водами у природні водойми. Сульфаніламід володіє мутагенними властивостями та посилює ріст тварин, але не впливає на активність ацетилхолінестерази, ендокринні залози та не є нейротоксином. Сульфадіазин і сульфаметазин виявлені також у риб і у воді в районі вирощування об'єктів морської аквакультури [35], а також у посліді курей. Утилізація відходів тварин на полях створює значні ризики забруднення навколишнього середовища сульфаніламідами ґрунтів та води.

Сульфаніламідні препарати виявлено у воді природних водойм та питній воді багатьох країн світу, серед яких Велика Британія, Корея, Китай. Сульфаніламіди, зокрема сульфамеразин, а також антибіотики еритроміцин, тетрациклін, оксітетрациклін, лінкоміцин та їх метаболіти знайдено в підземних водах [36].

Показано, що концентрація сульфаметоксазолу у ґрунтових водах становила 410 нг/л, у поверхневих – 480 нг/л, а у зразках питної води – 66 нг/л. Певна кількість антибіотиків була також виявлена і у ґрунтах після внесення органічних добрив [28]. Аналіз зразків стічних вод із муніципальних очисних споруд на вміст антибактеріальних препаратів довів наявність у відходах сульфаметоксазолу, ципрофлоксацину, офлоксацину і триметоприму, концентрація яких змінювалась від 40 до 705 нг/дм^3, ломефлоксацину і енрофлоксацину, концентрація яких становили від 1 до 680 нг/дм^3, а також макролідів – кларитроміцину і еритроміцину, концентрація яких досягає 75 нг/дм^3 [36].

Виявлено, що осади стічних вод очисних станцій також містять ряд лікарських засобів, у тому числі лінкоміцин і окситетрацикрлін, концентрація яких становила відповідно 2,6 і 743,6 мкг/дм^3 [37].

Застосування традиційних і сучасних методів очищення стічних вод тваринницьких підприємств, а саме: аеробної біоферментації і мікрофільтрації не звільняє їх від антибіотиків та сульфаніламідних препаратів. При цьому відбувається їхній частковий перерозподіл між рідкою (водна) і твердою (осад) фракціями.

Останнім часом значну екологічну і соціальну проблему становлять ендокринні руйнівники, які негативно впливають на організм у дуже малих кількостях. До цієї групи речовин зараховують естрогени, зокрема естріол та його похідні, які знаходять у побутових стічних водах у вигляді вільних чи кон'югованих компонентів. Широке використання як стимулятора продуктивності тварин нандролону призводить до його накопичення у воді [11].

У стічних водах знайдено і ряд анаболічних препаратів, а саме андрогени тестостестерон і тренболону ацетат, а також естрогени 17-β-естрадіол, зеранол, прогестерон і меленгастролу ацетат, які є основними стимуляторами росту тварин [11; 13]. Гормон нандролон використовується у ветеринарній медицині як анаболічний стероїд, а також у комплексній терапії тварин при корекції негативного балансу азоту і кальцію, а також як допомога при одужанні. Гостра та хронічна токсичність для риб, водних безхребетних та членистоногих, водних рослин і водоростей не встановлені [14].

Одним із ксенобіотиків антропогенного походження, виявлених у відходах тваринницьких підприємств і в стічних водах об'єктів біологічної очистки рідких відходів, є антигельмінтики фенбендазол та альбендазол. Їхній вміст у стоках тваринницьких об'єктів коливається в межах від 14,1 до 566,5 мкг/л, у водах після біологічної очистки, які скидаються у природні водойми – 6,9–239,4 мкг/л, а у воді ставу накопичувача – 8,3–24,3 мкг/л [11]. Альбендазол створено як альтернативу зарубіжним протипаразитарним засобам для боротьби з гельмінтозами сільськогосподарських тварин [18]. Оскільки альбендазол є штучно синтезованим препаратом, він погано розкладається в навколишньому середовищі і здатний до накопичення в ґрунтах, воді та рослинах [11; 18].

Встановлено, що використання альбендазолу при паразитарних захворюваннях риб як одного із найбільш ефективних антигельмінтиків, викликає при введенні per os з комбікормами його надходження практично в усі внутрішні органи, м'язи та головний мозок. Кумулятивний ефект цього препарату залежить від дози, тривалості експозиції і віку коропових риб [24].

Протипаразитарний ефект антигельмінтних препаратів значним чином залежить не тільки від дози діючої речовини, але і комплексу інших компонентів, які надають нових властивостей цим засобам [24]. Зміна розміру частини антигельмінтика, використання комплексоутворюючих лігандів, таких як β-циклодектрини, гідроксіетилкрохмаль, і особливо арабіногалактана збільшує значною мірою їхню розчинність у воді в середньому від 3,0 до 58 разів. Це впливає на ефективність застосування цих препаратів у процесі дегельмінтизації тварин [24].

Однією із головних причин забруднення ґрунтових та поверхневих вод токсичними сполуками, а також джерелом поширення хвороб тварин та людей [22] є забруднення значних площ земельних угідь, відведених під тимчасове зберігання великих обсягів курячого посліду з підстилкою, що впливає на підвищення концентрації важких металів, вмісту нітратів, амонійного азоту, сульфатів

і неорганічного фосфору у ґрунтах [36]. Санітарно-екологічна оцінка стоків, утворених від бройлерного виробництва, а також поверхневих вод природних водойм у місці скиду очищених стічних вод, показала значне перевищення вмісту забруднювачів органічного і неорганічного походження у воді [21; 22]. Птахівничі підприємства є також забруднювачами атмосферного повітря.

Розроблено та рекомендується використовувати низку сучасних методів зниження екологічного тиску тваринницьких об'єктів для довкілля, серед яких є застосування коагулянтів – поліалюміній хлориду в суміші з хлоридом кальцію та знезараження освітленої води хлорвмісним реагентом [15].

Найбільшими забруднювачами механічного і хімічного походження навколишнього середовища шкідливими газами, пилом, відходами, залишками кормів, стимуляторами росту тварин, лікувально-профілактичними препаратами, гормонами, грибами, бактеріями і вірусами є свинарські підприємства [9]. Середньодобовий вихід екскрементів від утримання свиней становить близько 12 кг на добу, що становить 4,4 т на голову в рік. Вони є джерелом шкідливих газів – аміаку, сірководню, метану, аліфатичних і ароматичних амінів, меркаптанів, низькомолекулярних органічних кислот.

Використання в годівлі свиней значної кількості протеїну і фосфорорганічних компонентів сприяє їхньому накопиченню в рідких відходах, які із стічними водами у вигляді азотистих сполук і солей фосфорної кислоти потрапляють у природні водойми, викликаючи їхню евтрофікацію [29]. Підприємства з виробництва свинини є також джерелом утворення значної кількості парникових газів – вуглекислого газу, метану та закису азоту.

Беручи до уваги той факт, що виробництво свинини у світі, зокрема в нашій державі, буде зростати у зв'язку із суттєвим приростом населення, проблеми негативного впливу свинарських підприємств на довкілля, особливо на водні об'єкти, в найближчий час будуть посилюватись, що вимагає не тільки постійного моніторингу їхнього екологічного стану, але й розробки ефективних методів очистки і знезараження стічних вод [9].

Антропогенний вплив на природні водойми також пов'язують із наявністю у воді фенольних сполук різної будови молекул та продуктів їхнього перетворення [7].

Одним із техногенних забруднювачів антропогенного походження внутрішніх водойм, які використовуються в рибогосподарських цілях, є радіонукліди 90 Sr і 137 Cs, рівні яких значно зросли після аварії на Чорнобильській АЕС [19]. Накопичуючись у воді, особливо в донних відкладеннях (сапропелі), радіонукліди здатні переходити через харчові ланцюги в організм риб, викликати незворотні зміни метаболічних процесів у тканинах та знижувати безпечність харчових продуктів.

Відомо, що радіоекологічна напруга у водних екосистемах значною мірою залежить від гідрохімічного режиму водойми. Особливо активно цей процес проходить при зниженні рівня води, що призводить до замулення водойми і до збільшення концентрації радіонуклідів у воді за рахунок виходу їхніх рухомих форм із донних відкладів змілілих ділянок суші, а також шляхом зміни динамічної рівноваги між процесами сорбції і десорбції радіонуклідів водними організмами [19].

Серед значної кількості ксенобіотиків, у тому числі і антропогенного походження, які забруднюють природні водойми, в останній час значну увагу приділяють рідким відходам тваринницьких підприємств, роль яких у порушенні екологічного стану водних об'єктів з'ясована не до кінця.

Головні висновки. Отже, на основі аналізу літературних джерел можна зробити висновок про те що, основними ксенобіотиками, які забруднюють поверхневі та підземні води є сульфаніламідні препарати, антибіотики, антигельмінтики і гормони, вплив яких на гідробіонтів потребує широкомасштабних досліджень, а їхня роль у порушенні екологічної рівноваги водних об'єктів до кінця не з'ясована.

Література

1. Алимов С.І. Екологічні зміни водних екосистем при антропогенних навантаженнях. Наукове видання. Харків : Оберіг, 2010. 360 с.
2. Анисимова И.М., Лаврованый В.В. Ихтиология. Москва : Агропромиздат, 1991. 288 с.
3. Антибактериальные препараты. Специальный выпуск. *Русский медицинский журнал.* 1997. Т. 5, № 21. С. 686–692.
4. Афанасьев С.А. Проблеми і розвиток досліджень екологічного стану гідросистем України в аспекті імплементації директив ЄС в галузі довкілля. *Гідробіологічний журнал.* 2018. Т. 54, № 6. С. 3–18.
5. Бібчук К.В., Жиденко А.О. Стан коропових риб в умовах інтенсивного застосування гербіцидів. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: біологія. *Спеціальний випуск: Гідроекологія.* 2015. № 3–4. С. 74–78.
6. Волкова О.М. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу : автореф. дис. … доктора біол. наук : 03.00.17 «Гідробіологія». Київ, 2008. 34 с
7. Еколого-токсикологічні дослідження озерних екосистем Шацького національного природного парку: органічні, токсичні речовини у воді / О.М. Арсан, Ю.М. Ситник, Л.О. Горбатюк, І.Г. Кукля. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій.* Збірник наук. праць Волинського національного ун-ту. ім. Лесі Українки. 2012. № 9. С. 325–328.
8. Жиденко А.О. Морфофізіологічні адаптації різновікових груп *Cyprinus carpio* L. за несприятливої дії еклогічних факторів : автореф. дис. … докт. біол. наук : 03.00.16 «Екологія». Одеса, 2009. 40 с.

9. Жукорський О.М., Нікіфорчук О.В. Галузь свинарства – реальна та прогнозована загроза для довкілля. *Агроекологічний журнал.* 2013. № 3. С. 102–106.
10. Иванов Д.И., Алымов С.И. Антропогенное воздействие на водные экосистемы. *Агроекологічний журнал.* 2012. № 2. С. 90–94
11. Іванова О.В., Захаренко М.О. Гігієнічні показники гнойових стоків свинарських підприємств за біологічних способів очистки. *Науковий вісник Львівського нац. ун-ту ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького*. 2013. № 3 (57). С. 335–341.
12. Іванова О.В., Захаренко М.О Сезонний вміст відходів свинарських підприємств. *Тваринництво України.* 2013. № 12. С. 4–7.
13. Курбатова І.М., Тупицька О.М. Вплив абіотичних факторів на організм прісноводних риб (літературний огляд). Вісник Запорізького національного університету. *Біологічні науки.* 2015. № 2. С. 99–108.
14. Курбатова І.М., Тупицька ОМ., Смоленський О.О. Вплив антропогенних чинників на якість води рибогосподарської водойми ЗАТ «Антонов» с. Круглик. *Питання біоіндикації та екології*. 2014. Вип. 19, № 1. С. 107– 115.
15. Марченко О.С. Екологічні проблеми в бройлерному виробництві та напрями їх вирішення : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 03.00.16 «Екологія». Київ, 2011. 19 с.
16. Методичні підходи до ідентифікації класу речовин токсичної дії в донних відкладах прісноводних об'єктів / В.Д. Романенко, І.М. Коновець, М.Т. Гончарова [та ін.] *Гідробіологічний журнал*. 2018. Т. 54, № 4. С. 101–112
17. Миронюк М.О., Арсан О.М., Хоменчук В.О. Вплив сирої нафти і дизпалива на активність сукцинатдегідрогенази та цитохромоксидази в організмі коропа (*Cyprinus carpio* L.). *Гідробіологічний журнал*. 2011. Т. 47, № 2. С. 112–118.
18. Приходько Ю.А. Кишкові гельмінтози свиней і собак та експериментальне обґрунтування застосування вітчизняного антигельмінтика альбендазолу : автореф. дис. … доктора вет. наук : 16.00.11 «Паразитологія, гельмінтологія». Харків, 2002. 34 с.
19. Радіоекологічні проблеми водних екосистем Шацького національного природного парку / О.М. Волкова, В.В. Беляєв, Ю.М. Ситник, А.М. Михалевич. *Природа західного Полісся та прилеглих територій. Збірник наукових праць Волинського національного університету ім. Лесі Українки*. 2012. № 9. С. 328–334.
20. Романенко В.Д. Дніпровські водосховища, їхнє значення та проблеми. *Гідробіологічний журнал*. 2018. Т. 54, № 1. С. 3–13.
21. Тертична О.В., Бородай В.П., Мінералов О.І. Актуальні проблеми та сучасний стан стічних вод при виробництві продукції птахівництва. Інтегроване управління водними ресурсами: дослідження, інновації, освіта. Київ, 2014. С. 333–338
22. Тертична О.В. Наукові основи екологічного оцінювання впливу промислового птахівництва на стан навколишнього природного середовища : автореф. дис. … доктора біол. наук : 03.00.16 «Екологія». Київ, 2018. 42 с.
23. Тупицкая О.Н., Смоленский О.О., Курбатова И.Н. Биохимические показатели крови карпа (Cuprinus carpio L.) под воздействием алифатических аминов. *Вестник Тверского государственного университета.* 2015. № 4. С. 33–40.
24. Халиков С.С., Халиков М.С., Метелеева Е.С., Туськов С.А. Механическая модификация свойств антигельминтных препаратов. *Химия в интересах устойчивого развития*. 2014. № 19. С. 699–703.
25. Шевченко О.П., Майструк А.А., Вовк Н.І. Гельмінтози масових видів риб озера Люцимер Шацького національного природнього парку. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій. Збірник наукових праць Волинського національного ун-ту. ім. Лесі Українки.* 2012. № 9. С. 234–238.
26. Baldisserotto B., Chrowdhur M.I., Wood C.M. Effect on dietary calcium and cadmium on cadmium accumulation, calcium and cadmium uptake from the water, and their interaction in juvenile rainbow trout. *Aquatic Toxicology.* 2005. Vol. 72, № 1. P. 99–177.
27. Diar-Cruz M. S., Alda M. J. L., Barcel O. D. Environmental behavior and analysis of veterinary and human drags in soil, sediments and sludge. Trends. Analitical Chemistry. 2003. Vol. 22, № 6. P. 340–351.
28. Different behavior of tetracycline's and sulfonamides in Sandy soils after repeated fertilization with liquid manure / G. Hamscher, H.T. Pawelzick, H. Hoper, H. Nau / J. Environmental Toxicology Chemistry. 2005. Vol. 24, № 4. P. 861–868.
29. James C. Global status of commercialized biotech. The International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 2011. URL: http://www.isaaa.org.
30. Karci A., Balcioglu I. A. Investigation of the tetracycline, sulfonamide, and fluoroquinolone antimicrobial compounds in animal manure and agricultural soil in Turkey. *J. Science Total Environmental.* 2003. № 31. P. 36–44.
31. Kim S.D., Cho J., Kim I.S. [et al.] Occurrence and Removal of Pharmaceuticals and Endocrine Disruptors in South Korean Surface Drinking and Waste Water. *Water Research*. 2007. Vol. 41, № 5. P. 1013–1021.
32. Kummerer K. Antibiotics in the aquatic environment – a review. *J. Chemosphere.* 2009. part I, № 75. P. 417–434.
33. Kurbatova I., Zakharenko M., Tupitska O., Yaremchuk O., Chepil L. Effect of antibiotics, hormones and anthelmintic on high molecular weight protein fractions in the common carp Ukrainian. *Journal of Ecology*. 2020. № 10(2). P. 76–80:
34. Lindsey M.L., Meyer M.T. Thurman Analysis of Trace Levels of Sulfonamide and Tetracycline Antimicrobial in GroundWater and Surface Water Using Solid-Phase Extraction and Liquid Chromatography – Mass-Spectrometry. *J. Analitical Chemistry*. 2001. № 73. P. 4640–4646.
35. Residual Veterinary antibiotics in swine manure from concentrated animal feeding operations in Shandong Province, China / X. Pan., Z.M. Qiang, W.W. Ben, M.X. Chen. *J. Chemosphere*. 2011. Vol. 84, № 5. P. 695–700.
36. Sarmach H., Meyer M.T., Boxall A.B. Global Perspective on the Use Sales Exposure Pathways Occurrence Fate and Effects of Veterinary Antibiotics (Vas) in the environment. *J. Chemosphere.* 2006. Vol. 65 (5). P. 725–759.
37. Sexhormones originating from different livestock production systems: Fate and potential disrupting activity in the environment / I.G. Lange, A. Daxenberger, B. Schiffer et. all. / Anal. Chem. 2002. Acta 473. P. 27–37.
38. Shafrir M., Avisar D. Development Method for Extracting and Analyzing Antibiotic and Hormone Residues from Treated Wastewater Sludge and Composted Bio solids. Water, Air, Soil Pollutant. 2012. Vol. 223, Issues 5. P. 2571–2587.
39. Tianli T., Shuguang X. Residues and health risk assessment of sulfonamides in sediment and fish from typical marine aquaculture regions of Guangdong Province, China. Europe PMC plus. 2014. Vol. 35 (7). P. 2728–2735.
40. Zhang S.L., Wang Z.G. Hazard of Sulfonamides and Detection Technology Research Progress. Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 100. P. 1–6.

УДК 504.06
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.9

ГІДРОГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ БАСЕЙНУ РІЧКИ ПРИП'ЯТЬ

Касіянчук Д.В., Тимків М.М.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, 76019, м. Івано-Франківськ
dima_kasiyanchuk@ukr.net, maritymkiv@gmail.com

У роботі розглянуто одне з важливих питань сьогодення – забруднення підземних вод на території басейну річки Прип'ять. Територія дослідження належить до транскордонних земель, оскільки межує з Білорусією і цим самим визначає першочерговість проведення дослідження. З метою належного та всебічного дослідження стану підземних вод у сучасних умовах навколишнього середовища було запропоновано комплексний підхід з оцінки стану підземних вод на основі просторового поширення антропогенних процесів. Авторами для дослідження було вибрано основні чинники, які мають негативний вплив на стан підземних вод, та обчислено ризики забруднення території. Для розрахунків потенційних ризиків зібрано, систематизовано та опрацьовано базу даних у табличному та картографічному вигляді. Обчислення основних екологічних ризиків у межах досліджуваної території проводилось на основі кількох чинників: місця залягання та площі покладів бурштину, зони складування твердих побутових викидів та скидів небезпечних речовин підприємствами регіону, окремо була розрахована навантаженість на кожен окремий суббасейн р. Прип'ять кількості населення. Сформований математичний алгоритм для розрахунку еколого-геологічних ризиків враховує середню просторово-часову ймовірність впливу вибраних факторів (заболоченість території, видобуток бурштину, наявність небезпечних техногенних споруд) на стан підземних вод, частку сумарної площі забруднення за досліджуваний період на площі басейну як показника максимального площинного ураження. Ця інформація дала змогу провести загальну класифікацію досліджуваної території загалом та по окремому суббасейну зокрема. Ця оцінка дає змогу показати масштаб впливу перелічених факторів на стан підземних вод та надалі дасть змогу проводити аналіз зміни такого впливу. *Ключові слова:* підземні води, забруднення, екологічні ризики.

Gidrogeoecological analysis of the Prypyat River basin. Kasiyanchuk D., Tymkiv M.
The paper considers one of the important issues of today – groundwater pollution in the Prypyat River basin. The study area belongs to the cross-border lands, as it borders with Belarus and thus determines the priority of the study. In order to properly and comprehensively study the state of groundwater in modern environmental conditions, a comprehensive approach to assessing the state of groundwater based on the spatial distribution of anthropogenic processes was proposed. The authors selected for the study the main factors that have a negative impact on the state of groundwater and calculated the risks of pollution. To calculate potential risks, a database in tabular and cartographic form is collected, systematized and processed. The calculation of the main environmental risks within the study area was based on several factors: location and area of amber deposits, storage areas for solid household emissions and discharges of hazardous substances by enterprises in the region, separately calculated the load on each sub-basin of the Prypyat population. The formed mathematical algorithm for calculation of ecological and geological risks takes into account the average spatio-temporal probability of influence of the chosen factors (waterlogging of territory, amber extraction, presence of dangerous technogenic constructions) on a condition of underground waters, share of the total area of pollution for the investigated period lesions. This information allowed for a general classification of the study area in general and for a particular sub-basin in particular. This assessment makes it possible to show the scale of the impact of these factors on the state of groundwater and in the future will analyze the change in such impact. *Key words:* groundwater, pollution, environmental risks.

Постановка проблеми. Незважаючи на те, що значна частина території басейну р. Прип'ять знаходиться під охороною, екологічна ситуація все ж залишається критичною. Основними причинами є ведення інтенсивного водного господарства, як наслідок значне зменшення самовідтворюючих можливостей річок та виснаження водних ресурсів, забруднення водних об'єктів через невпорядковане відведення стічних вод, радіаційне забруднення басейнів багатьох річок у зонах Чорнобильської, Рівненської та Хмельницької АЕС, зниження якості підземних вод, які використовуються для потреб населення, недосконалість економічного механізму фінансування і реалізації водоохоронних заходів, відсутність автоматизованої постійно діючої сітки моніторингу в системі водокористування; несанкціоноване видобування бурштину, відсутність контролю за розміщенням полігонів твердих побутових відходів, відсутність контролю за дотримання санітарних норм на підприємствах, які ведуть діяльність на території басейну. Таким чином сукупність перелічених факторів змушує шукати нові способи мінімізації екологічної шкоди на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження впливу антропогенних чинників на стан підземних вод нині є досить актуальним, оскільки щодня питання водозабезпечення населення постає дедалі гостріше. В Україні кожного року виходить щорічник ДНПВ Геоінформ, де в стислому вигляді наводиться огляд режиму підземних вод у природних і порушених умовах, якісного стану підземних вод (основні джерела забруднення підземних вод, умови забруднення, площі виснаження та забруднення підземних вод, вміст в підземних водах основних

забруднюючих речовин, водозабори з розвіданими експлуатаційними запасами та ін.). Широко питанням забруднення підземних вод займаються такі українські дослідники, як Н.С. Лобода, І.В. Удалов, В.М. Шестопалов, Т.О. Кошлякова, Л.І. Давибіда та ін. У роботі [1] детально описано антропогенний вплив на гідрогеологічне середовище, основні причини та види забруднень підземних вод, проведено оцінку масштабу забруднення підземних вод. Автори у праці [2] запропонували геоінформаційний підхід до визначення рівня ризику забруднення підземних вод різних водоносних горизонтів, який базується на виділенні ландшафтних гідрогеологічних комплексів різних типів у межах досліджуваної території. У роботах С.А. Рубана та М.А. Шинкаревського [3; 4] для регіонального масштабу досліджень захищеності водоносних горизонтів і оцінювання ризику виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із їхнім забрудненням, як територіальну основу було запропоновано використовувати таксони гідрогеологічного районування за умовами формування підземних вод. Варто звернути увагу і на дослідження [5], де автори розглядають варіанти як зменшити забруднення у водних басейнах на основі еколого-економічного моделювання. У роботі [6] представлена оцінка екологічної вразливості басейну річки Тарім. Окрім того, що ця річка знаходиться в надзвичайно посушливому регіоні, згубного впливу додає також інтенсивна людська діяльність.

Новизна. Визначено ступінь впливу полігонів твердих побутових відходів, видобутку бурштину, заболочених земель та боліт на еколого-геологіч-

Таблиця 1

Перелік екологічно небезпечних об'єктів на території басейну р. Прип'ять

№ п/п	Назва	Місце розташування	Тип забруднення
1	Житомирське ВУВКГ	м. Житомир	скиди, відходи
2	ВАТ Волинь-цемент, «Дікергофф цемент Україна»	м. Здолбунів	викиди
3	ВАТ Рівнеазот	м. Рівне	викиди, відходи
4	ВП Рівненська АЕС	м. Кузнецовськ	відходи
5	Брище сміттєзвалище	Волинська обл.	викиди, відходи
6	Чорнобильська АЕС		відходи
7	Хмельницька АЕС		відходи
8	ПрАТ Рівневодавтотранс		Оброблення відходів
9	ТОВ «Міськкомунсервіс»	м. Новоград-Волинський	Оброблення відходів
10	Комунальне виробничо-господарське підприємство	м. Коростень	Захоронення ТПВ
11	Овруцьке комунальне підприємство «Комунальник»	м. Овруч	Виробництво і розподіл тепла
12	Горохівське ВУЖКГ	м. Горохів	Скид стічних вод
13	Маневицьке ВУЖКГ	смт. Маневичі	Скид стічних вод
14	КП «Луцькводоканал»	м. Луцьк	Скид стічних вод
15	Ковельське УВГК «Ковельводоканал»	м. Ковель	Скид стічних вод
16	КП «Дубищенське ЖКГ»		Скид стічних вод
17	Старовижівське ВУЖКГ	смт Стара Вижівка	Скид стічних вод
18	Ратнівське ВУЖКГ	смт Ратно	Скид стічних вод
19	Цуманське ВУЖКГ	смт Цумань	Скид стічних вод
20	Ківерцівське ВУЖКГ	м. Ківерці	Скид стічних вод
21	КП «Любешів комфортсервіс»	м. Любешів	Скид стічних вод
22	ПАТ «Гнідавський цукровий завод»	м. Луцьк	Скид стічних вод
23	ПАТ «Кульчинський силікатний завод»	с. Кульчин	Скид НДО стічних вод у р. Стир (басейн р. Дніпро)
24	Полігон для захоронення ТПВ м. Ковель	с. Люблинець Ковельського району	Захоронення ТПВ
25	Полігон для захоронення ТПВ м. Луцька	с. Брище Луцького району	Захоронення ТПВ
26	Полігон для захоронення ТПВ	смт. Стара Вижівка	Захоронення ТПВ
27	Полігон для захоронення ТПВ	м. Камінь-Каширський	Захоронення ТПВ
28	Полігон для захоронення ТПВ	смт. Любешів	Захоронення ТПВ
29	Полігон для захоронення ТПВ	смт. Ратне	Захоронення ТПВ
30	Полігон для захоронення ТПВ	смт. Торчин	Захоронення ТПВ

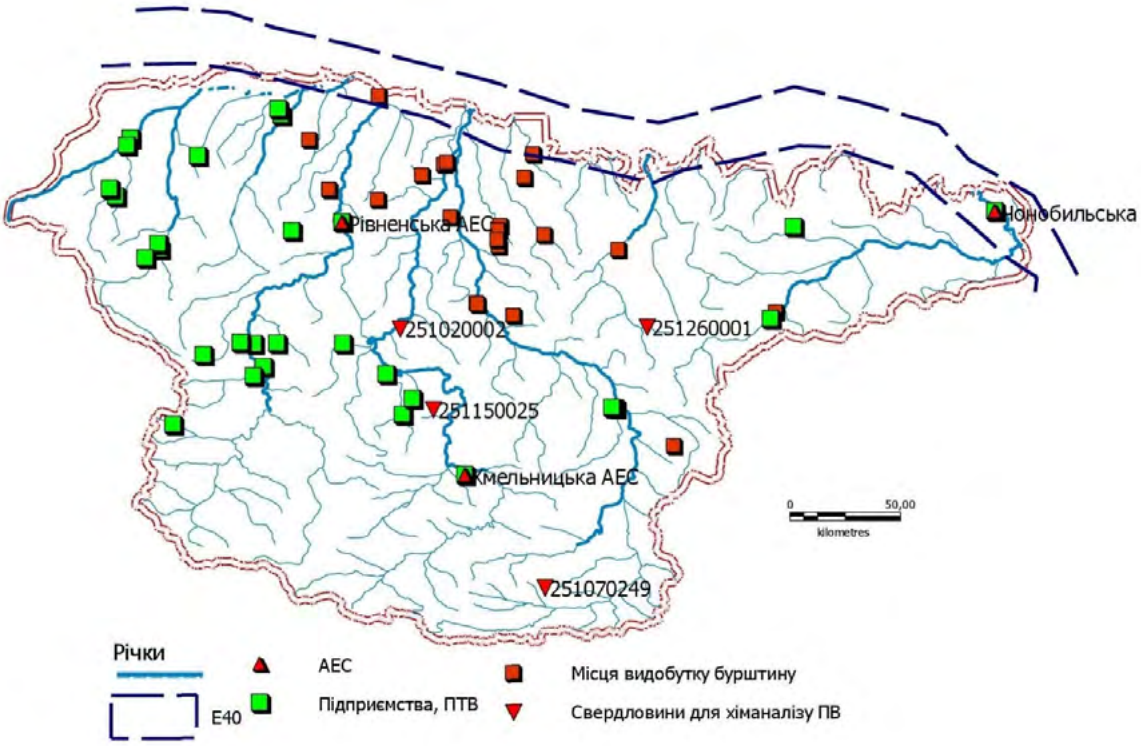


Рис. 1. Карта техногенного навантаження басейну річки Прип'ять

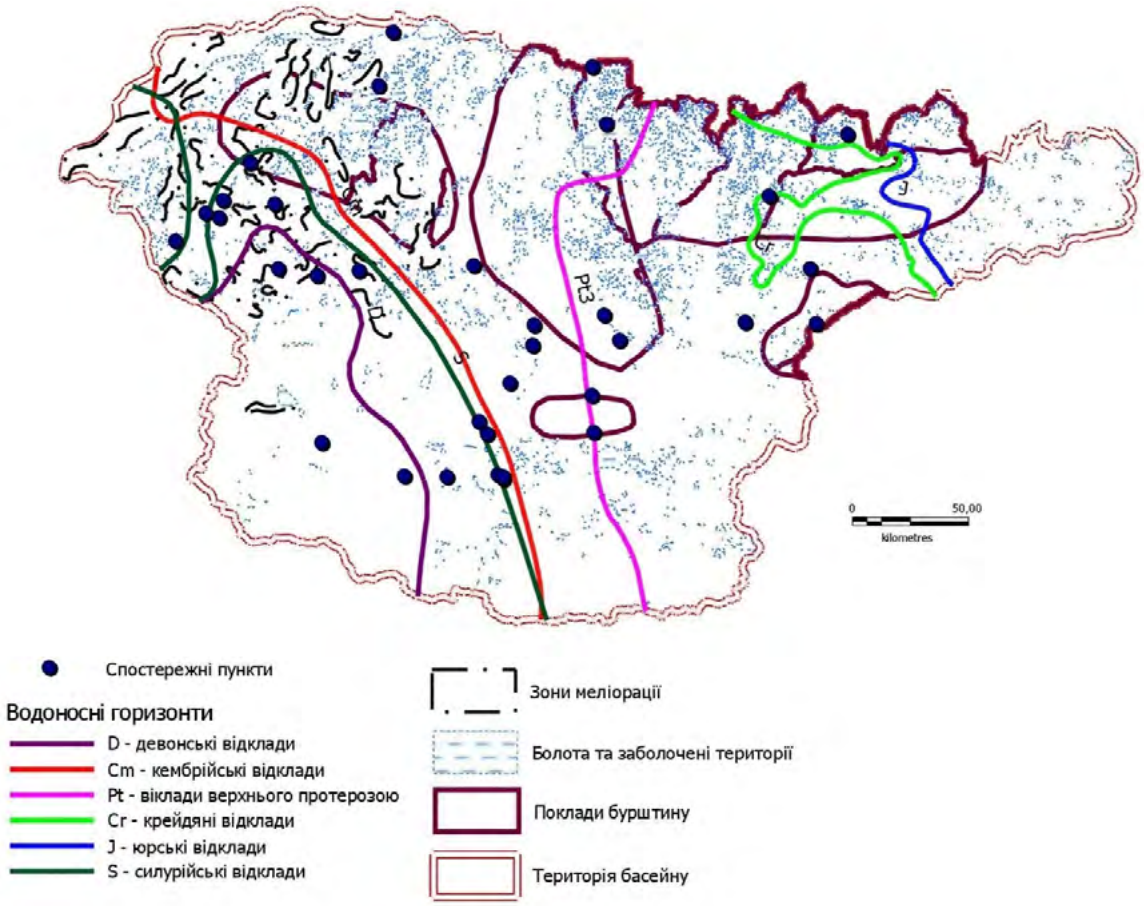


Рис. 2. Карта природної складової басейну річки Прип'ять

ний стан досліджуваної території, а також здійснено оцінку ризиків безпеки життєдіяльності на імовірнісному рівні.

Метою дослідження є розрахунок еколого-геологічного ризику та площі його ураження території дослідження, щоб з'ясувати, які частину басейну річки Прип'ять найбільш уражені і де потрібно застосовувати в першу чергу відповідні міри безпеки.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Станом на 2019 рік, відповідно до Екологічного паспорту області (зокрема Житомирської, Рівненської, Волинської, Київської, Хмельницької) до переліку екологічно небезпечних об'єктів належать 30 підприємств (табл. 1).

Найбільшими забруднювачами поверхневих та підземних вод у межах басейну є поля фільтрації цукрозаводів (нітрати), витік нафтопродуктів із цистерн на акумулюючо-підкачувальній станції нафтопроводу «Дружба», палива зі складів паливно-мастильних матеріалів (ПММ) військових частин м. Луцька, а також промислові відходи ВАТ «Рівнеазот».

На території складів ПММ в/ч А1416 у м. Луцьк спостерігається нафтохімічне забруднення водоносного горизонту у верхньокрейдових відкладах, глибина проникнення забруднення 4,5 м, площа забруднення 0,3 км^2. У зоні впливу ВАТ «Рівнеазот» внаслідок впливу канави зі стічними водами, підземні води верхньопротерозойських відкладів, за попередніми даними, були забруднені аміаком до 21,8 мг/дм^3, в інших свердловинах на четвертинний і верхньопротерозойський водоносні горизонти вміст аміаку коливався від 0,4 до 0,7 мг/дм^3 [7].

28 липня 2020 року на засіданні басейнової ради річки Прип'ять обговорювалось питання впливу комунальних підприємств на якісний стан водних ресурсів басейну річки Прип'ять. Найбільшими забрудниками підземних вод є органічні, біогенні (сполуки фосфору 304 тис. т/рік, сполуки азоту 329 тис. т/рік) і небезпечні (несинтетичні групи важких металів, нафтопродукти) речовини тощо.

На рис. 1 представлені підприємства, які є одним із найбільших забруднювачів підземних вод та зона, яка попадає під вплив шкідливих викидів даних підприємств. Оскільки дані об'єкти належать до 1 та 2 класу шкідливості підприємств за санітарними нормами, відповідно, санітарно-захисна зона будувалась у межах 500–1000 м.

Як видно із рисунка, площа забруднення становить четверту частину території басейну і основна загроза забруднення водоносних горизонтів у північно-східних районах із високим ризиком виникнення надзвичайних ситуацій пов'язана зі сміттєзвалищами і полігонами твердих побутових відходів. Внаслідок такої діяльності підземні води попадають у зону забруднення. Підземні води в четвертинних, верхньокрейдових та протерозойських відкладах забруднені амонієм, нітратами та нафтопродуктами. У результаті господарської діяльності ґрунтові води, а інколи і підземні, частково забруднюються з'єднаннями азоту, кількісний склад якого змінюється. Забруднення аміаком спричинене збільшенням в індивідуальному господарстві поголів'я тварин, кадмієм – внесенням попелу, як добрива, на присадибних ділянках.

Забруднення ґрунтових вод та вод у верхньокрейдових відкладах аміаком та кадмієм останнім часом збільшується поблизу селянських садиб у поліській частині цієї території.

Також велике значення на рівень підземних вод має видобуток бурштину (рис. 2).

На сьогоднішній день основними бурштиносними районами є південний і північно-західний схил Українського щита та територія Волино-Подільської плити. Згідно з адміністративним районуванням сюди входять: північна частина Волинської, Рівненської, Житомирської і Київської областей. Також у межах Прип'ятського бурштиноносного басейну окремо виділено такі зони: Володимирецько-Дубровицьку, Клесівсько-Рокитнянську, Маневицько-Зарічнянську, Вишгородську (з родовищем Петрівським), Барашівську (з родовищем Вікторівським), а також Могилянську й Пержанську зони. Клесівсько-Рокитнянська бурштиноносна зона Прип'ятського бурштиноносного басейну розміщена на сході й північному сході Рівненської області і представлена Клесівським бурштиноносним районом.

Варто також звернути увагу на те, що територія Полісся є найбільш заболоченою в Україні [9], 18% тільки з яких не підлягають осушенню. Болота – важливий гідрологічний і кліматичний регулятор. Вони є місцем депонування парникових газів через акумуляцію вуглецю. У контексті змін клімату та збереження біорізноманіття, тема охорони боліт та торфовищ виглядає більш глобально, ніж може здаватись на перший погляд.

Значного впливу на формування режиму в межах території Волино-Подільського басейну здійснює осушувальна меліорація. Відповідно до [8] у 2018 році на осушувальній системі «Стохід», за даними поста Старий Мосир, середньорічні рівні четвертинного водоносного горизонту, порівняно з минулим роком, знизились на 0,05 м, і становили 2,64 м. Верхньокрейдовий водоносний горизонт не спостерігається. На рис. 3 представлена територія, яка є заболоченою. Такий вид діяльності може принести колосальні збитки та досить таки негативні екологічні наслідки, які є наслідком переосушення верхнього шару ґрунту, вторинного заболочування, збільшення глибини промерзання ґрунту на осушених землях, осушення прилеглих територій, зниження рівня ґрунтових вод, яке може проявитися на відстані до 5-7 км від кордону осушуваного масиву і т. д.

На Поліссі з 1960 по 1980 рр. була осушена половина заболочених і перезволожених земель, осушення боліт супроводжувалося сильним зниженням рівня ґрунтових вод, що призвело до висушування

ґрунту і зникнення рослинності. Падіння продуктивності на осушених землях Полісся настало через 10–15 років. Надмірне осушення боліт, коли рівень ґрунтових вод падає нижче 1,5 м від поверхні землі, призводить до швидкого окислення торфу і виносу поживних речовин в дренажні канави.

У багатьох зарубіжних країн вже є досвід у сфері охорони боліт. Наприклад, в Європейському Союзі є мережа охоронних ділянок рідкісних видів і біотопів, що знаходяться під загрозою зникнення, заснована на базі Пташиною та Оселищної директив – Natura 2000 [10]. Членами Європейського Союзу було проаналізовано не тільки екологічний стан кожного охоронюваного природного об'єкта, а й його прямий внесок у розвиток місцевого, регіонального та глобального рівня екологічної мережі. Використання ресурсів торфовищ в Європі регулюється нормативними актами і програмами Європейського Союзу в галузі навколишнього середовища і сільського господарства.

Звіт Conserving mires in The European Union, розроблений у рамках проектів LIFE-Nature mires, який містить у собі всю актуальну інформацію про водно-болотні угіддя країн ЄС: природоохоронне законодавство, основні тенденції у сфері охорони боліт, загальну інформацію про болота, а також розглядає питання відновлення і ефективного управління водно-болотними угіддями. Також в ЄС була розроблена карта боліт Європи, заснована на книзі [11], яка являє собою першу зведену карту всіх європейських боліт. У ній представлені оцінки площі торфовищ і боліт в кожній європейській країні як окремо, так і для всього континенту. Усе це хороші приклади, які можна впроваджувати і в Україні в контексті євроінтеграційних прагнень.

Виклад основного матеріалу. Функціонування природних ландшафтних комплексів у сталих умовах є важливою передумовою для оцінки безпеки регіону території. Гідрогеологічні умови регіону, враховуючи значну щільність мережі річок, наявність заболочених територій і озер, є базовими екологічними факторами, на які найбільше здійснюються антропогенний вплив.

Ризик – ймовірні очікувані економічні, соціальні та екологічні наслідки від прояву небезпечних процесів, які оцінюються щодо конкретних об'єктів та визначають екологічну небезпеку, що здатна загрожувати життєдіяльності людей, завдавати матеріальний збиток, негативно впливати на навколишнє середовище.

Під еколого-геологічним ризиком варто розуміти кількісну міру небезпеки. Вимірювати еколого-геологічний ризик можна в імовірнісних величинах або у вигляді математичного очікування збитку.

У загальному вигляді екологічний ризик R є статистичною оціночною категорією, що являє собою векторну багатокомпонентну величину:

$$R = \{S, P, W\}, \quad (1)$$

де S – опис сценаріїв ризику, P – імовірність реалізації ризику, W – збитки (втрати).

Нині є низка методик, які застосовуються для оцінки природної захищеності підземних вод від зовнішнього негативного впливу й описані в роботах Т.В. Ємчук [12], О.Є. Кошлякова [13], С.М. Левонюка [14], M. Kozłowski [15] та ін. Зазначені дослідження орієнтовані перш за все на вирішення конкретних прикладних завдань і апробовані на прикладі окремих локальних територій чи гідрогеологічних об'єктів, а отже, як правило, не можуть бути розглянуті як універсальні й потребують подальшого вдосконалення. У роботах С.А. Рубана та М.А. Шинкаревського для регіонального масштабу досліджень захищеності водоносних горизонтів і оцінювання ризику виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з їхнім забрудненням, як територіальну основу було запропоновано використовувати таксони гідрогеологічного районування за умовами формування підземних вод. Зокрема, для ґрунтових вод, що є найбільш вразливими до дії порушувальних чинників, потрібна детальна типізація території, яка може врахувати широкий спектр умов формування підземних вод перших від поверхні водоносних горизонтів.

Основними екологічними ризиками в межах досліджуваної території є:

– розробка покладів бурштину;

– зони складування ТПВ, викидів і скидів небезпечних речовин підприємствами регіону;

– вплив осушувальних системна природні умови боліт басейну р. Прип'ять.

Критерієм вибору факторів для оцінки ризику є передумови, які були проаналізовані в літературних джерелах, а також створення геоінформаційних баз даних, які включать перелічені нижче шари з відповідними атрибутами:

– гідрогеологічні басейни, виділені за умовами формування та розповсюдження ґрунтових вод (код, індекс, назва басейну);

– гідрогеологічні райони (код, індекс, назва району);

– гідрогеологічні підрайони (код, індекс, назва підрайону);

– векторні шари базової інформації, що включають адміністративні межі, населені пункти, дороги, річки, рослинність, рельєф;

– векторний шар інформації щодо потенційних антропогенних джерел забруднення підземних вод.

Формула розрахунку навантаження суббасейну населенням:

$$r_p = (n/N_i)/(s/S), \quad (2)$$

n – кількість населення в межах суббасейну, N – загальна кількість населення межах басейну; s – площа суббасейну; S – площа басейну.

Просторова ураженість суббасейну

$$r = f_s/S, \quad (3)$$

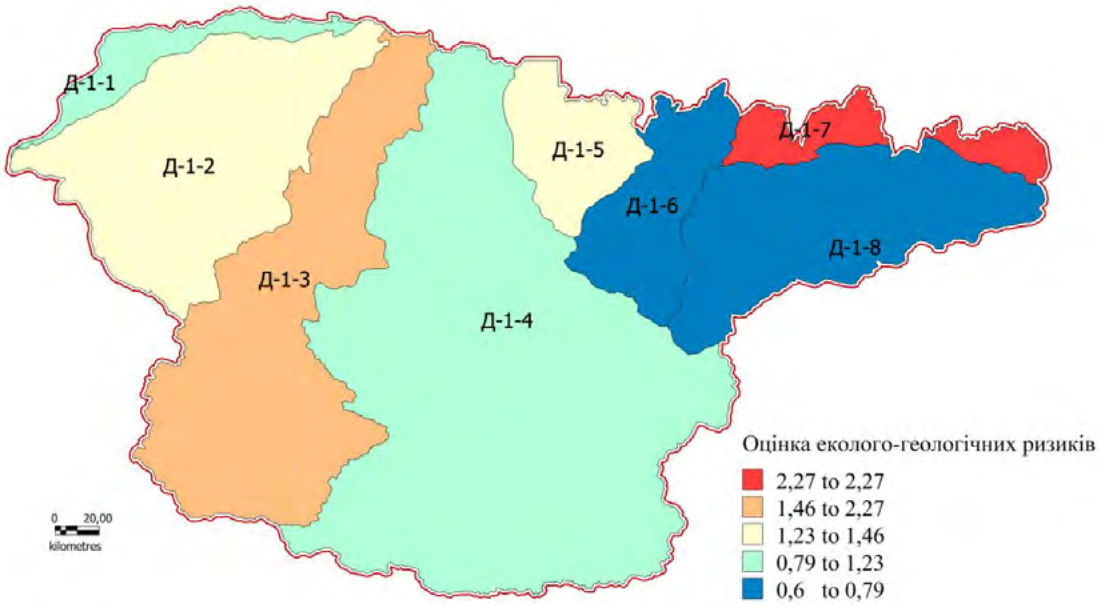


Рис. 3. Карта ризиків забруднення підземних вод басейну р. Прип'ять

Таблиця 2

Класифікація басейну р. Прип'ять за площами ураження

Код та назва суббасейну → / Основні фактори для розрахунку ↓	Д-1-1 басейн озера Турського та Турського каналу	Д-1-2 басейн Виживки – Турії – Стоходу	Д-1-3 басейн Стирі	Д-1-4 басейн Горині – Случі	Д-1-5 басейн Льви – Ствиги	Д-1-6 басейн Уборті – Перги	Д-1-7 басейн Словечни та дрібних річок	Д-1-8 басейн Ужа
Площа суббасейну, кв. км	1686,57	10498,2	12567,9	27122,5	2991,85	3802,21	1305,03	8049,22
Площа боліт, кв. км	0,934	1168,1	582,153	961,677	685,286	438,149	136,083	201,66
Площа зон ураження локальними видобутками бурштину, кв. км	0	85,73	98,39	104,03	0	0	0	75
Площа зон ураження видобутком бурштину, кв. км	0	2654,02	1602,14	188,9	1035,14	16,254	1284,57	0,001
Площа зон ураження підприємствами, кв. км	0	297	297	189	0	0	27	54
Кількість населення, осіб	45377	295658	536690	1080980	68290	78942	51525	153874
Ураженість болотами	0	0,11	0,05	0,04	0,23	0,12	0,1	0,03
Ураженість видобутком бурштину	0	0,26	0,14	0,01	0,35	0	0,98	0,01
Ураженість підприємствами	0	0,03	0,02	0,01	0	0	0,02	0,01
Антропогенне навантаження	0,79	0,82	1,25	1,17	0,67	0,61	1,16	0,56
Ризик	0,79	1,23	1,46	1,22	1,24	0,73	2,27	0,6

$$R_i = \sum_{i=1}^{n} r_i, \quad (4)$$

n – кількість факторів, обраних для розрахунку ризику, r_i – ризик окремого фактора.

У таблиці 2 представлена класифікація басейну р. Прип'ять та площі ураженості болотами, видобутком бурштину та підприємствами 1-2 категорії небезпеки.

На основі обчислених значень ураженості досліджуваної території була побудована карта еколого-геологічних ризиків (рис. 3). Як видно, найбільш ураженими є територія суббасейнів Д-1-3 та Д-1-7, найменшураженоюєтериторіясуббасейнівД-1-6таД-1-8.

Головні висновки. Дослідження ризиків та аналіз методик їх оцінок, які використовуються на

сучасному етапі показали потребу в розробці нового підходу до еколого-геологічної оцінки інтегрального ризику техногенного впливу, а також природних процесів, який би враховував комплексний вплив факторів їх розвитку.

Системний підхід, який використаний в аналізі наявних методик, алгоритмів оцінок ризиків, дав змогу вперше запропонувати просторово-часовий підхід до розрахунку еколого-геологічної оцінки ризиків техногенного навантаження. Сформований математичний алгоритм для розрахунку еколого-геологічних ризиків дав змогу комплексно підійти до розрахунку ризику стану підземних вод для вибраної території. Він враховує середню просторово-часову ймовірність впливу вибраних факторів (заболоченість території, видобуток бурштину, наявність небезпечних техногенних споруд) на стан підземних вод, частку сумарної площі забруднення за досліджуваний період на площі басейну як показника максимального площинного ураження.

Література

1. Лобода Н.С., Отченаш Н.Д. Підземні води, їх забруднення та вплив на навколишнє середовище : навч. посіб. Одеса, 2017. 199 с.
2. Давибіда Л.І., Подголов В.М. Геоінформаційна оцінка ризику забруднення підземних вод Чернігівської області. *Науково-технічний журнал.* 2019. № 1 (19). С. 59–68.
3. Рубан С.А. Ландшафтні гідрогеологічні комплекси як основа визначення величини ризику виникнення надзвичайних ситуацій унаслідок забруднення підземних вод. *Мінеральні ресурси України*. 2004. № 2. С. 29–32.
4. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України : монографія, Київ : УкрДГРІ, 2005. 572 с.
5. Volk M. Integrated ecological-economic modelling of water pollution abatement management options in the Upper Ems River Basin. *Ecological Economics.* 2008. Volume 66, Issue 1. P. 66–76.
6. Lianqing Xue, Jing Wanga, Luochen Zhange. Spatiotemporal analysis of ecological vulnerability and management in the Tarim River Basin, China. *Science of The Total Environment.* 2019 Vol. 649, 1 February. P. 876–888.
7. Спільна стратегія впровадження водної рамкової директиви (2000/60/ЄС) : Технічний звіт 002–2007. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/%D0%9A%D0%95%D0%A0%D0%86%D0%92%D0%9D%D0%98%D0%A6%D0%A2%D0%92%D0%9E%20%E2%84%9618.docx (дата звернення: 10.02. 2021).
8. Зузкук Ф.В., Колошко Л.К. Осушувальні меліорації в басейні р. Стохід Волинської області. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/73907332.pdf (дата звернення: 27.01. 2021).
9. Хилько М.І. Екологічна безпека України : навч. посіб. Київ, 2017. 267 с.
10. Hans Joosten, Franziska Tanneberger, Asbjorn Moen. Mires and peatlands of Europe Status. Distribution and conservation. 2017. P. 780. URL: https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510653836 (дата звернення: 11.01. 2021).
11. Commission staff working paper. Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe. Part I. 2011. P. 32. URL: https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/working_paper_part1.pdf (дата звернення: 22.12.2020).
12. Ємчук Т.В. Оцінка захищеності підземних вод: методологічні аспекти і практичне застосування. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2011. № 1. С. 45–50.
13. Кошляков О.Є., Диняк О.В., Кошлякова І.Є. До питання вразливості питних підземних вод в межах Київської міської агломерації з урахуванням природної захищеності. *Вісник Одеського національного університету. Сер. Географічні та геологічні науки*. 2014. № 3 (22). С. 269–273
14. Левонюк С.М., Удалов І.В. Комплексна геоекологічна оцінка захищеності питних підземних вод. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки.* 2018. № 2 (23). С. 111–133. DOI: 10.18524/2303-9914.2018.2(33).146642
15. Kozłowski M., Sojka M. Applying a Modified DRASTIC Model to Assess Groundwater Vulnerability to Pollution: A Case Study in Central Poland Polish. *Journal of Environmental Studies*. 2019. № 28(3). P. 1223–1231.

УДК 341.1:504.4
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.10

АНАЛІЗ ВИКОНАННЯ ВИМОГ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗАКОНОДАВСТВА ЩОДО УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ В УКРАЇНІ

Сапко О.Ю.
Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса
sapko-olga@ukr.net

Водні ресурси є стратегічним та важливим природним ресурсом, який забезпечує усі сфери життєдіяльності людини. Територія України вкрита густою мережею річок, але, незважаючи на це, відноситься до регіонів, які не забезпечені прісною водою у достатній кількості, та відчуває потребу у питній воді відповідної якості, тому питанню щодо поліпшення якості води в державі приділяється значна увага. У роботі використано методи системного аналізу наявної інформації щодо чинної нормативно-правової бази, яка стосується впровадження принципів інтегрованого управління водними ресурсами в Україні, узагальнення та інтерпретації отриманих результатів.

Управління водними ресурсами в Україні, відповідно до вимог Угоди про асоціацію з ЄС, здійснюється на основі Водної рамкової Директиви ЄС. Територію України поділено на дев'ять водогосподарських ділянок за основними річковими басейнами України. Нині державою ведеться робота з розроблення планів управління річковим басейном для кожного району річкового басейну – стратегічного документу, яким визначається розвиток річкового басейну; створено та вже почали свою роботу 13 Басейнових рад. До складу Басейнових рад входять представники центральних органів влади, місцевого самоврядування, водокористувачі й громадські активісти, що дає змогу державі залучати до прийняття рішень суб'єктів господарювання. Із вересня 2018 р. набрав чинності новий порядок здійснення державного моніторингу вод, який знімає дублювання функцій між різними суб'єктами моніторингу, передбачає чітку процедуру та системний підхід до спостережень за станом водних ресурсів. В Україні розроблено проєкт Стратегії водної політики держави у форматі Зеленої книги, який передбачає створення необхідних правових, організаційних і фінансових основ для виконання планів управління річковими басейнами; ведеться робота зі створення механізмів управління міжнародними річками, озерами та прибережними водами, аналізу характеристик річкових басейнів. У подальшому державі необхідно вирішити такі завдання: упровадити принципи інтегрованого управління басейнами рік, ураховуючи потреби всіх споживачів; визначити спеціалізовані урядові адміністрації на рівні басейнів річок та закінчити розроблення планів управління річковими басейнами; упровадити програми і плани як інструменти для досягнення належного стану вод; установити правило «забруднювач платить». *Ключові слова:* водне середовище, інтегроване управління, басейновий принцип, євроінтеграція.

Analysis of compliance with the requirements of European legislation for water resources management in Ukraine. Sapko O.
Water resources are a strategic and important natural resource that provides all spheres of human life. The territory of Ukraine is covered by a dense network of rivers, but despite this, it is considered a region that is not provided with fresh water in sufficient quantities to feel the need for drinking water of appropriate quality. Therefore, the issue of improving water quality in the state is given considerable attention. This study uses the method of systematic analysis of available information on the current regulatory framework, which relates to the implementation of the principles of integrated water resources management in Ukraine, generalization and interpretation of the results.

Water resources management in Ukraine, in accordance with the requirements of the Association Agreement with the EU, is carried out on the basis of the EU Water Framework Directive. The territory of Ukraine was divided into 9 water management areas along the main river basins of Ukraine. Currently, the state is working to develop River Basin Management Plans for each river basin district - a strategic document that defines the development of the river basin; 13 Basin Councils have been established and have already started their work. The Basin Councils include representatives of central government, local government, water users and community activists. This allows the state to involve business entities in decision-making. In September 2018, a new procedure for state water monitoring was introduced to remove duplication of functions between different monitoring entities and provide a clear procedure and a systematic approach to monitoring the state of water resources. For now, Ukraine has developed a draft Strategy for Water Policy in the format of the Green Paper to provide creation of the necessary legal, organizational and financial framework for the implementation of river basin management plans; work is underway to create mechanisms for managing international rivers, lakes and coastal waters, to analyze the characteristics of river basins. In the future, the state has to solve the following tasks: implementation of the principles of integrated river basin management, taking into account the needs of all consumers; to identify specialized government administrations at the river basin level and complete the development of river basin management plans; to implement programs and plans as tools to achieve proper water status; to set the rule "polluter pays". *Key words:* aquatic environment, integrated management, basin principle, European integration.

Постановка проблеми. Водні ресурси – це стратегічний та важливий природний ресурс, який забезпечує усі сфери життєдіяльності людини та визначає можливості розвитку виробничої сфери, організації рекреації діяльності та оздоровлення людей. Вони є однією з основ економічного розвитку та національним багатством країни. Сьогодні перед людством постали проблеми у сфері використання та охорони водних ресурсів.

Територія України вкрита густою мережею річок, більшість яких належить до басейнів Чорного, Азовського та Балтійського морів. Але, незважаючи на це, Україна відноситься до регіонів, які не забезпечені прісною водою у достатній кількості, та відчуває потребу у питній воді відповідної якості, тому питанню щодо поліпшення якості води в державі приділяється значна увага.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тема дослідження відповідає основним напрямам екологічної політики щодо охорони, відтворення та раціонального використання водних ресурсів, які визначені Законом України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [1] та «Водною стратегією України на період до 2025 р.» [2]. Окрім того, робота є актуальною з погляду аналізу реалізації положень Європейського законодавства щодо управління водними ресурсами в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню даної теми присвячено низку робіт [3–5]. У них розкрито сутність принципу управління водними ресурсами за басейновим принципом, проведено аналіз європейського законодавства та вивчено досвід окремих європейських країн щодо його впровадження. Значну увагу в роботах приділено Водній рамковій директиві ЄС та обґрунтуванню сталого напряму переходу України на інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом.

Мета роботи – аналіз стану імплементації Європейського законодавства щодо управління водними ресурсами в Україні.

У роботі використано методи системного аналізу наявної інформації щодо чинної нормативно-правової бази, яка стосується впровадження принципів інтегрованого управління водними ресурсами в Україні, узагальнення та інтерпретації отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу. 1 вересня 2017 р. Україною було підписано Угоду про асоціацію з Європейським Союзом. Відповідно до розділу V глави 6 цієї Угоди, співробітництво України та ЄС має на меті збереження, захист, поліпшення і відтворення якості води та управління водними ресурсами, включаючи морське середовище [6]. Управління водними ресурсами повинно здійснюватися на основі Водної рамкової Директиви 2000/60/ЄС.

Метою Водної рамкової Директиви 2000/60/ЄС є захист і поліпшення стану водних ресурсів, сприяння сталому і збалансованому їх використанню [7]. Завданням Водної рамкової директиви ЄС є: забезпечення людей питною водою, постачання води для інших господарських потреб, охорона водного середовища й обмеження наслідків повеней і посухи. Головними цілями регулювання є:

– упровадження концепції інтегрованого управління басейнами рік, беручи до уваги потреби всіх споживачів;

– упровадження принципів створення водних регіонів;

– єдине визначення цілей і методів правового регулювання;

– визначення спеціалізованої урядової адміністрації на рівні басейнів рік;

– упровадження програм і планів як інструментів для досягнення належного стану вод;

– установлення правил повернення витрат за водні послуги [7].

Сучасна екологічна політика України в галузі охорони та використання водних ресурсів спрямована на впровадження принципів, які зазначено у Водній рамковій Директиві ЄС. На виконання Угоди перед державою поставлено такі завдання:

– прийняття національного законодавства та визначення уповноваженого органу (органів);

– закріплення на законодавчому рівні визначення одиниці гідрографічного районування території країни;

– розроблення положення про басейнове управління;

– визначення районів річкових басейнів та створення механізмів управління міжнародними річками, озерами та прибережними водами;

– аналіз характеристик районів річкових басейнів;

– запровадження програм моніторингу якості води;

– підготовка планів управління басейнами річок, проведення консультацій із громадськістю та публікація цих планів [6].

Основні стратегічні завдання щодо вдосконалення системи управління у сфері використання та охорони водних ресурсів зазначено у «Водній стратегії України на період до 2025 р.» [2]. До них у тому числі відносяться:

– перехід на інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом;

– розроблення басейнових і територіальних планів інтегрованого управління водними ресурсами, схем комплексного використання та охорони водних об'єктів у межах нормативів на водогосподарське навантаження;

– поетапне підвищення статусу басейнових рад, посилення їхньої ролі як громадських організацій, які реально впливають на управлінські рішення у сфері державної водної політики в рамках конкретних річкових басейнів;

– передача окремих повноважень центральних державних органів управління у сфері водних відносин органам місцевого самоврядування з посиленням контролю виконання цих повноважень, уведенням нових критеріїв розподілу між суб'єктами господарювання відрахувань із державного бюджету;

– формування єдиної інформаційно-аналітичної системи управління водогосподарським комплексом із відкриттям центрів ситуаційного управління в басейнах річок [2].

Для забезпечення реформування системи управління у сфері використання та охорони водних ресурсів необхідно розробити та впровадити:

– принципи і механізми інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом;

– науково-методичні засади складання та реалізації планів управління річковими басейнами.

Сьогодні значна увага в усьому світі приділяється досвіду інтегрованого управління водними ресурсами. Інтегроване управління конкретним річковим басейном передбачає процес координації, збереження, управління та розвитку водних, земельних і пов'язаних із ними ресурсів у його межах. Такий підхід до управління дає змогу отримати найбільш оптимальні та справедливі економічні і соціальні вигоди, які пов'язані з використанням водних ресурсів, водночас зберігаючи і, там де необхідно, відновлюючи екосистему водного об'єкта.

Окремі принципи інтегрованого управління водними ресурсами вже впроваджуються в господарську практику в нашій державі. Так, відповідно до Закону України № 1641-VIII від 4 жовтня 2016 р. «Про внесення змін у деякі законодавчі акти України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом», внесені зміни у Водний кодекс: територію України поділено на дев'ять водогосподарських ділянок за основними річковими басейнами України та на законодавчому рівні визначено, що в державі впроваджується система інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом [8].

Одним з основних етапів упровадження інтегрованого управління водними ресурсами в Україні є розроблення «Плану управління річковим басейном». Це стратегічний документ, яким визначається розвиток річкового басейну. Він також є головним робочим інструментом упровадження принципів інтегрованого управління водними ресурсами у конкретному річковому басейні. «План управління річковим басейном» дає змогу впровадити принципи інтегрованого управління в межах річкового басейну, а саме:

– досягти доброго стану води водного басейну та запобігти її подальшому погіршенню;

– збалансовано використовувати водні ресурси конкретного басейну;

– відновити водні ресурси й екосистеми водного басейну;

– посилити охорону і поліпшити стан водного середовища шляхом упровадження заходів із поступового зменшення обсягів скиду небезпечних речовин, а в подальшому припинити і ліквідувати такі скидання [9].

Плани управління річковими басейнами розробляються та використовуються для поліпшення екологічного стану басейну річки. Вони розробляються окремо для кожного району річкового басейну та являють собою регламент для окремих поверхневих та підземних водних об'єктів. Створення таких планів є одним із найважливіших напрямів поліпшення стану та рівня забезпеченості водними ресурсами населення та галузей економіки країни.

Постановою Кабінету Міністрів України від 18 травня 2017 р. № 336 було затверджено «Порядок розроблення Плану управління річковим басейном», де визначено механізми розроблення документу [9]. Відповідно до цієї Постанови, у розробленні документу беруть участь Державне водне агентство України, Державна служба геології та надр України, центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування та інші зацікавлені сторони. Під час розроблення окремого Плану управління враховуються рішення відповідних Басейнових рад. У розробленні планів управління річковими басейнами можуть приймати участь також громадяни та їхні об'єднання [9].

Розроблення перших планів управління річковим басейном для кожного району річкового басейну почалася в період виконання «Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року», яка затверджена Законом України від 24 травня 2012 р. № 4836-VI [10]. Ця Програма є стратегічним документом розвитку водогосподарської галузі. Її заходи передбачають упровадження інтегрованих підходів до управління водними ресурсами шляхом узгодження водоохоронної й водогосподарської діяльності у річковому басейні Дніпра.

План-графік розроблення планів управління річковими басейнами розрахований на період 2019–2023 рр. [11]. У розробленні знаходяться плани управління річковими басейнами Дону, Дністра, Дунаю, Вісли, Дніпра, Південного Бугу, річок Причорномор'я та Приазов'я. Сьогодні розроблено такі розділи:

– загальна характеристика поверхневих та підземних вод району річкового басейну;

– основні антропогенні впливи на кількісний та якісний стан поверхневих і підземних вод;

– зони (території), які підлягають охороні, та їх картування;

– картування системи моніторингу, результатів програм моніторингу, що виконуються для поверхневих вод, підземних вод, зон (територій), які підлягають охороні;

– перелік екологічних цілей для поверхневих вод, підземних вод і зон (територій), які підлягають охороні, та строки їх досягнення [11].

Упровадження басейнового принципу дає змогу інтегрувати в межах одного річкового басейну соціальний, економічний і екологічний аспекти водокористування. Для втілення принципів інтегрованого управління водними ресурсами в Україні було створено оновлені Басейнові ради. Цей процес розпочався ще в 2016 р. з ухвалення постанов і законів, які зобов'язали центральну й місцеву владу дотримуватися принципів сталого та інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом.

У 2017 р. було ухвалено типове положення про Басейнові ради [12], а вже в період із вересня по грудень 2018 р. було створено 13 Басейнових рад відповідно до існуючих районів річкових басейнів (за винятком району басейну річок тимчасово окупованого Криму), а саме Басейнові ради: Сіверського Донця та Нижнього Дону; Десни та Верхнього Дніпра; Тиси; Прип'яті; річок Причорномор'я; річок Прут та Сірет; річок Приазов'я; Нижнього Дунаю; Середнього Дніпра; Дністра; річок Західного Бугу та Сяну; Південного Бугу; Нижнього Дніпра.

До Басейнових рад можуть входити представники центральних органів влади, місцевого самоврядування, водокористувачі та громадські активісти. Окремим пунктом визначається, що у складі Басейнової ради водокористувачів має бути не менше 30% [12]. Такий підхід дає змогу залучити до прийняття управлінських рішень щодо поліпшення якості води водного басейну суб'єктів господарювання, які є зацікавленою стороною. Специфіка й ефективність роботи Басейнової ради залежить від того, як саме буде налагоджена взаємодія між членами Ради, адже цій орган є передусім дорадчим, де мають обговорюватися проблеми, які виникають у межах водного басейну, та можливі шляхи їх подолання.

Однією з основ упровадження принципів інтегрованого управління водними ресурсами є державний моніторинг вод. Постановою КМУ від 19 вересня 2018 р. № 758 затверджено новий порядок здійснення державного моніторингу вод, якій відповідає директивам ЄС і дає змогу отримати більше інформації про стан вод в Україні [13].

Упровадження європейських підходів до здійснення моніторингу вод відповідно до вимог Водної рамкової Директиви ЄС Україною розпочато з 2019 р. Відповідно до прийнятого Порядку проведення державного моніторингу, визначено чіткий розподіл обов'язків між суб'єктами моніторингу без дублювання повноважень, уведено нові показники моніторингу (пріоритетні, гідроморфологічні та біологічні), які в Україні до цього часу не вимірювалися [13].

У новому Положенні встановлено окремі процедури моніторингу, вибір яких залежить від цілей та завдань державного моніторингу. Серед них: процедура діагностичного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод; процедура операційного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод; процедура дослідницького моніторингу масивів поверхневих вод; процедура моніторингу морських вод [13]. Перші три види процедур моніторингу здійснюються за басейновим принципом.

Із упровадженням нової системи моніторингу вод буде введено шестирічний цикл моніторингу; класифікація стану вод надаватиметься за екологічним станом (усього п'ять класів) та за хімічним станом (два класи) [13]. Для здійснення державного моніторингу вод готуються відповідні програми державного моніторингу вод. Уже підготовлено програми діагностичного моніторингу для басейнів Дону, Дністра, Дунаю та Вісли.

Державним агентством водних ресурсів України, відповідно до нових вимог, здійснюються зміни в існуючій системі моніторингу, якими передбачено перерозподіл функцій між існуючими лабораторіями та уникнення дублювання їхніх функцій. Функції вимірювання пріоритетних забруднюючих речовин під час здійснення моніторингу планується покласти на чотири базові лабораторії (Західного, Східного, Північного та Південного регіонів).

Завдяки впровадженню нової системи моніторингу будуть отримані дані, необхідні для розроблення планів управління річковими басейнами.

На жаль, нині бракує системного контролю над якістю вод із боку державних органів. Програмою моніторингу майже по всіх Басейнових радах не передбачено моніторинг малих річок, які є джерелом живлення всього річкового басейну. Такий підхід заважає Басейновим радам приймати управлінські рішення щодо поліпшення якості води.

В Україні розроблено проєкт Стратегії водної політики держави у форматі Зеленої книги, який дає можливість оцінити поточний стан галузі, у тому числі оцінити кількість та якість вод, ефективність упровадження нових форм управління водними ресурсами та екологічного врядування в басейнах річок [14]. У подальшому на основі розробленої Стратегії Мінприроди будуть запропоновані шляхи досягнення визначених цілей щодо реалізації водної політики України. Стратегія розроблена з метою досягнення «доброго» екологічного, кількісного та хімічного стану водних ресурсів України шляхом належної підготовки та створення необхідних правових, організаційних і фінансових основ для виконання планів управління річковими басейнами. В основу проєкту Стратегії водної політики покладено такі базові принципи, як: інтегроване управління водними ресурсами

за басейновим принципом; запобігання та попередження виснаження і забруднення водних об'єктів; дотримання принципу «водокористувач і забруднювач платять»; необхідність урахування сталого розвитку під час управління водними ресурсами [14].

Головні висновки. Отже, Україною виконано значну роботу з упровадження вимог Європейського законодавства щодо управління водними ресурсами, а саме: на законодавчому рівні встановлено, що управління водними ресурсами в Україні здійснюється за басейновим принципом; створені та почали функціонувати оновлені Басейнові ради; розробляються плани управління річковими басейнами; ведеться робота зі створення механізмів управління міжнародними річками, озерами та прибережними водами, аналізу характеристик річкових басейнів.

Зараз для закінчення процесу реформування системи управління водними ресурсами Україні залишається вирішити такі завдання:

– упровадити принципи інтегрованого управління басейнами річок, ураховуючи потреби всіх споживачів;

– визначити спеціалізовані урядові адміністрації на рівні басейнів річок та закінчити розроблення Планів управління річковими басейнами;

– упровадити програми і плани як інструменти для досягнення належного стану вод;

– установити правило «забруднювач платить».

Функціонування нової системи управління в подальшому дасть змогу забезпечити досягнення цілей водної політики, зокрема доброго екологічного стану води, ефективність її використання.

Література

1. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text.
2. Водна стратегія України на період до 2025 р. (наукові основи) / за ред. М.І. Ромащенка, М.А. Хвесика, Ю.О. Михайлова. Київ, 2015. 46 с.
3. Климчук О.М., Пінкіна Т.В., Пінкін А.А. Впровадження системи інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом. *Science Rise*. 2018. № 4(45). С. 36–40.
4. Яков'юк В.А. Особливості сучасних тенденцій державного управління водними ресурсами в Україні. *Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища*. 2019. № 5(73). С. 49–54.
5. Штогрин Г.С. Імплементація принципів інтегрованого управління в системі галузевих підкомплексів водного господарства. *Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища*. 2018. № 19. С. 413–420.
6. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Ратифікована 01 вересня 2017 р. URL: https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/yevropejska-integraciya/ugoda-pro-asociacyu.
7. Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики : Директива № 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text.
8. Про внесення змін у деякі законодавчі акти України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом : Закон України від 4 жовтня 2016 р. № 1641-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19/paran102#n102.
9. Порядок розроблення плану управління річковим басейном : Постанова Кабінету Міністрів України від 18 травня 2017 р. № 336. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/336-2017-%D0%BF#Text.
10. Загальнодержавна цільова програма розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року : Закон України від 24 травня 2012 р. № 4836-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17#Text.
11. Орієнтовний план-графік розроблення Планів управління річковими басейнами. URL: https://www.davr.gov.ua/fls18/plan_graf.pdf.
12. Про затвердження Типового положення про басейнові ради : Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 26 січня 2017 р. № 23. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-17#Text.
13. Порядок здійснення державного моніторингу вод : Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text.
14. Мінприроди розробило проєкт Зеленої книги Стратегії водної політики України. URL: https://mepr.gov.ua/news/33021.html.

УДК 621.039

DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.11

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАХОРОНЕННЯ СОЛЕБІТУМНОГО КОМПАУНДУ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС

Ольховик Ю.О.[1], **Антонов А.В.**[2], **Денисенко І.Ю.**[2], **Веселівський Р.Б.**[3]
[1]Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України»
пр. Академіка Палладіна, 34а, 03142, м. Київ;
[2]Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03033, м. Київ;
[3]Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
вул. Клепарівська, 35, 79007, м. Львів
yolkhovyk@ukr.net, roman_veselivskuy@yahoo.com, Denisenko15@ukr.net

Розглянуті властивості солебітумного компаунду, утвореного на Рівненській АЕС в 1986–2002 роках внаслідок кондиціювання рідких радіоактивних відходів в об'ємі ≈150 м^3. Бітумінування понад удвічі зменшує об'єм кінцевого продукту переробки порівняно з поширеним методом цементування і забезпечує гомогенний розподіл і високий вміст солей (50% і більше) у солебітумному компаунді. Поєднання органічної речовини та нітрату натрія, який є окисником і основним неорганічним компонентом рідких РАВ, під час розгляду варіантів захоронення бітумних компаундів викликає стурбованість потенційності виникнення пожежонебезпеки. Наведені результати експериментальних досліджень пожежонебезпечності солебітумного компаунду з використанням нерадіоактивних солей, які імітують хімічний склад рідких радіоактивних відходів АЕС, та бітуму класу БГ. Досліджено та обґрунтовано, що наявність значної кількості солей у складі солебітумного компаунду призводить порівнянт з чистим бітумом до зниження температур спалаху та займання.

Розглянуті умови зберігання бітумного компаунду у сховищах Рівненської АЕС у контейнерах типу ЗП 551.040 ємністю 200 л. Заповнення контейнерів неоднорідне – контейнери з заповненням до 50% об'єму становлять 80% від загальної кількості, ступінь наповнення компаунду солями становить 45 ± 5%. Радіологічна безпека відходів внаслідок розпаду ізотопа ^{137}Cs може бути досягнута лише через 500 років. Зазначена можливість втрати герметичності упаковки або ж руйнування захисного залізобетонного контейнера, спричиненого високим внутрішнім тиском, що виникає під час горіння солебітумного компаунду в контейнері. Джерелом можливого нагрівання зовнішньо розташованих контейнерів до температури спалаху солебітумного компаунду може стати лісова низова пожежа. З метою унеможливлювання прямої дії джерела тепла на солебітумний компаунд запропоновано розміщувати захисні залізобетонні контейнери в центрі сховища. *Ключові слова:* радіоактивні відходи, солебітумний компаунд, захоронення, контейнер, горіння, показники пожежної небезпеки.

Some features of the landfill of the solebitumen compound of the Rivne NPP. Olkhovyk Yu., Antonov A., Denysenko I., Veselivskyi R.

The properties of the solebitumen compound formed at the Rivne NPP in 1986–2002 due to the conditioning of liquid radioactive waste in the volume of 150 m^3 are considered. Bitumening reduces the volume of the final product by more than 2 times compared to the widely used cementation method and ensures a homogeneous distribution and high salt content (50% or more) in the solebitumen compound. The combination of organic matter and sodium nitrate, which is an oxidant and a major inorganic component of liquid radwaste, is a concern when considering options for disposal bituminous compounds due to potential fire hazard. The results of experimental studies of fire hazard of solebitumen compound using non-radioactive salts that mimic the chemical composition of liquid radioactive waste from nuclear power plants and bitumen class BG are presented. It has been investigated and substantiated that the presence of a significant amount of salts in the composition of the solebitumen compound leads to a decrease in the flash point and ignition temperature in comparison with pure bitumen.

The conditions of storage of bituminous compound in the storages of Rivne NPP in containers of type ZP 551.040 with a capacity of 200 l are considered. Container filling is not uniform – containers with filling up to 50% of the volume make up 80% of the total amount, the degree of filling of the compound with salts is 45 ± 5%. Radiological safety of waste due to the decay of the ^{137}Cs isotope can be achieved only after 500 years. The possibility of loss of tightness of the package or destruction of the protective reinforced concrete container due to the high internal pressure that will occur during the combustion of the salt-bitumen compound in the container is indicated. The source of possible heating of externally located containers to the flash point of solebitumen compound can be a forest grassland fire. It is proposed to place protective reinforced concrete containers in the center of the storage to exclude the possibility of direct action of the heat source on the solebitumen compound. *Key words:* radioactive waste, solebitumen compound, landfill, container, combustion, fire hazard indicators.

Нині Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом» і ДСП «Центральне підприємство з поводження з радіоактивними відходами» готують до захоронення у сховищах комплексу «Вектор» першу партію кондиційованих радіоактивних відходів (РАВ), а саме солебітумного компаунду (СБК) в об'ємі ≈150 м^3, напрацьованого на Рівненській АЕС [1]. Проблема довгострокового безпечного захоронення зазначених специфічних за своїм складом РАВ потребує обговорення з огляду на потенційну пожежну небезпеку згаданого продукту.

Основний зміст. Бітум є органічною речовиною, у складі якої суміші переважно аліфатичних і ароматичних високомолекулярних вуглеводнів із невеликим вмістом азоту, сірки і кисню, що виникає під час окислення остаточного продукту нафтоперегонки – гудрону – атмосферним повітрям. Бітуми привернули до себе увагу комплексом позитивних якостей, такими як непроникність, пластичність, достатня хімічна інертність, невисока вартість, незначний вплив із боку мікроорганізмів. З огляду на зазначені властивості бітумінування РАВ застосовувалось у багатьох країнах, зокрема, Великобританії, Бельгії, Франції, СРСР та ін. Процес бітумінування радіоактивних відходів складається із випарювання рідких РАВ і наступного змішування сухих солей із розплавленим бітумом за температури 160–230 °С з одночасним випарюванням води і сублімацією летких компонентів із гарячого шару бітуму з утворенням СБК, властивості якого забезпечують низьку швидкість вилуговування радіонуклідів (10^{-4} ÷ 10-5 г/см^2 · доб). Бітумінування понад удвічі зменшує об'єм кінцевого продукту переробки порівняно з поширеним методом цементування і забезпечує гомогенний розподіл та високий вміст солей (50% і більше) у СБК.

Проведені дослідження засвідчили, що найліпші якості СБК можуть бути забезпечені завдяки застосуванню бітумів із температурою розм'якшення 40–50оС, тобто дорожні бітуми БНД 60/90, БНД 90/130 і покрівельний бітум БНК 45/180 [2].

Поєднання органічної речовини і окисника NaNO3, що є основним неорганічним компонентом рідких РАВ, є основною причиною стурбованості в процесі розгляду варіантів захоронення бітумних компаундів внаслідок потенційної пожежонебезпечності. Адже бітум – це горюча речовина, що має такі показники пожежної небезпеки [3]:

– температура спалаху у відкритому тиглі – 240–299 °С;

– температура спалаху в закритому тиглі – 212–270 °С;

– температура займання – 300–351 °С;

– температура самозаймання – 380–397 °С.

Нітрат натрію є одним з основних компонентів, присутніх у рідких РАВ солей, є окислювачем, сприяє самозайманню горючих речовин і належить до категорії пожежонебезпечних [3], має такі властивості:

– температура плавлення – 308 °С;

– температура розкладання – 380 °С.

Під час розкладу нітрату натрію виділяється кисень, який здатний підтримувати горіння горючих речовин навіть в інертній атмосфері

$$2\ NaNO_3 \rightarrow 2\ NaNO_2 + O_2.$$

Вивчення пожежної небезпеки бітумних компаундів із нітратом натрію, що імітує склад відходів АЕС із реактором РБМК, дозволило визначити, що їх температура спалаху і температура займання дещо знижуються порівняно з чистим бітумом і становить, відповідно, 228–231 °С і 280–290 °С. Дериватограма СБК із вмістом 50% солей – імітаторів сухого залишку рідких РАВ реакторів РБМК засвідчує активну взаємодію компонентів і початок окиснення бітуму за температури 320 °С [4].

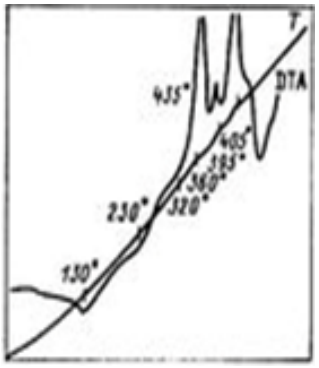


Рис. 1. Дериватограма суміші імітаторів сухого залишку рідких РАВ АЕС із РБМК із бітумом БНК 45/180 [4]

Для компаундів, наповнених сухими солями, що імітують рідкі РАВ АЕС із реактором ВВЕР, температура займання знижується до 250 °С [2], що, вірогідно, пов'язане із підвищеним вмістом гідроксиду натрію в рідких РАВ АЕС із ВВЕР. За аналогією даних щодо сухого залишку РБМК можна вважати, що температура спалаху СБК на основі вищезгаданих будівельних бітумів із радіоактивними солями, утвореними на АЕС із реакторами ВВЕР, становитиме менше ніж 225 °С.

Напрацювання бітумного компаунду на Рівненській АЕС здійснювалося у 1995–1996 рр. і в 2002 р. Для зберігання бітумного компаунда використовувалися контейнери типу ЗП 551.040 ємністю 200 л загальною кількістю 740 одиниць. Заповнення контейнерів неоднорідне – контейнери із заповненням до 50% об'єму становлять 80% від загального числа. Питома активність СБК – n•10^7 Бк/кг і представлена переважно радіонуклідом ^{137}Cs, тобто радіологічна безпека відходів внаслідок розпаду ізотопа може бути досягнута лише через 500 років. Ступінь наповнення солями СБК становить 45 ± 5%.

Виконано експериментальні дослідження пожежонебезпечності СБК із використанням нерадіоактивних солей, що імітують хімічний склад рідких РАВ АЕС, та бітуму класу БГ – марки БГ 70/130.

Попередньо імітат висушувався у сушильній шафі при температурі 85 °С протягом 72 годин до незмінної маси. Склад імітату, (%): $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$ 60,1; $NaNO_3$ 13,1; NaOH 21,7; NaCl 0,5; KOH 3,4.

Експериментальні дослідження здійснювалися відповідно до ДСТУ 8829:2019 [6]. Дослідний зразок готувався змішуванням у співвідношенні 1:1 при температурі розм'якшення бітуму.

Змішування сухого імітату з бітумом здійснювалося за температури розм'якшення бітуму 70–130 °С.

Надалі зразок поліпшувався на електронагрівальну панель та поступово нагрівався до температури 460 °С протягом 3 годин. Під час нагрівання за температур від 110 до 255 °С відбувалося спінення суміші з випаровуванням летких продуктів без видимих ознак різкого підвищення температур та займання суміші. За тривалого нагрівання суміш переходила до пекового стану (тверда пориста речовина). Ознак горіння не спостерігалося.

Рис. 2. Визначення температури спалаху у відкритому тиглі та температури займання суміші імітату з бітумом за допомогою приладу ТВ-2

Рис. 3. Визначення температури самозаймання суміші імітату з бітумом за допомогою приладу СТС-2

Під час експерименту отримано наведені нижче показники пожежної небезпеки досліджуваної суміші.

Температура спалаху у відкритому тиглі:

– бітум чистий $T_{сп}$ = 302 °С;

– дослідний зразок $T_{сп}$ = 287 °С.

Температура спалаху у закритому тиглі:

– бітум чистий $T_{сп}$ = 284 °С;

– дослідний зразок $T_{сп}$ = 259 °С.

Температура займання:

– бітум чистий $T_{займ}$ = 336 °С;

– дослідний зразок $T_{займ}$ = 316 °С.

Температура самозаймання (рис. 2):

– бітум чистий $T_{самозайм}$ = 425 °С (час індукції 7–25 с);

– дослідний зразок $T_{самозайм}$ = 437 °С (час індукції 57–59 с).

Аналогічно вищезазначеним показникам для СБК на основі бітуму БНД і БНК дослідний зразок із бітумом БГ за температур нижче температури розкладання імітату (до 380 °С) має показники ***температур спалаху та займання нижчі, ніж у чистого бітуму***, що слід пов'язувати з наявністю лугів. В той же час температура самозаймання вища, ніж у чистого бітуму. Це можна пояснити тим, що на момент самозаймання суміші імітат втрачає активний кисень.

Формування упаковки для захоронення СБК у сховищах комплексу «Вектор», вірогідно, буде здійснюватися так: 6 тонкостінних стальних бочок (контейнери типу ЗП 551.040 ємністю 200 л) із фактичним заповненням СБК 50% розміщуються в захисному залізобетонному контейнері ЗБК-3,0, пустоти контейнеру заповнюються буферним матеріалом на основі глини. На контейнері встановлюється і герметизується кришка.

Межа вогнестійкості стінок контейнера НЗК-1,5 – 0,75 год. Під час виникнення гіпотетичної пожежі внаслідок загоряння бітуму в одному з контейнерів її поширення по приміщенню сховища неможливе [6]. Це зумовлено тим, що за час згоряння бітуму температура внутрішніх стінок контейнера не перевищить температуру загоряння бітуму.

Виконані розрахунки зміни температури в контейнерах НЗК-1,5 у випадку горіння СБК в одному з контейнерів, розміщених у сховищі, засвідчили, що температура в сусідніх контейнерах не перевищить 250°С [7]. Не унеможливлює подальше розповсюдження пожежі та свідчить про пожежну безпеку захоронення СБК у герметичному контейнері.

Зазначена температура помітно нижча від температури самозаймання бітумних компаундів із сухим залишком рідких РАВ реакторів РБМК, але досить наближена до параметрів займання СБК із солями від ВВЕР і близька або перевищує температуру спалаху.

Однак у зазначених розрахунках не означені можливі негативні наслідки горіння в контейнері, що неодмінно призведуть до втрати герметичності упаковки або ж руйнування захисного контейнеру спричиненого високим внутрішнім тиском, який виникне внаслідок інтенсивного газоутворення

в процесі горіння СБК у контейнері і становитиме не менше ніж 30-40 атмосфер. Технічні умови до жодного вітчизняного контейнера для захоронення РАВ не передбачає виникнення надлишкового внутрішнього тиску. А приміром, у технічних умовах до контейнера НЗК-1,5, що використовують у РФ, означена зберігання герметичності упаковки з надлишковим тиском 0,75 атм, виникнення якого пов'язують головним чином із газовиділенням внаслідок корозії металевих бочок, радіолізу води та деструкції бітуму [6]. Керуючись експериментально визначеною швидкістю горіння СБК 0,11 кг/с*м^2 [4], можна розрахувати, що навіть у разі спалаху за Т=250°С тривалістю 1 с внутрішній тиск у герметичному тонкостінному контейнері досягне 3-10 атм, що призведе до руйнування упаковки.

Варто зазначити, що нині не зафіксовано жодного випадку займання СБК, розміщеного у залізних бочках або наливних сховищах АЕС. Проте відомі випадки пожежі під час бітумування, викликані спалахом парів летких органічних сполук, що містилися в концентраті відходів [8; 9].

Вірогідність досягнення температури понад 200–250 ^{o}С у внутрішньому просторі захисного контейнера незначна, але існує. У комплексі захоронення «Вектор» проєктом передбачене захоронення РАВ у сховищі типу ТРВ-1 шляхом встановлення контейнерів у 4 яруси на залізобетонному майданчику. Після закриття сховища над контейнерами насипають захисний шар із глини та ґрунту. Інтенсивні процеси реабілітації природного стану в Чорнобильській зоні за досить короткий час призведуть до того, що захисний шар буде вкритий лісом відновиться флора і фауна за 100–200 років спільно з іншими природними факторами може викликати деградацію інженерного бар'єра. Беручи до уваги інтенсивні лісові пожежі, які виникали в останні роки на території жони відчуження, логічно припустити, що такі явища можливі і в майбутньому. Відомо, що під час лісових низових пожеж, які супроводжуються горінням надґрунтового покриву (мохи, лишайники, трави, чагарники, деревний опад, лісова підстилка, вітролом, порубкові рештки) і нижнього пологу (підріст, підлісок), найвища температура на краю вогню досягає 900 °С. Таке явище може стати джерелом нагрівання зовнішньо розташованих контейнерів до температури спалаху СБК із подальшою деструкцією упаковки РАВ, що своєю чергою спричинятиме пришвидшення міграції радіонуклідів зі сховища у навколишнє середовище.

Головні висновки. Оскільки в проєкті сховищ для захоронення РАВ не передбачені спеціальні вимоги до вогнестійкості упаковок із солебітумним компаундом, під час захоронення захисних контейнерів із СБК у сховищах типу ТРВ-1 варто брати до уваги вищезазначену вірогідність негативного впливу лісових пожеж на цілісність упаковки та розміщувати зазначені контейнери всередині сховища з метою унеможливлювання дії джерела тепла на солебітумний компаунд.

Література

1. Інформація щодо поводження з радіоактивними відходами при експлуатації АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» (станом на 31.12.2019). URL: https://www.energoatom.com.ua/uploads/2020/%D0%98%D0%BB%D0%BB.%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82_2019.pdf
2. Никифоров А.С. Физико-химические основы битумирования жидких радиоактивных отходов АЭС с РБМК и свойства образующихся компаундов / Никифоров А.С., Захарова К.П., Поляков А.С. *Атомная энергия*. 1986. Т. 61. Вып. 3. С. 159–162.
3. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Москва : «Химия», 1990. 496 с.
4. Захарова К.П. К вопросу о пожаробезопасности процесса битумирования жидких радиоактивных отходов АЭС и хранения битумного компаунда / Захарова К. П., Земский Г. Т., Кущук В. А. и др. *Атомная энергия.* 1986. Т. 61. Вып. 5. С. 387–388.
5. ДСТУ 8829:2019 Пожеловибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їх визначення. Класифікація.
6. Гатауллин Р.М., Давиденко Н.Н., Свиридов Н.В. и др. Контейнеры из композиционных материалов для радиоактивных отходов. Москва : Энергоатомиздат, 2010. 176 с.
7. Баринов А.С. Свойства битумных компаундов и требования к их захоронению / Баринов А.С., Дробышевский Н.И. *Радиоактивные отходы*. 2019. № 1(6). С. 37–45.
8. Baehr, W., Hild, W., Drobnik, S., Kahl, L., et al. Recent Experiments on the Treatment of Medium-Level Wastes and Spent Solvent and CW Fixation into Bitumen. Proc. of NEA-IAEA Symp. on the Management of Radioactive Wastes from the Nuclear Fuel Cycle, Vienna, Austria, 22–26 March 1976. IAEA-SM-207/81. ISBN 92-0-020376-0, v. 2, p. 133–141
9. Hild, W., Kluger, W., and Krause, H. Bituminization of Radioactive Wastes at the Nuclear Research Center Karlsruhe – Experience From Plant Operation and Development Work. Proc. of Seminar OCDE-Eurochemic on the Bituminization of Lowand Medium-Level Radioactive Wastes, Antwerp, Belgium, 18–19 May, 1976. ISBN 92-64-01509-4, P. 129–145.

УДК 550.4:574.3
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.12

РАДІОЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ НА ТЕРИТОРІЇ ЕКЗОГЕННИХ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИХ РОДОВИЩ УРАНУ УКРАЇНИ ТА ОЦІНКА ЇЇ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Буглак О.В.[1], Верховцев В.Г.[2], Сущук К.Г.[2], Тищенко Ю.Є.[2], Задорожний Д.Б.[2]
[1]Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
aleksandra verkhovtseva@gmail.com;
[2]Інститут геохімії навколишнього середовища
Національної академії наук України
пр. Академіка Палладіна, 34А, 03142, м. Київ
Verkhovtsev@ukr.net, mamas@i.ua, u-risk@ukr.net

За результатами проведених упродовж 2015–2020 років польових та камеральних радіоекологічних досліджень на кількох екзогенних інфільтраційних родовищах урану (за класифікацією МАГАТЕ – пісковикового типу) осадового чохла Українського щита проведена комплексна оцінка радіоекологічної ситуації, геолого-економічне обґрунтування перспектив освоєння уранових родовищ та оцінка можливостей застосування способу підземного свердловинного вилуговування (ПСВ) для їх промислової розробки. Найінформативніші результати щодо радіоекологічної ситуації отримані за допомогою польових радіометричних вимірювань щільності потоку радону. Проведені прогнозні оцінки засвідчили, що індивідуальна ефективна доза опромінення, яка може формуватися під впливом виробничого комплексу з видобутку урану методом ПСВ, на межі санітарно-захисної зони радіусом 300 м не перевищує 9,0Е-3 мкЗв/рік, що, згідно з радіаційно-гігієнічним регламентом, менше встановленої межі дози опромінення для населення. Значний негативний вплив на атмосферне повітря від об'єктів підприємства не очікується. Оскільки технологія ПСВ пов'язана з надходженням слабко кислих технологічних розчинів у водоносний шар рудного горизонту та їх поширенням з потоком підземних вод, під час відпрацювання покладів для контролю за можливим розтіканням продуктивних розчинів передбачається облаштування внутрішньоконтурних і законтурних спостережних свердловин; останні доцільно розташувати на відстані 30 м і 100 м від межі видобувного блоку та на межі СЗЗ 300 м. За підсумками математичного моделювання фільтраційних процесів на прикладі осадових водовміщуючих порід Сафоновського родовища показано, що ореол поширення залишкової кислотності не перевищить 280 м у напрямку руху підземного потоку за приблизно 20 років після ремедіації надр; надалі автореабілітаційні процеси компенсуватимуть міграцію розчинених сульфатів. Гідрогеологічні умови на території родовищ загалом оцінюються як придатні для їх експлуатації способом ПСВ. Руди є технологічними для ПСВ: концентрація урану в продуктивних розчинах на різних родовищах може складати від 15–20 мг/л до 25–30 мг/л, вилучення урану з руд 1 сорту – більше 50% (до 70–75%). Таким чином, існує принципова можливість підземного вилуговування урану з екзогенних руд інфільтраційного типу. Основний висновок проведених досліджень полягає в тому, що розробка невеликих уранових родовищ за допомогою сучасних технологій ПСВ потенційно може істотно поліпшити вітчизняну сировинну базу ядерної енергетики. *Ключові слова:* осадовий чохол Українського щита, екзогенні інфільтраційні родовища урану, підземне свердловинне вилуговування, радіоекологічна ситуація.

Radioecological situation on the territory of exogenic infiltration deposits of uranium of Ukraine and assessment of its environmental impact. Verkhovtsev V., Suschuk K., Tyshchenko Yu., Zadorozhnyi D.

Based on the field and office radioecological studies conducted during 2015–2020 at several exogenous infiltration uranium deposits (according to the IAEA classification – sandstone type) of the sedimentary cover of the Ukrainian shield, a comprehensive assessment of the radioecological situation, geological and economic justification of the prospects for the development of uranium deposits and an assessment of the possibilities of using the method of underground borehole leaching (UBL) for their industrial development was carried out. The most informative results about the radioecological situation were obtained using field radiometric measurements of the radon flux density. The conducted forecast estimates showed that the individual effective radiation dose, which can be formed under the influence of the production complex for the extraction of uranium by the UBL method, at the border of the sanitary protection zone with a radius of 300 m does not exceed 9.0 E-3 MSV/year, which is two orders of magnitude less than the established limit of the radiation dose for the population according to radiation and hygiene regulations. A significant negative impact on the atmospheric air from the company's facilities is not expected. Since the UBL technology is associated with the entry of slightly acidic technological solutions into the aquifer of the ore horizon and their distribution with the flow of underground water, during the development of deposits to control the possible spread of productive solutions, it is planned to arrange intra-circuit and legislative observation wells; the latter should be located at a distance of 30 M and 100 m from the boundary of the production block and at the boundary of the sanitary protection zone of 300 m. Based on the results of mathematical modelling of filtration processes on the example of sedimentary

water-containing rocks of the Safonovsky deposit, it is shown that the halo of residual acidity propagation will not exceed 280 m in the direction of underground flow approximately 20 years after subsurface remediation; in the future, autorehabilitation processes will compensate for the migration of dissolved sulfates. Hydrogeological conditions on the territory of deposits are generally assessed as suitable for their operation by the UBL method. Ores are technological for UBL: the concentration of uranium in productive solutions at various deposits can range from 15–20 mg/L to 25–30 mg/L, and the extraction of uranium from grade 1 ores is more than 50 % (up to 70–75 %). Thus, there is a fundamental possibility of underground leaching of uranium from exogenous ores of the infiltration type. The main conclusion of the research is that the development of small uranium deposits using modern UBL technologies can potentially significantly improve the domestic raw material base of nuclear energy. *Key words:* sedimentary cover of the Ukrainian shield, exogenous infiltration uranium deposits, underground borehole leaching, radioecological situation.

Постановка проблеми. Упродовж 2015–2020 років Державною установою «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» проводилися комплексні польові та камеральні радіоекологічні дослідження на кількох екзогенних інфільтраційних родовищах урану осадового чохла Українського щита з метою оцінки впливу радіоекологічної ситуації на довкілля. Родовища розташовані в Саксагансько-Сурському (Новогурівське, Хутірське, Сурське) та Інгуло-Інгулецькому (Сафонівське, Христофорівське) урановорудних районах. Аналогічні дослідження проведені також на території Михайлівського полігенного родовища у Казанківському районі Миколаївської області, що розташоване поблизу Інгулецької рудоносної зони (Сафонівського родовища). Досліджені та детально описані геологічні умови формування уранового зруденіння, стан підземних водоносних горизонтів. Проаналізовано попередній досвід видобування урану в аналогічних умовах способом підземного свердловинного вилуговування (ПСВ). Охарактеризовано альтернативні варіанти планованої діяльності, зроблено їх порівняльну оцінку. Виконано прогнозну оцінку впливу планованої діяльності на довкілля. Оцінено ймовірну ефективність відновлення надр.

У результаті проведених досліджень зроблена комплексна оцінка впливу радіологічної ситуації на довкілля досліджуваної території та геолого-економічне обґрунтування перспектив освоєння екзогенних родовищ урану осадового чохла Українського щита.

Методи досліджень. У процесі досліджень перш за все було проаналізовано й узагальнено наявні фондові та літературні дані, а також результати попередніх вишукувань, передпроєктних досліджень, проєктні матеріали, дані власних досліджень і публікацій, виконаних у ДУ «ІГНС НАН України», щодо геологічних, гідрогеологічних та гідрологічних умов, рельєфу, ландшафту, кліматичних особливостей, ґрунтового і рослинного покриву, соціального середовища, стану об'єктів техногенного впливу на прилеглих до запланованого підприємства територіях. У процесі робіт була розроблена та апробована нова методологія досліджень навколишнього середовища шляхом комплексного дозиметричного і радіометричного знімання поверхневого та приповерхневого горизонтів ґрунтів з метою визначення пошукових і радіоекологічних параметрів досліджуваної території та полів аномальної активності виміряних радіаційних показників. Так, проводився відбір проб ґрунтів шпуровим методом до глибини 1 м і природних поверхневих і підземних вод. Подальші радіологічні дослідження включали: польові дозиметричні вимірювання потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (радіаційний фон), потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання, польові радіометричні випромінювання щільності потоку радону з ґрунту; лабораторні радіометричні вимірювання питомої гамма-активності проб ґрунту, лабораторні радіометричні вимірювання альфа- та бета-активності проб ґрунту для визначення мас-еквівалентного вмісту та активності урану, лабораторні спектрометричні вимірювання радіонуклідів у пробах ґрунту.

Крім того, проаналізовано методи, технологічні показники, основні технічні параметри обладнання для реалізації планованої діяльності з видобування урану способом ПСВ та оцінено їх екологічні характеристики.

Обговорення результатів.

Загальні відомості. Екзогенні інфільтраційні (гідрогенні) родовища неоген-четвертинної епохи уранового рудоутворення в осадовому чохлі на території Українського щита становлять основний промисловий тип родовищ урану України, що розробляють методом ПСВ. Ці родовища невеликі за запасами (1–3 тис. т) та вмістом урану, але вельми рентабельні для видобутку завдяки гірничо-технологічним особливостям, а також комплексності – супутниками урану в рудах є стратегічно важливі рідкісні елементи (Sc, Re, TR), видобуток яких може здійснюватись одночасно з ураном тим же методом ПСВ. Встановлено, що динаміка вилучення урану, скандію і рідкісних земель ідентична і що у разі вилучення урану з руд у кількості 72–74% вилучення Sc і TR становить 12–14%.

Ґрунтово-інфільтраційні родовища приурочені переважно до піщано-вуглистих відкладів палеогенового віку (бучацький ярус) й розміщуються в палеодолинах на поверхні кристалічного фундаменту – Троїцько-Сафонівській (Сафонівське родовище, Покровська, Троїцька перспективні ділянки), Ново-Володимирівській (Володимирівська перспективна ділянка), Терновсько-Девладовській (Девладівське родовище) та інших палеодепресіях. Усього розвідано та попередньо оцінено більш 10 родовищ (крім названих, Садове, Братське, Ташлицьке, Новогурівське, Христофорівське, Хуторське, Сурське та ряд рудопроявів), які об'єд-

нані в три рудні райони: Південно-Бузький (Братське, Садове, Ташлицьке родовища), Інгуло-Інгулецький (Сафонівське, Христофорівське, Девладівське родовища) та Саксагансько-Сурський (Новогурівське, Хуторське, Криничанське, Оленівське, Сурське, Петромихайлівське та Первозванівське родовища). Розвідані запаси та ресурси родовищ цього типу оцінюються на рівні 70 тис. т. У межах цієї металогенічної області можуть існувати ще не виявлені відгалуження відомих палеодолин і нові невеликі палеодепресії, що містять промислове уранове зруденіння.

Згідно з класифікацією гідрогенних родовищ зазначені родовища належать до класу ґрунтово-інфільтраційних, тобто таких, що формуються метеорними підземними водами за активного інфільтраційного гідродинамічного режиму, зумовленого підвищенням області живлення над областю розвантаження, і контролюються ґрунтовою окислювальною зональністю. Глибина урізу палеодолин, що містять уранове зруденіння, у фундамент і кору вивітрювання – до 70–90 м, протяжність – 30–100 км. Потужність перекриваючих відкладів (морських – еоцену і олігоцену або прибережно-морських – міоцену) – 30–60, максимум – 100 м до річкових відкладів, які або повністю заповнюють палеодолини, або залягають в основі осадового чохла під лагунно-лиманними або озерно-болотяними відкладами. Відомі також випадки, коли значна частина зруденіння (90% від загального обсягу ураноносних порід) міститься в корі вивітрювання у вторинних каолінах, як це має місце на Петромихайлівському та Первозванівському родовищах, розташованих у межах Синельниківської депресії в зоні перетину Девладівського розлому з іншими регіональними структурами.

Уранові поклади контролюються ґрунтовою або ґрунтово-пластовою окислювальною зональністю і залежно від умов її розвитку від верхів'їв або бортів палеодолини розміщуються або уздовж стрижня по всій ширині палеорусла, або уздовж бортів у вигляді нешироких звивистих смуг. Вони мають переважно пластову або лінзовидну форму, локалізовані у вуглистих пісках, бурому вугіллі, рідше – вуглистих глинах або корі вивітрювання і утворюють декілька ярусів по всьому розрізу водоносного горизонту. Протяжність рудних тіл під нижньою межею зони ґрунтового окислення – до декількох кілометрів, ширина – сотні метрів, потужність – зазвичай десятки сантиметрів, зрідка до двох метрів, вміст урану – соті долі відсотка. На виклинюванні зон ґрунтово-пластового окислення утворюються багатші рудні тіла потужністю до 4–5 м, які іноді мають форму ролів. Уранове зруденіння супроводжується інтенсивною сульфідизацією різних літолого-фаціальних типів вугленосних відкладів.

Уран у рудах міститься в основному у вуглистій речовині (у середньому 35%), меншою мірою – в глинистій (у середньому 25%) і у вигляді уранової черні (17%). Близько 5% урану міститься в лейкоксені і близько 3% – у гідроксидах заліза. Вміст урану у вуглистій речовині досягає 1,7%, у глинистій – 0,378%. Уранова чернь встановлена тільки в багатих рудах. Вона утворює дрібні виділення, зрощення або тонкі плівки навколо зерен піриту, марказиту, ільменіту. За допомогою електронної мікроскопії та мікрозондування був встановлений кофініт, який разом з урановими чернями утворює дрібні (соті долі мм) скупчення: в цементі пісковиків, на поверхні кварцу, на поверхні та всередині вуглистих залишків, навкруги уламкових зерен і виділень дисульфідів заліза, на зернах ільменіту. На Новогурівському родовищі також встановлені високі концентрації ренію на виклинюванні пластової зони окислення у внутрішній частині зони. Мінеральна форма ренію – ізоморфна домішка в піритах, тонкодисперсні дісульфіди. На Сафонівському родовищі із вмістом урану корелюється високий вміст селену.

Сафонівське родовище. Найбільш підготовленим до експлуатації є Сафонівське родовище у Казанківському районі Миколаївської області, де проведені детальні розвідувальні роботи, натурні дослідження на полігонах (рис. 1).

Основні характеристики родовища. Морфологія рудних покладів переважно стрічкоподібна, місцями ізометрична. Розподіл руд у розрізі родовища одноярусний, частіше має вигляд рудонасичених зон або лінзоподібну морфологію. Середня потужність продуктивного горизонту становить 13,0 м, а середня сумарна потужність рудних тіл – 7,2 м. Інтервал глибини залягання руд становить 50–70 м. Основні мінерали – сорбований уран у вуглисто-глинистій речовині та уранові черні. Вміст урану в рудах – 0,018%.

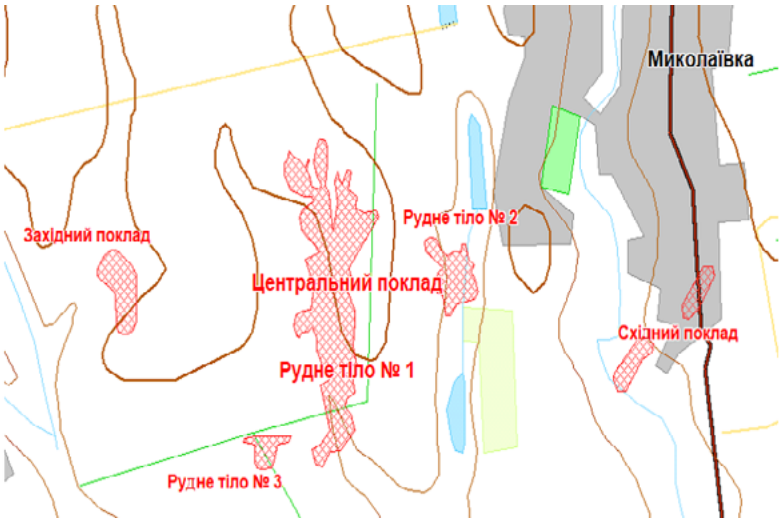


Рис. 1. Рудні тіла покладів Сафонівського родовища урану

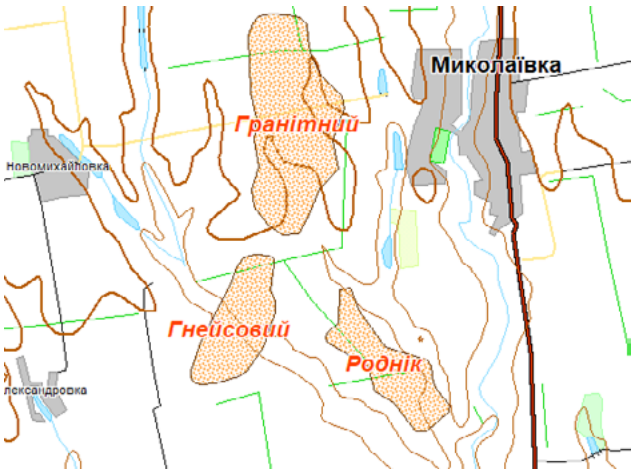


Рис. 2. Рудні поклади Михайлівського родовища

Поблизу розвіданого Сафонівського родовища виявлені Покровська і Троїцька перспективні ділянки, також придатні до видобутку урану методом підземного свердловинного вилуговування.

Михайлівське родовище. На Михайлівському родовищі уранове зруденіння встановлено в тріщинуватих кристалічних породах (гнейсах, гранітах, мігматитах та пегматитах) та їх корі вивітрювання. Родовище характеризується значними прогнозними ресурсами урану (рис. 2).

Михайлівське родовище є поліхромно-полігенним з проявом 3 рудних етапів та 3 генетичних типів зруденіння. Основна маса руд залягає в гнейсах біотитових з домішкою графіту, які зазнали інтенсивного дроблення, катаклазу, інтенсивно тріщинуваті з накладеними гідротермальними змінами (гематизації, хлоритизації, карбонатизації, піритизації і окварцювання). В гранітах уранове зруденіння локалізоване рідше. Найбільша частка в утворенні промислового уранового зруденіння на родовище належить гідрогенному типу руд, який потенційно придатний для промислової розробки способом підземного вилуговування.

Уранова мінералізація на Михайлівському родовищі представлена настураном, уранінітом, кофінітом і урановою черню [1]. Згідно з Паспортом родовища, кофініт є головним рудним мінералом, а уранініт, настуран, уранові черні – другорядними мінералами [2]. У цих мінералах уран знаходиться у відновленій чотиривалентній формі і згідно із загальноприйнятою класифікацією [3; 4] його вилуговування без використання окислювачів є утрудненим. Оскільки основна маса руд родовища – це убогі і бідні, то єдино можливим способом їх відпрацювання є метод підземного вилуговування із застосуванням системи закачувальних і відкачувальних свердловин. Тому на стадії оціночних робіт одним

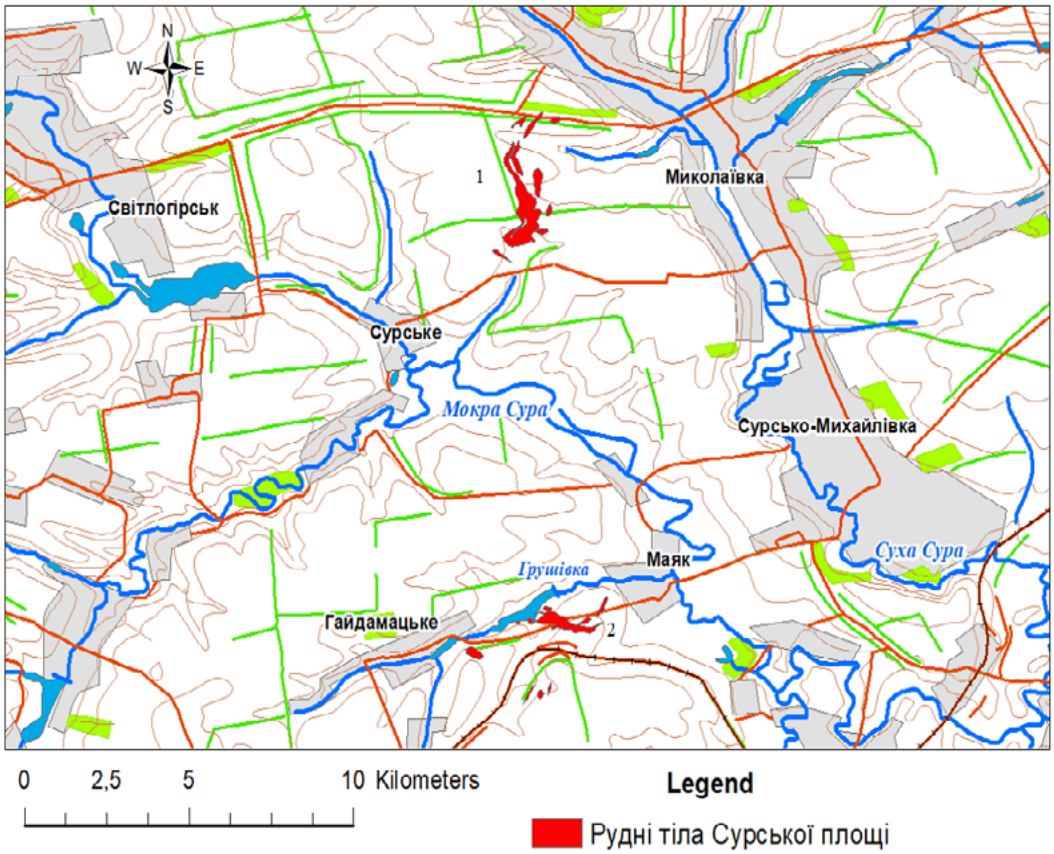


Рис. 3. Рудні поклади Сурського родовища уранових руд

1 – Грушевський поклад; 2 – Червоноярський поклад

з основних завдань було визначення принципової можливості рентабельного вилуговування урану з руд на місці залягання. З цією метою проведено лабораторні і натурні технологічні випробування. Під час лабораторних випробувань для руд найбільш пізньої гіпергенної прожилково-тріщинної уранової черневої мінералізації, сформованої впродовж фанерозою, з концентрацією більше 0,01% встановлено добре вилучення урану (до 70–80%) з отриманням промислової концентрації урану в розчині. Цей тип мінералізації створився за рахунок вилуговування урану із різних ендогенних проявлень і перевідкладень його в зонах відкритої тріщинуватості. Цьому екзогенному зруденінню, представленому вторинними кофініт-ураново-черневими накопиченнями, в загальному балансі руд Михайлівського родовища належить істотна роль.

Сурське родовище складається з двох ділянок – Червоноярської та Грушевської, на яких зосереджено 39,5 та 60,5% запасів урану відповідно (рис. 3).

Відстань між ділянками близько 8 км. Натепер Червоноярська ділянка нерідко розглядається як окреме Червоноярське родовище [5]. На Червоноярській ділянці розвідано 4 поклади (Центральний, Східний, Південний та Західний) та 2 лінзи балансових руд [6]. Найбільш великим є Центральний поклад (26,7% запасів родовища) широтного простягання та складної форми. На Грушевській ділянці розвідано 2 поклади (Основний і Північно-Східний) та 2 лінзи балансових руд. Основні запаси ділянки (51,5% запасів родовища) зосереджені в Основному покладі, який має форму смуги близького до меридіонального простягання. Рудні поклади в розрізі складаються, як правило, з 1–3 рудних тіл порівняно невеликої потужності, розміщених всередині пачки проникних порід.

Уранове зруденіння приурочене до піщано-вуглисто-глинистих відкладів бучацького ярусу середнього еоцену та харківського ярусу олігоцену, що заповнюють відроги депресії. Вік відкладів встановлений неоднозначно. В південно-західній частині Сурського родовища уранове зруденіння встановлене також у вторинних каолінах, що підстеляють вуглисті глини та піски.

Новогурівське родовище знаходиться на відстані 30 км на південний схід від м. Жовті Води (рис. 4).

Зруденіння приурочене до піщано-вуглисто-глинистих відкладів бучацького ярусу середнього еоцену, що заповнюють два відроги верхів'я Новогурівської депресії, загалом близької до меридіонального простягання. Рудовміщуючі відклади залягають горизонтально; розподіляються на дві пачки. Нижня складається з вторинних каолінів, різною мірою запісочених, з прошарками пісків,

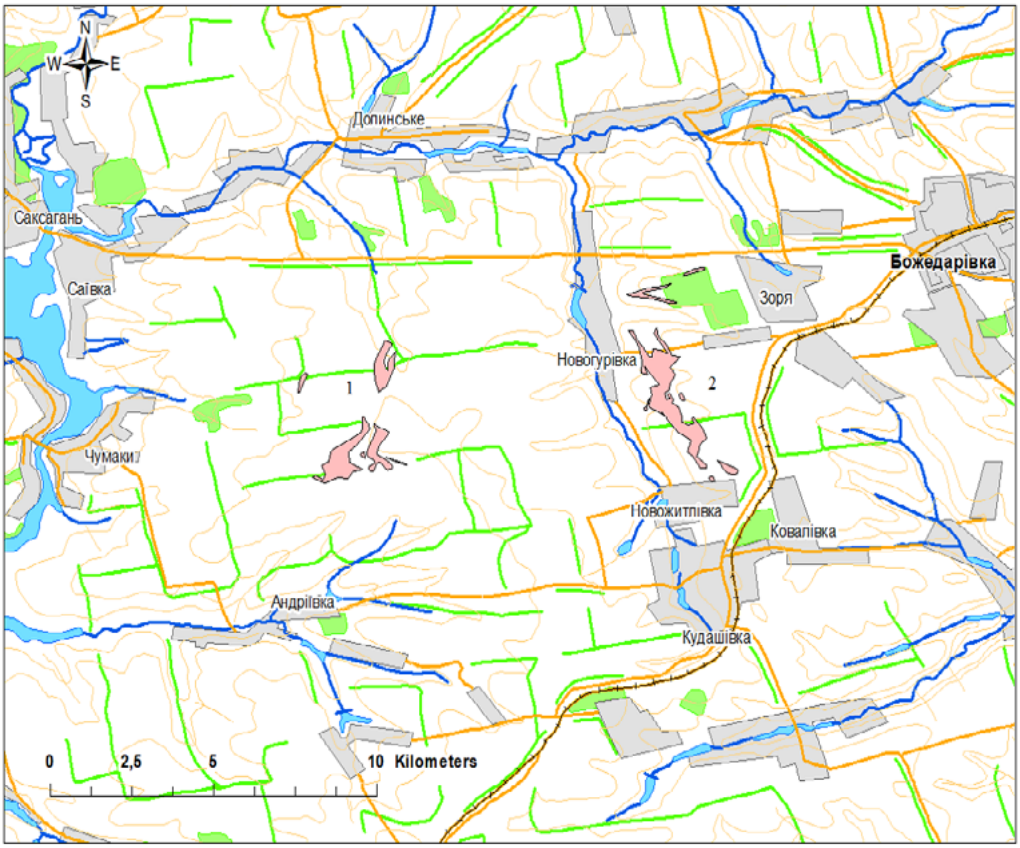


Рис. 4. Розташування рудних покладів Новогурівського родовища

1 – Широколанівський поклад; 2 – Основний поклад

потужність пачки 5–15 м, розвинута вона переважно по бортах та верхів'ях депресії. Верхня пачка має вуглисто-глинисто-піщаний склад, потужність до 30 м, розвинута по всій площі депресії. Тобто зруденіння знаходиться як у річковому морфологічному типі відкладів, так і в корі вивітрювання [5].

Родовище складається з двох рудних покладів – Основного та Широколанівського, відстань між ними – 5 км. Окрім цих покладів, є 8 дрібних лінз. На Основному покладі зосереджено 64,5% запасів урану, на Широколанівському – 26,5% [5; 7].

Уранове зруденіння відоме в усіх літологічних типах порід – глинах, пісковиках, бурому вугіллі. Основна кількість урану в рудах зосереджена за рахунок сорбції на глинистих мінералах та вуглистій речовині, а також у формі черні. Встановлені також (в акцесорних кількостях) уранініт, кофініт, студтит.

Гідрогеологічні умови в межах родовища визначаються наявністю бучацького (продуктивного) водоносного горизонту, який характеризується найбільшою обводненістю з коефіцієнтами фільтрації від 0,13 до 9,02 м/добу, питомим дебітом від 0,006 до 2,33 л/с, напірним характером з висотою напору 10–20 м. Води сульфатно-хлоридно-натрієві з мінералізацією 0,8–3,1 г/л. Основне джерело живлення – атмосферні опади.

Оцінка можливостей застосування способу ПСВ для експлуатації зазначених родовищ

Лабораторні та натурні дослідження, проведені КП «Кіровгеологія» на вказаних родовищах, перш за все показали, що загалом гідрогеологічні умови оцінюються як придатні для експлуатації родовищ способом ПСВ. Руди є технологічними для ПСВ: концентрація урану в продуктивних розчинах – 15–20 мг/л, вилучення урану з руд 1 сорту – близько 50%. Таким чином, існує принципова можливість підземного вилуговування урану з екзогенних руд інфільтраційного типу.

Водночас під час натурних випробувань рудних біотитових гнейсів встановлено, що вони мають високу кислотостійкість і відновні властивості через наявність у них сірководню. Тому сірчана кислота як реагент не може бути застосована через високі її витрати і закупорки шляхів руху розчину гіпсом, що утворюється.

На базі Сафонівського родовища планується апробація методу киснево-содового збагачення уранової сировини (За програмою розвитку мінерально-сировинної бази України до 2030 року).

Загальна характеристика методу ПСВ

Метод ПСВ характеризується меншим ступенем забруднення навколишнього середовища порівняно зі звичайними методами розробки. Рекультивація землі при цьому мінімальна, оскільки витягання обсадних труб і цементування стовбура свердловин проводиться до рівня глибини оранки, а також немає скидання твердих і рідких відходів, газів, аерозолів у повітря. Немає необхідності у будівництві та експлуатації хвостосховищ. Можливе збереження у непорушеному стані денної поверхні: після відпрацювання родовища або окремої його частини земельні угіддя можуть бути використані у сільському господарстві без будь-яких обмежень.

Щодо ***наслідків підземного вилуговування урану*** для навколишнього середовища, то слід зазначити таке. На відпрацьованому Девладівському родовищі видобуток урану з 1962 по 1983 рік відбувався шляхом закачування у свердловини технологічного розчину, який містив у собі сірчану та азотну кислоти, аміачну селітру і аміачну воду. Після вилуговування урану, оскільки відновлення (промивання) надр не проводилось, ореол забруднення охопив усю площу уранових покладів і простягнувся вздовж палеодолини на відстань 4,5 км шириною 0,4–0,6 км. У продуктивному горизонті залишкові розчини становили близько 6 млн м^3. Завдяки проведенню моніторингових спостережень (1983–2006 рр.) у мережі водопунктів (свердловин, колодязів і гідрогеологічних створів) за горизонтами ґрунтових вод отримано таку інформацію.

У продуктивному горизонті, тобто у водоносному горизонті бучацької свити, відбуваються сучасні процеси як техногенного, так і геологічного характеру. Геологічні процеси характеризуються надходженням у продуктивний горизонт тріщинних підземних вод з кристалічного фундаменту та порових підземних вод з піщаного водоносного горизонту міоцену через гідрогеологічні «вікна» у бортах палеодолини. Ці води знижують кислотність залишкових розчинів, взаємодіють з ними хімічно і витискають їх із порового простору порід, змушуючи пересуватись у напрямку області розвантаження, тобто річки Саксагань. Хімічна взаємодія залишкових розчинів з породами рудного водоносного горизонту призводить до нейтралізації сірчаної кислоти, збагачення розчинів солями металів та осадження нерозчинних хімічних сполук (оксидів заліза й алюмінію, гіпсу тощо) у порах пісків. Вміст у підземних водах рудного горизонту більшості сполук, у тому числі радіоактивних елементів, перевищує допустимі норми та являє загрозу забруднення як суміжних водоносних горизонтів, так і ближніх річок. Але і у водах рудних горизонтів і навіть суміжних з рудним водоносних горизонтів, родовищ, де ще нічого не видобували (Сафонівка, Сурське, Новогурівка), активність трансуранових нуклідів на 1–2 порядки перевищує норми. І було б дивно, якби було інакше.

Але за період спостережень з 1983 року, коли існувала найбільша забрудненість підземних вод компонентами технологічного розчину, до 2006 року відбулося зменшення вмісту сульфат-іону, загального вмісту солей у цілому, вмісту урану, зменшення інтенсивності процесу вилуговування в центральній частині родовища за рахунок розрідження залишкових розчинів підземними водами. Водночас залишкові розчини з низьким pH поширилися на нові площі, де почали вилуго-

вуватись низькі некондиційні концентрації урану (< 0,01%). Відбувались мікробіологічна денітрифікація залишкових розчинів, виведення з них радію і радіогенного свинцю, але підвищення вмісту торію (за рахунок зниження pH та підвищення Eh); вміст полонію залишився незмінним.

Проведені моніторингові дослідження показали необхідність постійних спостережень, особливо в напрямку переміщення ореолів забруднення до басейнів річок.

Впливи на довкілля, зумовлені технологією ПСВ та способи їх послаблення

Технологія ПСВ пов'язана з надходженням слабко кислих технологічних розчинів у водоносні шари рудного горизонту та їх поширенням з потоком підземних вод. З метою запобігання розповсюдження робочих розчинів за межі території відпрацювання встановлюється баланс закачування і відкачування робочих розчинів з незначною (до 2%) перевагою об'єму відкачування перед об'ємом закачування.

Для контролю за можливим розтіканням продуктивних розчинів передбачається облаштування контурних і законтурних спостережних свердловин, які розташовані на межі розрахункових радіусів розтікання (на практиці законтурні планують, як правило, на межі СЗЗ – 300 м).

Вилуговуючий розчин на різних стадіях відпрацювання рудного тіла (пласту) має певні концентрації вилуговуючого реагенту:

– стадія закислення продуктивного горизонту розчином сірчаної кислоти концентрацією 25–30 г/дм^3.

Метою стадії закислення є заповнення порового простору продуктивного горизонту розчином реагенту, який переведе призначений для видобутку метал (уран) у розчинну форму. У цей період доцільні максимальні концентрації реагенту та швидкість фільтрації для якнайшвидшого заповнення вилуговуючим розчином продуктивного горизонту.

Стадія вилуговування починається за таких умов:

– pH відкачних розчинів знижується в межах від 4,5 до 1,5 та стабілізується при значенні 1,5–2,0;

– у продуктивних розчинах спостерігається стійкий вміст урану більше ніж 25 мг/дм^3;

– у розчині підвищується вміст іонів Fe^{3+}, Fe^{2+}, Al^{3+};

– спостерігається збільшення коефіцієнта фільтрації в зоні вилуговування за рахунок хімічної декольматації.

На стадії вилуговування слід поступово знижувати концентрацію реагенту (сірчаної кислоти), зберігаючи високу швидкість фільтрації розчинів. Концентрація сірчаної кислоти у вилуговуючому розчині на рівні 8–10 г/дм^3 визначається залишковою кислотністю продуктивного розчину. Необхідна залишкова кислотність продуктивного розчину – 1÷2 г/дм^3.

Загалом технологічні процеси з відкачування і переробки продуктивних розчинів, які містять радіоактивні елементи, проводяться в рідкій фазі із забезпеченням герметичності на всіх стадіях видобувного та переробного циклів – без викидів в атмосферу. Таким чином, *забруднення повітряного середовища радіоактивними речовинами* природного походження не прогнозується за виключенням еманації радону-222 із продуктивного розчину при його відстоюванні. Додатковий внесок виробничої діяльності у приземні концентрації радону-222, згідно з виконаними розрахунками, може скласти на межі СЗЗ до 0,5 Бк/м^3 [8], що не перевищує кількох відсотків від існуючих природних показників на цій місцевості, які становлять 20…45 Бк/м^3 [9].

Оцінка впливу на довкілля експлуатації екзогенних інфільтраційних родовищ урану України

Польові дозиметричні вимірювання показали, що прилегла до родовищ територія у радіоекологічному відношенні є досить безпечною. Водночас просторовий розподіл потужності еквівалентної дози (ПЕД) характеризується локалізацією аномально високих показників на ділянках, приурочених до території родовищ, де зафіксовані рівні перевищення ПЕД над фоновими показниками прилеглої території, які досягають 5 разів, що у 3,5 раза перевищує граничні показники радіаційного впливу для населення (1 мЗв/рік). Таким чином, у разі початку розробки родовищ необхідно передбачити посилені заходи з радіаційного контролю та захисту території і населення. Також є певні підстави вважати, що простежується вплив розломних структур такої території на рівні ПЕД.

Вимірювання щільності потоку радону з поверхні ґрунту показало, що аномально високі рівні такого показника, очевидно, пов'язані з поверхневим відображенням найбільших за розмірами рудних тіл. Подальші дослідження можуть виявити непрямим методом існування інших потенційних рудних тіл.

Виміряні в лабораторних умовах показники альфа-, бета- та гамма-радіоактивності у відібраних пробах ґрунту не додають суттєвої додаткової інформації, однак, загалом, підтверджують існування певних полів поширення аномально високої активності на території уранових родовищ.

Результати гамма-спектрометричних аналізів відібраних проб ґрунтів показують для різних родовищ загалом співставимі рівні активності радіонуклідів уранового і торієвого рядів, які у низці випадків помітно перевищують глобальні показники.

Загалом, найбільш інформативні результати про радіоекологічну ситуацію отримані за допомогою польових дозиметричних вимірювань, а щодо інтерпретації поверхневих радіаційних досліджень з точки зору їх співпадіння з наявними геологічними, геофізичними, геоморфологічними даними – за допомогою вимірювань щільності потоку радону.

Інші радіаційні впливи не прогнозуються. Радіаційний фон досліджуваної території – потужність експозиційної дози гамма-випромінювання – адекватний більшості територій України, а також глобальним показникам.

Висновки. Проведені дослідження довели, що прогнозована індивідуальна ефективна доза опромінення, яка формується впливом виробничого комплексу по видобутку урану методом ПСВ, на межі СЗЗ не перевищує 9,0Е-3 мкЗв/рік, що на два порядки менше встановленої межі дози опромінення для населення згідно з радіаційно-гігієнічним регламентом ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 (НРБУ-97 [10]).

Значний негативний вплив на *атмосферне повітря* внаслідок надходження забруднюючих речовин від об'єктів підприємства не очікується. Викиди в атмосферне повітря з території родовища, на якій проводяться видобувні роботи, не прогнозуються.

Основним джерелом забруднення атмосфери у період видобування корисної копалини з надр і переробки продуктивних розчинів є технологічний корпус переробного комплексу. У технологічному корпусі переробки розчинів викиди, головним чином, представлені парами речовин (кислот), які використовуватимуться як реагенти для вилуговування урану, а також діоксидом азоту і зварювальним аерозолем від обладнання ремонтної майстерні.

За розрахунками, виконаними у проєктній документації на відпрацювання запасів Сафонівського родовища [8; 11–12], сумарний прогнозований викид забруднюючих речовин в атмосферу у період експлуатації орієнтовно становитиме 30…60 т/рік. Обсяги викидів формуються переважно автотранспортом і залежатимуть від інтенсивності робіт і будуть відрізнятися протягом різних періодів роботи підприємства.

Основний висновок проведених досліджень полягає в тому, що розробка невеликих уранових родовищ за допомогою сучасних технологій ПСВ потенційно може суттєво поліпшити вітчизняну сировинну базу. З огляду на структуру української енергетики (питому вагу ядерної енергетики в енергетичному балансі країни), уран – корисна копалина, яка має стратегічне значення. Отже, несумнівна актуальність планованої діяльності.

Література

1. Крамар О., Возняк Д., Галабурда Ю. Локалізація і генезис уранового зруденіння в межах Михайлівської площі (Західноінгулецька смуга Українського щита). *Мінералогічний збірник*. 2006. № 56. Вип. 1–2. С. 48–54.
2. Паспорт Михайлівського родовища № 41. Державний кадастр родовищ і рудопроявів корисних копалин України. Родовища металевих корисних копалин.
3. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана : учебное пособие для вузов. Москва : ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005, 407 с.
4. Носков М.Д. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания : учебное пособие. Северск : Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010. 83 с.
5. Металогенія урановорудних районів в осадовому чохлі Українського щита / Відп. ред. Верховцев В.Г.; автори: Верховцев В.Г., Сущук К.Г., Фомін Ю.О., Тищенко Ю.Є., Семенюк М.П., Деміхов І.Л., Колябіна І.Л., Вайло О.В., І.І. Михальченко. Київ : НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2019. 158 с.
6. Сурське родовище. Паспорт № (ТГФ) ЗП-1212. Державний кадастр родовищ і рудопроявів корисних копалин України. Родовища металевих корисних копалин.
7. Новогурівське родовище. Паспорт № (ТГФ) ЗП-1197. Державний кадастр родовищ і рудопроявів корисних копалин України. Родовища металевих корисних копалин.
8. Техніко-економічне обґрунтування «Виробничий комплекс для проведення дослідно-промислової розробки Сафонівського родовища уранової руди способом свердловинного підземного вилуговування», Том 7.1 Оцінка впливів на навколишнє середовище. СРПВ-0-0-0-0-ОВНС-ПЗ, ДП «УкрНДПРІ промтехнології», м. Жовті Води, 2017.
9. Коваленко Г.Д. Радиоэкология Украины / 2-е изд., доп. и перераб. Харьков : ИД «ИНЖЭК», 2013. 344 с.
10. Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97.
11. Проєкт «Нове будівництво підприємства по відпрацюванню Сафонівського родовища, с. Миколаївка Казанківського району Миколаївської області. Том 7.1 Оцінка впливів на навколишнє середовище. СРПВ-2-0-0-0-ОВНС-ПЗ, ДП «УкрНДПРІ промтехнології», м. Жовті Води, 2019.
12. Звіт з ОВД «Підприємство по відпрацюванню Сафонівського родовища» (р/н 20194253528), ДУ «ІГНС НАН України», Київ, ДУ «ІГНС НАН України», 2019.

УДК 635.656
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.13

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ В ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ

Вольвач О.В., Жигайло О.Л., Колосовська В.В., Костюкєвич Т.К.
Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська 15, 65016, м. Одеса
rada.d.4109001@gmail.com, elenajigailo@gmail.com, v.kolosv@ukr.net, kostyukevich1604@i.ua

Агроекологічна оцінка ґрунтів – головний етап виконання комплексу завдань з визначення придатності сільськогосподарських ґрунтів для вирощування сільськогосподарських культур. Агроекологічна оцінка ґрунтів заснована на комплексі показників ґрунтових режимів. Ці показники безпосередньо впливають на ріст та розвиток рослин, їх продуктивність, ступінь розчинності елементів живлення, ефективність удобрення. Агроекологічна оцінка умов формування врожайності сільськогосподарських культур залишається першочерговою задачею, яка стоїть перед сільським господарством. На сучасному етапі соціально-економічного розвитку України збільшується актуальність подібних досліджень з урахуванням регіональних особливостей територій. У наш час саме горох є одним з дешевих джерел високоякісного білка. Крім того, він належить до одного з кращих поліпшувачів ґрунтів, позаяк за вегетаційний період зв'язує з повітря близько 100 кг/га азоту в діючій речовині. Також завдяки бульбочковим бактеріям у ризосфері рослин зосереджується корисний комплекс мікроорганізмів, що оздоровлює ґрунт. Завдяки цьому горох є найкращим попередником у сівозміні для більшості сільськогосподарських культур. Особливо значна його роль у районах, де вирощують озиму пшеницю. Тому в наші дні в цих районах можна замінити чорні пари на посіви гороху. Ця тенденція спостерігається у США, Канаді, Росії, Австралії. Зростання попиту на зерно гороху на світовому ринку спричинило збільшення виробництва гороху в Україні. За посівними площами та рівнем урожайності гороху Запорізька область лідирує в Україні (в 2019 році площа посіву становила 60 тис. га., урожайність – 28 ц/га). Метою дослідження є агроекологічна оцінку умов вирощування гороху в Запорізькій області та агроекологічна оцінку ґрунтів досліджуваної території. У дослідженні розглянуто тенденцію середньообласної врожайності гороху і виявлені особливості в динаміці врожайності гороху на досліджуваній території за певний період. Також оцінена щодекадна динаміка приростів агроекологічних категорій урожайності гороху, рівень потенційного врожаю за різних значень ККД (1–3%). Агроекологічна оцінка орної землі Запорізької області проведена за методом В.В. Медведєва, результати якої показали, що агроекологічні показники ґрунтів такої території відповідають оптимальним та допустимим умовам. *Ключові слова:* горох, тренд, агроекологічні категорії урожайності, потенційний урожай, орна земля, коефіцієнт корисної дії.

Agroecological assessment of peas growing conditions in Zaporizhzhya region of Ukraine. Volvach O., Zhygailo O., Kolosovska V., Kostiukievych T.
Agroecological assessment of soils is the main stage of performing a set of tasks to determine the suitability of agricultural soils for growing crops. Agroecological assessment of soils is based on a set of indicators of soil regimes. These indicators directly affect the growth and development of plants, their productivity, the degree of solubility of nutrients, the effectiveness of fertilizers. Agri-environmental assessment of the conditions for the formation of crop yields remains a priority for agriculture. At the present stage of socio-economic development of Ukraine, the relevance of such studies is taking into account the regional characteristics of the territories. Nowadays, peas are one of the cheap sources of high-quality protein. In addition, it is one of the best soil improvers, as during the growing season binds from the air about 100 kg/ha of nitrogen in the active substance. Also, thanks to nodule bacteria in the rhizosphere of plants concentrates a useful complex of microorganisms that heals the soil. Due to this, peas are the best precursor in crop rotation for most crops. Its role is especially significant in areas where winter wheat is grown. Therefore, nowadays, in these areas you can replace black steam with pea crops. This trend is observed in the United States, Canada, Russia, Australia. The growth of demand for pea grain on the world market has led to an increase in pea production in Ukraine. In terms of sown areas and the level of pea yield, Zaporizhian region is the leader in Ukraine (in 2019 the sowing area was 60 thousand hectares, yield 28 c/ha). The aim of the study is agroecological assessment of pea growing conditions in the Zaporizhzhya region and agroecological assessment of soils of the study area. The tendency of average regional yield of peas is considered in the researched and features in dynamics of yield of peas in the investigated territory for a certain period are revealed. Also, the decade-long dynamics of growth of agroecological categories of pea yield, the level of potential yield at different efficiency values KKD (1–3%) were estimated. Agroecological assessment of arable land in Zaporizhzhya region was carried out by the method of V.V. Medvedev, the results of which showed that agroecological indicators of soils of this area meet the optimal and acceptable conditions. *Key words:* peas, trend, agroecological yield categories, potential yield, arable land, coefficient of performance.

Постановка проблеми. Агроекологічна оцінка – це вивчення якості ґрунту певної території, це своєрідне зіставлення вимог сільськогосподарських культур до умов вирощування в певних агроекологічних умовах конкретної території (зони, області). Іншими словами, це оцінка родючості ґрунтів, за якої можна визначити, наскільки доцільно обробляти культуру на цій території [2]. Якщо не проводити агроекологічну оцінку, це може призвести до поганих наслідків – низької врожайності культури, розорення ґрунтів. Завдяки проведенню агроекологічної оцінки можна забезпечити раціональне використання та збереження ґрунтів як найважливішого складника природного середовища. Отже, необхідно проводити комплексну оцінку агроекологічного стану ґрунтів.

Актуальність дослідження. Тривалий час основною зернобобовою культурою в Україні був горох. Цінність гороху зумовлена його здатністю формувати досить високі і стабільні врожаї зерна порівняно з іншими бобовими культурами, а також хорошими показниками якості зерна і нетривалим вегетаційним періодом. Він є одним з кращих попередників для озимих культур.

Горох – одне з дешевих джерел високоякісного білка. Також він належить до одного з кращих поліпшувачів ґрунтів, позаяк за вегетаційний період зв'язує з повітря близько 100 кг/га азоту в діючій речовині. Завдяки бульбочковим бактеріям у ризосфері рослин зосереджується корисний комплекс мікроорганізмів, що оздоровлює ґрунт. Горох є найкращим попередником у сівозміні для більшості сільськогосподарських культур.

Останнім часом посівні площі гороху значно зменшилися (в 2014 році посівні площі гороху по Україні зменшились до 154 тис. га, а виробництво – до 360 тис. тонн). Зростання попиту на зерно гороху на світовому ринку спричинило збільшення виробництва гороху в Україні у три рази (2017 – посівна площа становила 410 тис. га, а вже в 2018 р. – зросла до 430 тис. га). За посівними площами та рівнем урожайності гороху Запорізька область лідирує в Україні (в 2019 році площа посіву становила 60 тис. га, урожайність – 28 ц/га).

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тема дослідження відповідає основним напрямам наукової діяльності кафедри агрометеорології та агроекології Одеського державного екологічного університету і виконувалась у рамках науково-дослідної теми «Розробка методу оцінки агроекологічних умов формування продуктивності зернобобових в Україні».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченням такої проблематики займаються в багатьох країнах світу [5–11]. Для визначення оптимальної дати сівби, оцінки врожайності, вмісту мікроелементів у бобах у Конго було проведено серію досліджень. У чотирьох районах країни, які схильні до посухи, були проведені дослідження за строками сівби бобів [5].

Схожі дослідження проводилися у Новій Зеландії: в моделі прогнозу урожайності були розраховані випаровуваність, вологозабезпеченість, тривалість періодів, кількість поливів, днів з посухою. Використовуючи таку модель, можна отримувати найвищі рівні врожайності гороху [8].

Австрійські вчені провели серію експериментів, у результаті яких дали рекомендації щодо проведення глобальної агроекологічної оцінки земель. Агроекологічна оцінка виконує перевірку земельних ресурсів для оцінки за певних умов використання всіх можливих варіантів сільськогосподарського землекористування і кількісної оцінки очікуваного виробництва сільськогосподарських культур [10].

Вченими Азербайджану була проведена комплексна оцінка сільськогосподарських земель для стійкого розвитку з використанням DSS Micro LEIS. Систему Micro LEIS можна використовувати для оцінки якості ґрунтів та планування землевикористання [6]. Результати досліджень показали, що Micro LEIS є винятковим інструментом для отримання успішної та достовірної інформації, пов'язаної із сільським господарством, продовольством та навколишнім середовищем.

У Бразилії проводяться дослідження щодо вивчення реакції врожайності бобів на клімат, які свідчать про негативні наслідки зміни клімату. Для оцінки врожайності бобів застосувалась модель CSM-CROPGRO-DRY BEAN [11].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується зазначена стаття. У наш час культура гороху дуже добре вивчена в ботанічному, в агротехнічному відношенні, також досить детально вивчені екологічні вимоги вирощування. Незважаючи на великий обсяг теоретичних і експериментальних досліджень, питання агроекологічної оцінки умов вирощування гороху є досить неоднозначним. Тому виникає потреба у більш якісному вивченні питання агроекологічної оцінки умов вирощування гороху. Для адаптації гороху необхідно було провести нормування параметрів агроекологічних умов вирощування гороху стосовно певної території вирощування. Мета дослідження – провести агроекологічну оцінку умов вирощування гороху та агроекологічну оцінку ґрунтів досліджуваної території.

Методологічне або загальнонаукове значення. Агроекологічна оцінка умов вирощування гороху проведена на основі базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур [3]. Базова модель заснована на концепції максимальної продуктивності культур (Х.Г. Тоомінга), результатах моделювання формування урожаю рослин (А.М. Польового) та методах оцінки мікрокліматичної мінливості елементів клімату (Е.Н. Романової) [3; 4]. Також агроекологічна оцінка умов вирощування гороху на території Запорізької області виконана за методом В.В. Медведєва [2]. В основі методу лежать такі критерії умов: оптимальні, допустимі, недопустимі. В основу агроекологічної оцінки покладено принцип екологічного співвідношення параметрів довкілля, що характеризують потреби сільськогосподарських культур до їхнього вирощування.

Виклад основного матеріалу. Дати настання фаз розвитку гороху в Запорізькій області представлені в табл. 1 [1]. Середні багаторічні строки сівби гороху на досліджуваній території проводились 2 квітня. Сходи гороху спостерігалися 21 квітня, дати настання фаз цвітіння та достигання – 15 червня та 2 липня відповідно. Тривалість вегетаційного періоду гороху – 91 день.

Проаналізуємо умови вирощування гороху в період сходи–цвітіння та цвітіння–достигання.

У міжфазний період сходи–цвітіння середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями становила 13,3°С, сума опадів за середніми багаторічними даними – 94 мм. Сумарне випаровування – 124 мм, випаровуваність – 132 мм, вологозабезпеченість посівів гороху – 0,94 відн. од.

Агрокліматичні умови вирощування гороху в період цвітіння–достигання: середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями 18°С, сума опадів 110 мм, сумарне випарування – 105 мм, а випаровуваність – 112 мм, вологозабезпеченість – 0,98 відн. од. Кількість опадів за вегетаційний період гороху становить 206 мм, вологозабезпеченість становить 0,96 відн. од.

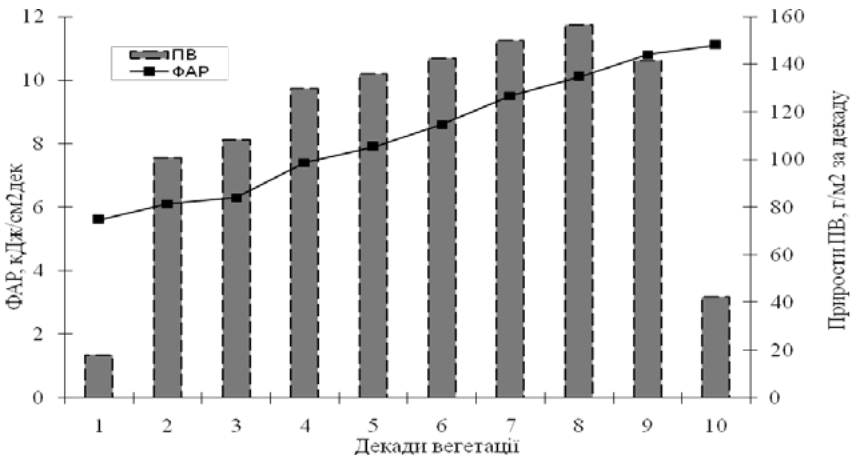


Рис. 1. Динаміка декадних приростів потенційної врожайності гороху та сум ФАР у Запорізькій області

За оптимальної забезпеченості рослин вологою, теплом та мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст біомаси гороху визначається приходом фотосинтетично-активної радіації за період розвитку та коефіцієнтом її використання [3].

На рис. 1 представлено динаміку декадних приростів потенційної врожайності гороху (ПВ) та хід декадних сум ФАР на досліджуваній території.

У період сходів сума ФАР за декаду становить 6,2 кДж/см^2, а величина приростів ПВ 100 г/м^2 за декаду. Від фази сходів до цвітіння сума ФАР стрімко зросла 6,3–9,0 кДж/см^2. Це призвело до збільшення приростів ПВ, зросли до 145 г/м^2 за декаду.

Зростання суми ФАР спостерігається також і в наступних періодах розвитку гороху. З настанням фази утворення бобів сума ФАР становить 10 кДж/см^2, в фазу достигання 11 кДж/см^2 (рис. 1).

Величина приростів ПВ у період утворення бобів досягла максимальних значень 158 г/м^2 за декаду. Надалі спостерігається зниження приростів ПВ на фоні досить високих ФАР за декаду. Це пов'язане зі старінням рослин. Тож, у фазу достигання прирости потенційного врожаю зменшились до 140 г/м^{2}декаду, а до кінця вегетації становили 42 г/м^{2}декаду.

Оцінимо рівні потенційного врожаю (ПВ), дійсно-можливого (ДМВ) та врожаю у виробництві (ВВ) за різних рівнів коефіцієнта корисної дії (ККД). Потенційний ККД посіву – це максимальний ККД посіву, який забезпечувався би біологічними властивостями сільськогосподарської культури, сучасною агротехнікою і рівнем родючості ґрунту в оптимальних для такої сільськогосподарської культури кліматичних умовах. Значення потенційного ККД і ПВ непостійні. У зв'язку з інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва, виведенням нових сортів, удосконаленням агротехніки і збільшенням доз добрив потенційний ККД і ПВ зростають.

За допомогою фізико-статистичної моделі продуктивності сільськогосподарських культур Х.Г. Тоомінга ми розрахували потенційні, дійсно-можливі та врожаї у виробництві гороху для Запорізької області за різних рівнів ККД: 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 (табл. 2).

Аналізуючи отримані результати, які представлено в табл. 2, бачимо, що потенційний врожай

Таблиця 1

Дати настання фаз розвитку гороху в Запорізькій області

Сівба	Сходи	Цвітіння	Достигання	Тривалість вегетаційного періоду, дні
2.04	21.04	15.06	2.07	91

Таблиця 2

Розподіл потенційного, дійсно-можливого врожаїв та врожаю у виробництві гороху в Запорізькій області

Показники	Коефіцієнт корисної дії (ККД), %				
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
ПВ, ц/га	28,9	37,1	48,3	71,2	96,6
ДМВ, ц/га	25,1	33,7	41,9	62,5	83,8
ВВ, ц/га	15,1	20,2	25,2	38,1	50,4

Таблиця 3

Нормування параметрів агроекологічних умов вирощування гороху

Параметри	Горох		
	оптимальні	допустимі	недопустимі
1. Потужність гумусового шару, см	>63	30-62	<29
2. Гранулометричний склад	2,3,4	1	5,6
3. Щільність грунту, г/см^3	1,05–1,35	0,95–1,04 1,36–1,45	<0,95 >1,45
4. Вміст гумусу, %	>3,6	2,0–3,5	<1,9
5. Вміст рухомого фосфору, мг/кг	124	123–65	<64
6. Вміст обмінного калію, мг/кг	180	110–179	<109
7. Вміст рухливих форм важких металів, мг/кг	<0,6	0,61–0,65	>0,66
8. Сума активних температур вище 10°С	>1600	900–1599	<900
9. Температура повітря при появі сходів, ^{o}С	6–10	4–5	<4
10. Температура повітря при формуванні генеративних органів, ^{o}С	16–20	10–15	>20 <10
11. Запаси продуктивної вологи (мм) у шарі ґрунту 0–20 см при появі сходів	>30	10–30	<10
12. Запаси продуктивної вологи (мм) у шарі 0–100 см при цвітінні або формуванні генеративних органів	>120	60–120	<60

Таблиця 4

Оцінка агроекологічних умов вирощування гороху на полі з чорноземами звичайним та південним

Параметри	Кількісне значення параметрів	Оцінка
1. Потужність гумусового шару, см	40–60	допустимі
2. Гранулометричний склад	2–4	оптимальні
3. Щільність ґрунту, г/см^3	1,1–1,4	оптимальні, допустимі
4. Вміст гумусу, %	3,6–3,0	оптимальні, допустимі
5. Вміст рухомого фосфору, мг/кг	62–120	допустимі, оптимальні
6. Вміст обмінного калію, мг/кг	81–142	недопустимі, допустимі
7. Вміст рухливих форм важких металів, мг/кг	0,63	допустимі
8. Сума активних температур вище 10°С	1460	допустимі
9. Температура повітря при появі сходів	6	оптимальні
10. Температура повітря при формуванні генеративних органів, ^{o}С	16,8-18,3	оптимальні
11. Запаси продуктивної вологи (мм) у шарі ґрунту 0–20 см при появі сходів	30	допустимі
12. Запаси продуктивної вологи (мм) у шарі 0–100 см при цвітінні або формуванні генеративних органів	114	допустимі

гороху у разі ККД 1% становить 28,9 ц/га, а у разі ККД 3% – 96,6 ц/га. Отже, зі збільшенням ККД збільшується і потенційний врожай культури. Така сама картина спостерігається з дійсно-можливим врожаєм: у разі ККД 1% рівень ДМВ становить 25,1 ц/га, а у разі ККД 3% – 83,8 ц/га.

Агроекологічна оцінка умов вирощування гороху на території Запорізької області виконувалась за методом В.В. Медведєва. Орні землі північної і центральної частини Запорізької області переважно представлено чорноземами звичайними та південними (75% площі області), а південна частина – каштановими ґрунтами. Для виконання агроекологічної оцінки складена таблиця нормування параметрів агроекологічних умов вирощування гороху (табл. 3).

У табл. 4 представлено значення параметрів чорноземів звичайних та південних на ріллі. Аналізуючи та порівнюючи дані, наведені в таблицях 4.5 та 4.6 бачимо, що ґрунти Запорізької області за більшістю параметрів характеризуються допустимими умовами, а саме за агрофізичними, фізико-хімічними та метеорологічними показниками. Це сприяє отриманню доволі високих урожаїв гороху.

Загалом, агроекологічні показники ґрунтів, притаманних Запорізькій області, відповідно до нормативів агроекологічних умов вирощування гороху, відповідають оптимальним та допустимим умовам.

Головні висновки. На основі фізико-статистичної моделі Х. Тоомінга розраховані потенційний, дійсно-можливий та врожай у виробництві гороху

за різних значень ККД (від 1 до 3%). Виявлено, що завдяки ФАР, що приходить на всю територію Запорізької області, можна отримувати потенційні врожаї гороху від 28,9 до 96,6 ц/га (залежно від ККД посівів). За методом В.В. Медведєва проведено агроекологічну оцінку орної землі Запорізької області: агроекологічні показники ґрунтів досліджуваної території відповідно до нормативів агроекологічних умов вирощування гороху більшою мірою відповідають оптимальним та допустимим умовам.

Перспективи використання результатів дослідження. Перспективою подальших досліджень є більш детальне врахування параметрів агроекологічних умов вирощування культури стосовно досліджуваної території. Використовуючи наведені методи досліджень, для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур необхідно проводити дослідження для ґрунтів інших територій. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку системних заходів стосовно покращення стану ґрунтів. Правильний підбір меліоративних заходів забезпечить покращення властивостей ґрунту, що спричинить високу природну родючість.

Література

1. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіди, А.Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. 107 с.
2. Медведев В.В. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур. Киев, 1997. 162 с.
3. Полевой А.Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія.* 2004. Вып. 48. С. 195–205.
4. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. 254 с.
5. Kanyenga L. Effect of climate change on common bean (Phaseolus vulgaris) crop production: determination of the optimum planting period in midlands and highlands zones of the Democratic Republic of Congo. 2016. DOI: 10.5897/AJAR2020.15073.
6. Farzin S., Jafarzadeh A. Integrated assessment of rural lands for sustainable development using Micro LEIS DSS in West Azerbaijan. Iran, 2016. DOI: 10.1016/j.geoderma.2010.04.010.
7. Fischer G., Velthuizen H., Shah M. Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results. *IIASA Research Report*. 2002. URL: http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/SAEZ/.
8. Frank S., Schmid E. The dynamic soil organic carbon mitigation potential of European cropland. *Global Environmental Change*. 2015. Vol. 35. P. 269–278.
9. Saleh S. Influence of Climatic Changes on Faba Bean Yield in North Nile Delta. Egypt. 2017. Vol. 8(1). P. 29–34. DOI: 10.21608/jssae.2017.37065.
10. Schonhart, M., Schauppenlehner, T. Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment: Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria. *Agricultural Systems*. 2016. Vol. 145. P. 39–50. DOI: 10.1016/j. agsy.2016.02.008.
11. Heinemann A.B., Ramirez-Villegas J. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. *Agric. For. Meteorol*. 2016. Vol. 225. P. 57–74. DOI: 10.1016/j.agrformet.2016.05.010.

УДК 627.8
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.14

СУЧАСНИЙ СТАН МАЛОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

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

Світовий досвід свідчить про економічну та екологічну ефективність малої гідроенергетики, яка проходить період стрімкого зростання. В Україні питання будівництва малих гідроелектростанцій також знаходиться в постійному фокусі енергетиків, економістів, екологів та громадськості. З одного боку, використання енергії річок вважається «зеленим» і екологічним, з іншого – будівництво станцій тягне за собою гідроморфологічні зміни русел річок, порушує їх природний стан. Наявні малі гідроелектростанції вимагають ретельного управління експлуатацією цих об'єктів відповідно до принципів належної екологічної практики, яка дає змогу ефективно вирішувати питання якості води, контролю паводків, забезпечення потреб рибного господарства, рекреації та поповнення стоку в умовах меженного режиму річок. Будівництво нових об'єктів потребує усунення екологічних ризиків і запровадження заходів щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

У статті визначено місце малих гідроелектростанцій в енергетиці України загалом та у секторі відновлюваної енергетики, узагальнено дослідження різних років щодо екологічних та економічних наслідків функціонування малої гідроенергетики в Україні, у тому числі в Карпатському регіоні, здійснено аналіз поточної ситуації у сфері державного регулювання з питання введення «зеленого» тарифу та надано оцінку ролі інвестиційних аспектів галузі. На основі здійсненого аналізу визначені потенційні загрози для екологічного стану водних об'єктів та прилеглих екосистем. Автори також надали огляд вітчизняної законодавчої бази із зазначеного питання, показали необхідність комплексного підходу для мінімізації впливу на довкілля малої гідроенергетики та сформували аргументовані висновки щодо економічної та екологічної доцільності подальшого використання гідропотенціалу річок України. *Ключові слова:* мала гідроенергетика, екологічні наслідки, «зелений» тариф.

The current state of small hydropower in Ukraine. Zakorchevna N., Nahorneva N.

World experience testifies to the economic and environmental efficiency of small hydropower, which is undergoing a period of rapid growth. The issue of building small hydroelectric power plants in Ukraine is in the constant focus of power engineers, economists, ecologists and the public. On the one hand, the use of river energy is considered "green" and environmentally friendly, on the other hand, the construction of stations entails hydromorphological changes in river beds, disrupting their natural conditions. Existing small hydropower plants require careful management of the operation of these facilities in accordance with the principles of good environmental practice, which allows to effectively addressing water quality issues, flood control, meeting the needs of fisheries, recreation and recharge in low-water regime of rivers. The construction of new facilities requires the elimination of environmental risks and the adoption of measures to reduce the negative impact on the environment.

The article identifies the place of small hydropower plants in the energy sector of Ukraine in general and in the renewable energy sector, summarizes the study of different years on the environmental and economic consequences of small hydropower in Ukraine, and in Carpathian region also, analyzes the current situation in government regulation on the introduction of "green" tariff and an assessment of the role of investment aspects of the industry is given.Based on the analysis, potential threats to the ecological status of water bodies and surrounding ecosystems have been identified. The authors also provided an overview of the domestic legal framework on this issue, showed the need for an integrated approach to minimize the environmental impact of small hydropower and formed reasoned conclusions about the economic and environmental feasibility of further use of hydropower of rivers in Ukraine. *Key words:* small hydropower, environmental consequences, "green" tariff.

Постановка проблеми. Україна в недалекому минулому мала потужні ресурси гідроенергії малих річок. Загальний гідроенергетичний потенціал малих річок України оцінювався у 12 500 000 000 КВт-год, що становило близько 28% загального гідропотенціалу всіх річок України. Головною перевагою малої гідроенергетики вважається дешева електроенергія, відсутність паливної складової частини в процесі генерації електроенергії, позитивний економічний ефект. Первинним джерелом енергії для малої гідроенергетики є гідропотенціал малих річок, верхня межа потужності гідроенергетичного обладнання становить 10 МВт. Однак сучасні дослідження в галузі гідроенергетики свідчать, що гідроенергетику не можна вважати цілком поновлюваним (альтернативним) джерелом енергії, як, наприклад, енергію вітру, сонця або біомаси, оскільки справжню силу вода генерує в природних річках із природним руслом. Каскад малих гідроелектростанцій (МГЕС) фрагментує річку, каналізує її, перешкоджаючи її природному перебігу. Створені водосховища на гірських річках повністю змінюють характер перебігу, змінюючи одночасно і їх гідрологічний потенціал.

Актуальність дослідження. Чинні МГЕС вимагають ретельного управління експлуатацією цих об'єктів відповідно до принципів належної екологічної практики, яка дозволяє ефективно вирішувати питання якості води, контролю паводків, забезпечення потреб рибного господарства, рекреації та поповнення стоку в умовах меженного режиму річок. Будівництво нових об'єктів потребує усунення екологічних ризиків і запровадження заходів щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досвід впровадження європейськими країнами МГЕС у басейні р. Дунай показує необхідність комплексного рішення з мінімізації впливу малої гідроенергетики на довкілля: якісний і багатовекторний енергетичний, екологічний та водний менеджмент на всіх етапах життєвого циклу МГЕС. Всесвітній фонд дикої природи (WWF) взяв на себе роль медіатора в процесі протистояння противників і захисників будівництва МГЕС в Україні. Була створена «Українська гідроенергетична платформа» (https://energyukraine.org/) з двома робочими групами з метою напрацювання екологічних стандартів, якими мали б керуватися при визначенні безпечного розташування МГЕС. З їхньої ініціативи було підготовлено документи «Науково-методичні рекомендації з підготовки звіту по ОВС при будівництві малих ГЕС» та «Методика визначення особливо цінних ділянок річки з метою їх збереження та охорони».

Новизна статті полягає в узагальненні досліджень різних років щодо переваг або недоліків малої гідроенергетики, аналізі поточної складної частини ситуації, що склалася на ринку «зеленої енергетики», в тому числі з малою гідроенергетикою, визначенні потенційних загроз для екологічного стану водних об'єктів та прилеглих екосистем. Надано аргументовані висновки щодо доцільності подальшого використання гідропотенціалу річок України.

Виклад основного матеріалу. Україна визначила цілі і завдання реформування енергетичного сектора в Енергетичній стратегії України «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність на період до 2035 року» (ЕСУ) 18 серпня 2017 року [1]. ЕСУ спрямована на задоволення потреб економіки і суспільства і забезпечення енергетичної безпеки та ефективності, ринкового розвитку і незалежності, інвестиційної привабливості та дбайливого ставлення до навколишнього середовища. Вона також служить цілям інтеграції з ЄС і з його електричними і газовими комплексами. Стратегія включає три етапи, які передбачають: реформування енергетичного сектора (до 2020 року), оптимізацію та інноваційний розвиток інфраструктури (до 2025 року) і забезпечення сталого розвитку в довгостроковій перспективі. ЕСУ визначає ключові цілі та завдання для енергетичних підгалузей на кожному етапі. Однією з цілей ЕСУ є збільшення частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у структурі енергоресурсів України, особливо в секторі виробництва електроенергії [1].

Використання енергії ВДЕ нині є одним із пріоритетних напрямів розвитку світової енергетики. Частка ВДЕ в загальному світовому споживанні електричної енергії досягає 19%. В Україні цей показник становить лише 3,6%. Питома вага енергозабезпечення від малих ГЕС у загальному енергобалансі країни становить лише 0,13% (рис. 1) [2].

Стаття 65 Закону України «Про ринок електричної енергії» встановлює, що КМУ з метою забезпечення суспільних інтересів та виконання гарантій держави при покупці всієї електроенергії, виробленої на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії (а з використанням гідроенергії – вироблену лише мікро-, міні- і малими гідроелектростанціями), за встановленим «зеленим» тарифом або за аукціонною ціною, визначає державне підприємство «Гарантований покупець» електричної енергії. Фінансування діяльності «Гарантованого покупця» здійснюється в межах кошторису, що затверджується Регулятором (НКРЕКП) [3].

«Гарантований покупець» зобов'язаний купувати в суб'єктів господарювання, яким встановлено «зелений» тариф, або в суб'єктів господарювання, які за результатами аукціону отримали право на підтримку, всю відпущену електричну енергію, вироблену на об'єктах електроенергетики з альтернативних джерел енергії (а з використанням гідроенергії – вироблену лише мікро-, міні- і малими гідроелектростанціями), за встановленим їм «зеленим» тарифом, аукціонною ціною з урахуванням надбавки до нього/неї протягом всього терміну застосування «зеленого» тарифу або терміну дії підтримки.

«Зелений» тариф – спеціальна ціна, за якою купується енергія, вироблена з відновлюваних джерел – гідроелектростанціями, сонячними, вітровими або біостанціями. Підприємства та домогосподарства, які виробляють електроенергію за «зеленим» тарифом, продають її на ринок значно дорожче, ніж традиційні виробники теплової або атомної енергетики.

Щоб підвищити конкуренцію в секторі відновлюваної енергетики, у квітні 2019 року Україна прийняла закон про аукціони в секторі відновлюваної енергетики. «Зелені» тарифи будуть діяти до 2030 року, а державну підтримку з використанням стимулюючих тарифів замінять аукціонною системою на базі ProZorro (Український електронної системи державних закупівель), за яким інвестор, що пропонує найнижчий тариф на електроенергію, вироблену з ВДЕ, буде отримувати державну допомогу.

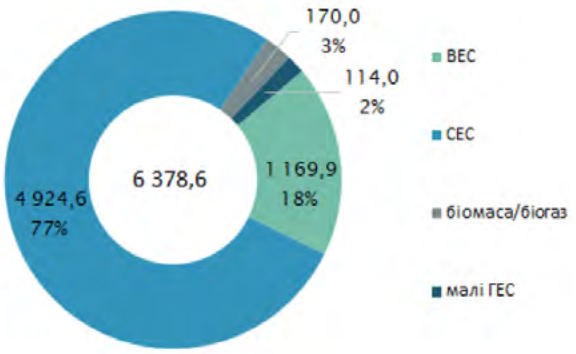


Рис. 1. Встановлена потужність виробників електроенергії з ВДЕ по «зеленому» тарифу у 2019 році, МВт

Таблиця 1

Коефіцієнти і значення зеленого тарифу до 2030 року для МГЕС [4]

№	Найменування	КОЕФІЦИЄНТИ ЗЕЛЕНОГО ТАРИФУ Зелений тариф без НДВ, Євроценти/кВт г		
		з 01.01.2017 р. по 31.12.2019 р.	з 01.01.2020 р. по 31.12.2024 р.	з 01.01.2025 р. по 31.12.2029 р.
1	Мікро ГЕС	**3,24** 17,45	**2,92** 15,72	**2,59** 13,95
2	Міні ГЕС	**2,59** 13,95	**2,33** 12,55	**2,07** 11,15
3	Малі ГЕС	**1,94** 10,45	**1,75** 9,05	**1,55** 8,35

На «зелені» тарифи зможуть претендувати як побутові, так і непобутові споживачі з встановленими електроустановками. Під час укладання договорів із гарантованим покупцем користувачі будуть зобов'язані пред'явити документи, що засвідчують право власності або користування земельною ділянкою, дозволу на приєднання до електричних мереж і будівництво. Крім того, відповідно до Закону України «Про альтернативні джерела енергії», виробникам електроенергії, які використовують обладнання українського виробництва, буде надаватися додаткова надбавка.

У 2019 році НКРЕКП було встановлено «зелений» тариф для 511 об'єктів електроенергетики, які виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії. Встановлена потужність об'єктів електроенергетики, які виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії, за підсумками 2019 року зросла втричі порівняно з 2018 року і становить 678,6 МВт. Загальна встановлена потужність об'єктів електроенергетики, які виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії та яким встановлено «зелений» тариф у 2019 році становить 4249,6 МВт (з яких ВЕС – 637,1 МВт, СЕС – 3537,3 МВт, біомаса/біогаз – 71,3 МВт, мікро-, міні- і малі гідроелектростанції – 3,9 МВт) [4].

Динаміка кількості суб'єктів господарювання та об'єктів електроенергетики, які виробляють електроенергію з ВДЕ, наведена на рисунку 2.

За останні роки спостерігається відродження інтересу до розвитку і використанню МГЕС у світі. У більшості країн вони будуються на новій, більш удосконаленій технічній основі, пов'язаній, зокрема, з повною автоматизацією їх роботи і дистанційним керуванням. Світовий досвід свідчить про економічну та екологічну ефективність малої гідроенергетики, яка проходить період стрімкого зростання. За оцінками Всесвітньої Енергетичної Ради, мала гідроенергетика дасть змогу заощадити до 99 млн літрів дефіцитного органічного палива в загальному виробництві енергії до 2020 року. Вважається, що при науково обґрунтованому використанні МГЕС можна вирішити серйозні екологічні проблеми, зокрема, протипаводкові заходи.

З позиції економії паливних ресурсів, що використовуються у виробництві електроенергії, зокрема вуглеводнів (природного газу, нафти та вугілля), а також скорочення викидів парникових газів і шкідливих речовин в атмосферне повітря, застосування МГЕС цілком виправдано і привабливо для виробників електроенергії. Причому вода не використовується як ресурс, а використовується тільки її кіне-

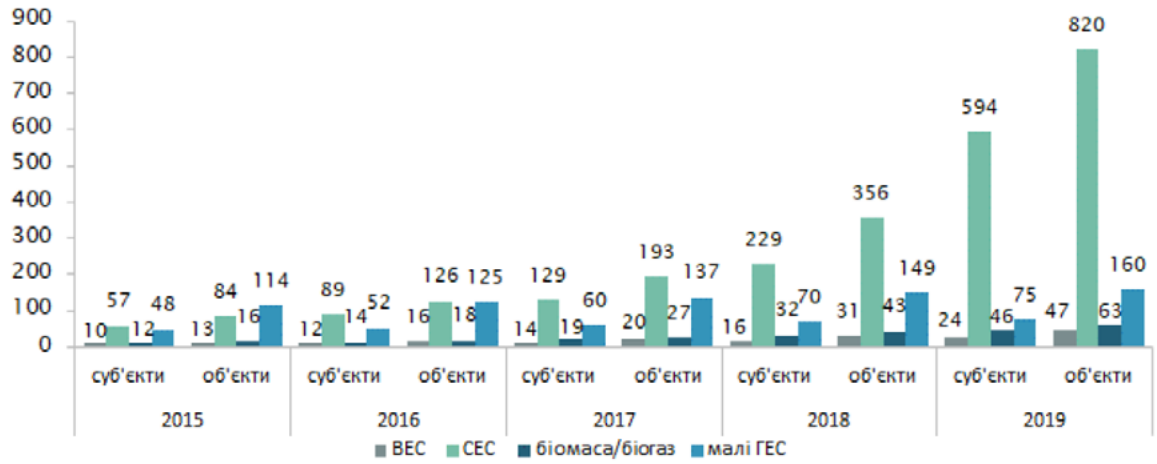


Рис. 2. Динаміка кількості суб'єктів господарювання і об'єктів електроенергетики, які виробляють електроенергію з ВДЕ

Таблиця 2

Основні характеристики конструктивних елементів МГЕС [6]

Елементи	Тип ГЕС		
	мікро (<100кВт)	міні (100 кВт – 1,5 МВт)	малі (1,5–30 МВт)
Довжина греблі (м)	0–10	10–25	15–50
Водосховище (га)	0	0–10	0–50
Турбинний водовід (м)			
• довжина (м)	0–100	10–1000	25–1000
• діаметр (м)	0,3–1,0	0,5–1,5	1,0–2,25
Будівля ГЕС (м²)	Відсутня – до 30	20–120	100–225
Довжина відводного каналу (м)	0–10	25–100	50–300

тична і гравітаційна енергія. Основними перевагами сучасних МГЕС, на думку енергетиків, є:

– використання відновлюваної енергії водних ресурсів;

– збільшення енергонезалежності районів;

– низька собівартість електроенергії;

– відсутність шкідливих викидів в атмосферу;

– висока маневреність (порівняно з ТЕС і АЕС).

Можливість застосування програми «зелених» тарифів до гідроелектроенергії може стати стимулом для залучення іноземних компаній у цей сегмент українського енергетичного сектора. Однак, відповідно до Закону України «Про альтернативні джерела енергії», право на використання такого тарифу мають тільки мікро-, міні- і малі гідроелектростанції загальною потужністю до 10 МВт. Відповідно до сучасної міжнародної класифікації ООН із промислового розвитку (UNIDO) до МГЕС зараховують: мікростанції – до 0,1 МВт (в Україні до 0,2 МВт) міністанції – до 1 МВт; малі станції – до 10 МВт (Китай – до 50 МВт, Польща – до 5 МВт). Різницю в класифікаціях МГЕС визначають особливості природних умов, природоохоронного законодавства країн і рівень розвитку їх економіки.

Закон України 2003 року (зі змінами 2020 г.) «Про альтернативні джерела енергії» дає такі визначення МГЕС [5]:

- мікрогідроелектростанція – електрична станція, що виробляє електричну енергію за рахунок використання гідроенергії, встановлена потужність якої не перевищує 200 кВт;

- мінігідроелектростанція – електрична станція, що виробляє електричну енергію за рахунок використання гідроенергії, встановлена потужність якої становить більше 200 кВт, але не перевищує 1 МВт;

- мала гідроелектростанція – електрична станція, що виробляє електричну енергію за рахунок використання гідроенергії, встановлена потужність якої становить більше 1 МВт, але не перевищує 10 МВт (табл. 2).

Гідроенергетичний потенціал України. Потенційні можливості малої гідроенергетики України на період до 2030 року були оцінені в Енергетичній стратегії України від 2006 року у 1140 МВт потужності з річним обсягом виробництва електроенергії 3340000000 кВт·год/рік. У редакції Енергетичної стратегії України до 2030 року, затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України 24 липня 2013 року № 1071-р, зазначено, що економічно доцільний потенціал МГЕС в Україні становить до 4 ГВт. У чинній редакції Енергетичної стратегії України до 2035 року (схвалена розпорядженням КМУ від 18 серпня 2017 року № 605-р) взагалі не визначений економічно доцільний потенціал МГЕС.

Донедавна вважалося, що Україна має потужні ресурси гідроенергії малих річок. Загальний гідроенергетичний потенціал малих річок України оцінювався у близько 12 500 000 000 кВт-год, що становило близько 28% загального гідропотенціалу всіх річок України.

Головною перевагою малої гідроенергетики називають дешевизну електроенергії, генерованої на гідроелектростанціях, відсутність паливної складової частини в процесі генерації електроенергії, позитивний економічний ефект. Первинним джерелом енергії для малої гідроенергетики є гідропотенціал малих річок; верхня межа потужності гідроенергетичного обладнання становить 10 МВт.

В Україні налічується близько 63 000 малих річок і водотоків загальною довжиною 135 800 км, з них близько 60 000 (95%) – дуже малі (довжина менше 10 км), їх сумарна довжина – 112 000 км, тобто середня довжина такого водотоку – 1,9 км. Більшість малих річок довжиною менше 10 км мають площу водозбору від 20,1 до 500 км² (87% усієї кількості та 72% всієї довжини малих річок України). Малих річок із площею водозбору від 50,1 до 100 км² налічується 890 (28% усієї кількості), а 797 річок (25%) мають площу водозбору 20,1–50 км² [7].

За площею водозбору малі річки України розподіляються таким чином: площа водозбору 10 км² і менше – 10 916 річок (17,3% всіх малих річок) площа водозбору 50,1–100 км² – 10 647 річок (1б, 9%); площа водозбору 101–200 км² – 10 591 річка (16,8%).

Річкова мережа належить до водозборів річок Вісли, Дунаю, Дністра, Південного Бугу, межиріччя Дунай – Дністер – Південний Буг, Дніпро, Сіверського Дінця, регіонів Приазов'я. Близько 98% території

України належить до басейнів Чорного і Азовського морів і 2% до басейну Балтійського моря. Із загальної кількості річок 28% припадає на водозбір Дніпра, 26% – Дунаю, 24% – Дністра, 9% – Південного Бугу, решта 13% – на інші території. Найбільша густота річкової мережі в Карпатах. В основному вона становить понад 0,5 км/км^2, в окремих районах – 1,5 км/км^2 (для основних територій України – 0,10–0,15 км/км^2). Їх загальний середньорічний стік становить 16 млрд м^3. Приблизно половина його припадає на Закарпатті. Карта поверхневих вод України наведена на рисунку 3.

Основною гідрологічною характеристикою є середній багаторічний стік, або норма річкового стоку. Найбільшою водоносністю відрізняються річки Карпат, стік яких значною мірою залежить від висоти басейну відповідної річки.

Енергію малих річок України почали використовують ще з початку минулого століття. До 1924 року було введено 84 МГЕС загальною встановленою потужністю 4 тис. кВт, а наприкінці 1929 р. налічували вже 150 МГЕС загальною встановленою потужністю 8,4 тис. кВт. У роки Другої світової війни значну частину МГЕС зруйнували. Після її закінчення, особливо в 50-і роки, будівництво МГЕС набуло значного розмаху і кількість побудованих станцій перевищувала 1500. Однак надалі, починаючи з 60-х років, завдяки розвитку в країні централізованого електропостачання та концентрації виробництва електроенергії на потужних теплових

Рис. 3. Карта поверхневих вод України

Таблиця 3

Класифікація МГЕС

Особливість	Тип	Характеристика
Спосіб створення напору води	Руслові ГЕС	Напір води створюється за рахунок побудованої дамби, яка повністю перегороджує річку
	Дериваційні	Напір води створюється за рахунок напірної або безнапірної деривації (відведення води з русла річки по каналу або системою водовідведення)
Показник напору	Низьконапірні до 20 м	Низьконапірний руслової гідровузол передбачає створення ГЕС із напором води в кілька метрів, водосховище якого зазвичай обмежується зоною природного затоплення заплави в разі сильних паводків
	Середньонапірні від 20 до 70 м	Середня величина напору води виникає за рахунок існуючої дамби або будівництва деривації
	Високонапірні від 70 м і вище	Напір виникає за рахунок деривації
Встановлена потужність	Малі ГЕС	Від 1 до 10 МВт
	Міні ГЕС	Від 200 до 1000 кВт
	Мікро ГЕС	До 200 кВт

і гідроелектростанціях, будівництво МГЕС призупинили [8]. У 2020 р. в Україні працювали 168 малих гідроелектростанцій, які скористалися пільговим тарифом із середньою потужністю у 177,3 млн кВт/г.

Після введення зелених тарифів завдяки приватним інвестиціям відновлено низку занедбаних МГЕС, побудовано МГЕС при водосховищах, а також побудовано низку нових МГЕС.

У сучасних типах МГЕС, які будують на річках, застосовують в основному звичайні схеми використання напору і основні проєктні рішення в них суттєво не відрізняються порівняно з МГЕС, які будували в минулі роки. За способом створення, показниками напору і потужністю МГЕС діляться на кілька типів (табл. 3).

Аналіз впливу малої гідроенергетики на навколишнє природне середовище. Представники міністерств і відомств, фахівці Апарату Ради національної безпеки і оборони України на засіданні робочої групи з питань подолання загроз в енергетичній сфері в липні 2020 року обговорили перспективи розвитку гідроенергетики в Об'єднаній енергетичній системі України [8]. На зустрічі наголошувалося на важливості ролі МГЕС в децентралізації енергетики, необхідність впровадження комплексного підходу до оцінки всього гідроресурсу України, регулярної розробки та публікації схеми гідроресурсів і їх освоєння, технологічної, економічної та політичної підтримки проектів в енергетичній сфері. Також обласним держадміністраціям було рекомендовано включити в програми розвитку регіонів питання комплексного використання гідроенергетичного потенціалу.

Досвід впровадження європейськими країнами МГЕС у басейні р. Дунай показує необхідність комплексного рішення з мінімізації впливу малої гідроенергетики на довкілля: якісний і багатовекторний енергетичний, екологічний та водний менеджмент на всіх етапах життєвого циклу МГЕС.

У Законі України «Про електричну енергію» в статті 14 «Охорона навколишнього природного середовища» проголошено [3]:

1) підприємства електроенергетики мають дотримуватися вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, здійснювати технічні та організаційні заходи, спрямовані на зменшення шкідливого впливу об'єктів електроенергетики на навколишнє середовище, а також вони несуть відповідальність за порушення вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

2) у разі порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища рішення про обмеження, тимчасову заборону (зупинення) діяльності електричних станцій, об'єктів системи передачі приймається КМУ;

3) рішення про обмеження, тимчасову заборону (зупинення) діяльності інших об'єктів електроенергетики приймають відповідні місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування та центральний орган виконавчої влади, який реалізує державну політику щодо здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища Державна екологічна інспекція), раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів у межах їх повноважень, передбачених законом;

4) для забезпечення безпеки населення, що проживає в районі розташування об'єктів електроенергетики, встановлюються санітарно-захисні зони, розміри і порядок використання яких визначаються в нормативно-правових актах і проєктах цих об'єктів, затверджених у встановленому порядку;

5) усі види господарської діяльності в санітарно-захисних зонах, дозволені режимом їх використання, можуть здійснюватися виключно за погодженням із власником об'єкта електроенергетики або уповноваженим ним органом відповідно до Закону України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів».

Для забезпечення запобігання і мінімізації можливого негативного впливу під час будівництва/реконструкції та експлуатації МГЕС у складі проєктної документації розробляють комплекс взаємопов'язаних природоохоронних, захисних, відновлювальних і компенсаційних заходів, включаючи:

- санітарну підготовку території будівництва і ложа водосховища МГЕС;
- зняття родючого шару ґрунтів із ділянки розміщення водосховища і споруд МГЕС і винесення його на малопродуктивні землі;
- рекультивацію тимчасово відведених земель;
- інженерний захист прилеглих до водосховища МГЕС територій і об'єктів від затоплення, підтоплення і переробки берегів (наприклад, будівництво захисних дамб, дренажу, кріплення берегів, пристрій у водосховищах МГЕС протипаводкових ємностей і т.п.);
- протипожежні заходи та заходи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій, оповіщення людей у разі їх виникнення;
- заходи по локалізації та ліквідації наслідків аварійних ситуацій і аварій на гідровузлах із МГЕС;
- організацію водоохоронних зон уздовж водосховища і створення захисних лісонасаджень у прибережній смузі;
- заходи проти замулювання водосховища МГЕС і погіршення якості води;
- забезпечення обов'язкових екологічних попусків води в нижній б'єф із водосховища або на ділянки річки, які частково осушуються внаслідок забору води на деривати;
- заходи щодо забезпечення сприятливої медико-екологічної ситуації;
- заходи щодо запобігання шкоди іхтіофауні з визначенням збитку рибному господарству і розробку компенсаційних заходів (наприклад, рибогосподарська використання водосховища, пристрій рибозахисного пристрою, будівництво рибопро-

пускних споруд, організація нерестовищ, режими попусків та витрат, необхідних для забезпечення безперешкодних міграцій риб (іхтіологічний мінімум стоку та ін.));

- захисні і компенсаційні заходи зі зниження можливих негативних впливів на біологічні ресурси (рослинний і тваринний світ наземних і навколоводних екосистем);
- заходи щодо збереження пам'яток культури, історії та археології.
- розгляд можливості включення водосховища МГЕС до складу природно-заповідного фонду (ПЗФ) України в разі його розміщення поблизу ПЗФ;
- організацію в процесі будівництва і експлуатації МГЕС моніторингу стану навколишнього природного середовища, включаючи контроль природоохоронних заходів [12].

Спорудження МГЕС має не тільки переваги, а й низку серйозних недоліків, пов'язаних з екологічним впливом. Внаслідок споруди гідроенергетичних об'єктів можуть затоплюватись великі ділянки землі, зникати цінні породи риб і губитися родючі ґрунти. Для подальшого розвитку малої гідроенергетики необхідно оцінити гідропотенціал річок України з розробкою моделей зміни обсягів річкового стоку у зв'язку зі зміною клімату. Аналіз багаторічних низки спостережень за річковим стоком у деяких річкових басейнах свідчить про його зменшення від 20 до 30%. Тому подальший розвиток гідроенергетики вимагає усунення екологічних ризиків і запровадження заходів щодо зменшення її негативного впливу на довкілля.

Сьогодні місця будівництва МГЕС в Україні визначаються інвесторами, що не завжди обґрунтовано з екологічної позиції. Третина із запланованих МГЕС у Закарпатті, згідно з локальними і обласною схемами розміщення МГЕС, виявилися в межах територій об'єктів природно-заповідного фонду, що суперечить законам України «Про природно-заповідний фонд України», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про тваринний світ» і «Про рослинний світ» та інші.

Сучасні дослідження в галузі гідроенергетики свідчать, що гідроенергетику не можна вважати цілком поновлюваним (альтернативним) джерелом енергії, як, наприклад, енергію вітру, сонця або біомаси, оскільки справжню силу вода генерує в природних річках із природним руслом. Каскад МГЕС фрагментує річку, каналізує її, перешкоджаючи її природному перебігу. Створені водосховища на гірських річках повністю змінюють характер перебігу, змінюючи одночасно і їх гідрологічний потенціал.

Ажіотажне будівництво МГЕС у Карпатах, викликане «зеленими» тарифами, не тільки не здатне вплинути на енергетичний баланс країни, а й через непродуманість і поспішність вибору місць для МГЕС може завдати вкрай згубний і незворотній вплив на екологічно еталонні річкові системи Українських Карпат.

Серед суттєвих недоліків МГЕС, що створюють негативний вплив на навколишнє середовище, виділяються такі основні:

- зміна гідрологічного режиму річки;
- негативний вплив на іхтіофауну (відсутність рибоходів, що призводить до зникнення унікальних видів риби) та інші гідробіонти;
- деградація прибережної рослинності;
- збільшення кількості паводків;
- активізація зсувів, селів і ерозійних процесів;
- замулення водосховищ;
- забруднення прилеглих територій;
- неестетичний вигляд дериваційних каналів;
- зниження туристичної привабливості територій вздовж річок [9].

Тому будівництво МГЕС вимагає ретельного управління експлуатацією цих об'єктів відповідно до принципів належної екологічної практики, яка дозволяє ефективно вирішувати питання якості води, контролю паводків, забезпечення потреб рибного господарства, рекреації та поповнення стоку в умовах меженного режиму річок.

У національній та регіональних програмах розвитку малої гідроенергетики зазначено, що гідроенергетичний потенціал Українських Карпат становить 7 628 700000 кВт×год/рік. Високі показники сприяють розвитку малої гідроенергетики і передбачають реалізацію сотень нових проектів МГЕС на гірських річках регіону. Українські Карпати є унікальною гірською країною, яка вимагає належної охорони складників природного середовища, зокрема водних об'єктів і їх екосистем. Сучасні науково-технічні та природоохоронні дослідження в районах експлуатації МГЕС підтверджують малоефективність їх використання та необґрунтованість використання «зеленого тарифу».

В Українських Карпатах діє 16 МГЕС, у тому числі дев'ять – в Закарпатській, п'ять – в Івано-Франківській, дві – у Львівській областях. Варто зазначити, що в минулому столітті в регіоні діяло 22 таких станції, більшість з яких працювали в Івано-Франківській і Львівській областях, зате в межах Закарпатської області вони були відсутні. У регіональних програмах розвитку малої гідроенергетики зазначено, що в межах Українських Карпат заплановано будівництво 395 МГЕС. Наприклад, такою програмою у Львівській області визначено 34 об'єкти для будівництва мікро- і міні-ГЕС загальною потужністю 1814 млн КВт-год. Реалізацію заходів запроектовано до 2020 року і не реалізовано, однак і не зупинено (табл. 3). Нині в межах Львівській області реалізують проєкти з будівництва семи МГЕС: Липиці (р. Дністер), Довгий (р. Стрий), Борислав (р. Тисмениця) Нижня Стинава (р. Стинавка) Нижнє Синьовидне (три об'єкти, річки Стрий та Опір) (табл. 4).

Таблиця 4

Запроєктована кількість МГЕС в Українських Карпатах

Область	Кількість станцій	Потужність станцій, МВт
Закарпатська	330	400
Чернівецька	12	6
Івано-Франківська	19	59
Львівська	34	24
Разом	*395*	*489*

Річки Закарпаття мають важливу рибогосподарську цінність, оскільки забезпечують середовище проживання, вільні шляхи міграції до нерестовищ, природні нерестовища і місця нагулу рідкісних, зникаючих і занесених до Червоної книги України видів риб. Такими видами є стерлядь прісноводна, дунайський лосось, харіус європейський, марена звичайна, марена Дунайсько-дністровська, піскар дунайський довговусий, піскар дністровський білоперих, чоп малий, чоп великий, йорж смугастий, йорж Балоні, минь, карась золотистий, струмкова форель, рибець звичайний, плотва дунайська, і видів, які на території України зустрічаються тільки в Закарпатському регіоні (ялець – андруга європейський (закарпатський), угорська мінога), що загалом є унікальною національною цінністю фауни України, зосередженої в басейні однієї річки.

Головним негативним фактором будівництва та експлуатації МГЕС на річці Тересва є перекриття шляхів вільної міграції риб і ската мальків, і за прикладом вже побудованих (Білинська, Краснянська МГЕС), тотальне зменшення водності водного потоку нижче водозабору.

Основне призначення заходів із компенсації збитків іхтіофауні в зоні впливу будівництва і експлуатації МГЕС є збереження біорізноманіття. Для аборигенних лососевих видів єдиним можливим заходом є зариблення. Разом із тим гідробудівництво призведе до погіршення умов існування інших аборигенних видів. З огляду на відсутність відпрацьованої технології заводського вирощування для більшості з них, перспективність використання басейну річки Тиса з метою любительського і спортивного рибальства стає під глибоким сумнівом. Прийняття зваженого рішення з цього питання вимагає додаткового розгляду і громадського обговорення, додаткової оцінки ефективності, з одного боку, стимулювання виробництва МГЕС порівняно невеликих обсягів електроенергії, а з іншого – шкода навколишньому середовищу (водним басейнам і гірським ландшафтним комплексам), втрати роботи населенням за рахунок зниження рекреаційної привабливості регіону та зменшення «зеленого» туризму.

Внаслідок будівництва та функціонування МГЕС можуть посилюватися такі негативні геологічні процеси, як зсуви та селі. Уздовж гірських річок такі процеси характерні повсюдно, а земляні роботи, які будуть проводитися під час будівництва МГЕС, зміна гідрологічного режиму річок можуть провокувати утворення нових місць зсувів і приводити до посилення їх активності.

Питання масового будівництва МГЕС у Карпатах має негативний соціально-економічний ефект. Туризм і рекреація нині є однією з провідних статей доходів місцевого населення. Карпатська конвенція, орієнтована на збалансований розвиток Карпатського регіону, передбачає пріоритетний розвиток туризму як основи зайнятості місцевого населення. Мережа дериваційних МГЕС, яка буде супроводжуватися наявністю іржавих трубопроводів, негативно вплине на туристичну привабливість регіону. Разом із тим місцеве населення не отримуватиме преференцій у ціні на електроенергію, «зеленим тарифом» скористається виключно власник МГЕС. Місцеве населення отримає втрату власних доходів за рахунок відтоку туристів, а також додаткове джерело небезпеки під час паводків у разі розташування над своїм житлом гірського водосховища.

Зарегулювання русел карпатських річок докорінно змінить ландшафти, а отже, призведе до порушень Європейської ландшафтної (Флорентійської) конвенції, завдасть удар по рекреаційних можливостях регіону, зокрема, частково унеможливить розвиток водних видів туризму, наприклад, рафтингу.

Досвід всіх вже побудованих МГЕС у гірській місцевості або ж тих, які знаходяться на стадії будівництва, показує, що забудовники намагаються якомога менше інформувати місцеве населення про плановані проєкти будівництва. Громадські слухання відбуваються поспіхом, у закритому режимі. Так відбувалося в с. Тур'я Поляна в Закарпатській області, с. Дземброня, с. Бистриця, с. Верховина, с. Ільці Івано-Франківської області, де також були прийняті рішення на користь будівництва МГЕС із фактичним порушенням «Конвенції про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються навколишнього середовища» (Орхуська конвенція). Однак на слуханнях, де громади отримували інформацію не без участі екологічних активістів, від будівництва МГЕС на своїх територіях вони відмовлялися.

На засіданні круглого столу «Екологічні проблеми та перспективи розвитку малої гідроенергетики як поновлюваного джерела енергії в Україні» у Верховній Раді України наприкінці 2019 року розглядалися питання запобігання впливу малої гідроенергетики на навколишнє середовище. Учасники акцентували на тому, що необхідно проведення стратегічної екологічної оцінки будівництва МГЕС у Карпатах, що є перспективним регіоном для розвитку МГЕС, і вжиття заходів щодо виконання системного аналізу доцільності спорудження кожної окремої МГЕС з урахуванням

Рис. 4. Пробійнівська МГЕС

перспектив розвитку території (туризм, рекреація тощо). З огляду на те, що згідно із затвердженими українським урядом планами розвитку енергетики, МГЕС в Україні будуватимуть, порятунком для навколишнього середовища мають стати жорсткі вимоги Оцінки впливу на довкілля (ОВД) і беззастережний контроль за функціонуванням МГЕС. Деякі неурядові екологічні організації виступають за заборону будівництва МГЕС в Україні та демонтаж існуючих.

В Україні є приклади недобросовісних інвесторів у секторі малої гідроенергетики, які дають аргументи для критики опонентів. Наприклад, МГЕС Пробійнівська в Івано-Франківській області, яку використовують всі екологи у своїх тезах проти МГЕС і яка заслужила критику. Інвестиції у світі на 1 кВт малої гідроенергетики становлять 3-8 тис. євро, а в цю станцію вклали менше 1 тис. євро на 1 кВт. Як результат, отримали іржаві водозабірні труби, прокладені над руслом річки, що ведуть до цієї ГЕС. Фотографії цієї станції використовують при кожному згадуванні МГЕС. При цьому в Україні є багато прикладів будівництва МГЕС європейського рівня.

Всесвітній фонд дикої природи (WWF) взяв на себе роль медіатора в процесі протистояння противників і захисників будівництва МГЕС в Україні. Була створена «Українська гідроенергетична платформа» (https://energyukraine.org/) з двома робочими групами з метою напрацювання екологічних стандартів, якими мали б керуватися при визначенні безпечного розташування МГЕС. З їхньої ініціативи було підготовлено документи – «Науково-методичні рекомендації з підготовки звіту по ОВС при будівництві малих ГЕС» та «Методика визначення особливо цінних ділянок річки з метою їх збереження та охорони».

У Методиці встановлюються критерії та основні вимоги до порядку визначення приналежності річкового масиву поверхневих вод до «особливо цінних» ділянок і застосовується для вжиття заходів щодо їх збереження. На річках, зарахованих до цієї категорії, заборонено будівництво гребель, відвідав, електростанцій, ліній електропередач та ін.

Розвиток малої гідроенергетики на місці занедбаних МГЕС може істотно оздоровити екологію, дати імпульс економіці і сприяти енергетичній децентралізації. Серед прикладів реабілітації водойм у процесі будівництва МГЕС можна навести кілька європейських гідроінсталяцій. Так, французька МГЕС у м. Фарбу використовує аспіраційні турбіни з вприскуванням повітря, що збільшує рівень насичення киснем води нижче за течією річки. У Німеччині в густонаселеному районі громади Штайнен МГЕС із міркувань естетики та екології встановлена нижче рівня води. У річці грецького курорту Лоурос завдяки поєднанню інженерних і технічних рішень за допомогою МГЕС був створений біотоп – ареал для життя взаємопов'язаних між собою живих організмів, рослин, мінералів [10].

Рис. 5. Шишацька МГЕС на річці Псел. Розташована неподалік смт Шишаки, районного центру Полтавської області, побудована в 1956 році, приватизована в 2011 році, встановлена потужність 525 кВт-год

На думку фахівців, реабілітація водойм і прибережних територій шляхом реконструкції старих МГЕС є вкрай необхідною профілактикою серйозних наслідків. Адже з часом зношені ГЕС можуть стати причиною виникнення аварій, замулювання водосховищ, розмивів берегів і т.п. Нині в Україні є сотні занедбаних станцій із забрудненими прилеглими територіями, що надає різко негативний вплив на навколишнє середовище. Здебільшого ремонт і модернізація старих ГЕС є передусім питанням безпеки розташованих поруч населених пунктів і господарської інфра-

структури. Ремонт цих станцій має стати пріоритетом для місцевої влади, ключовим є лише пошук приватних інвесторів. Причому в першу чергу місцевих, які зацікавлені в розвитку регіону, де вони живуть і працюють разом із місцевими жителями і наповнюють районний бюджет. Саме зусиллями місцевих інвесторів в останні кілька років були відновлені кілька десятків покинутих малих і міні ГЕС. За даними Асоціації «Укргідроенерго», в Україні менше ніж за десять років були відновлені більше 40 МГЕС. Можливо, і держава має взяти на себе вирішення цих питань шляхом заохочення інвесторів пільговим кредитуванням та іншими можливими стимулами.

Нині у сфері малої гідроенергетики працюють близько 40 вітчизняних інвесторів, велика частина яких – середні і дрібні компанії. З них понад 20 ліцензіатів відновили або побудували по одному гідрооб'єкту, 14 учасників – 2–4 станції, і в активі 5 компаній – 7–13 МГЕС.

Процес реконструкції занедбаних МГЕС займає один-два роки при строках окупності від семидев'яти років при продажу електроенергії за «зеленим» тарифом. Важливо також зазначити, що на етапі прийняття рішення і будівництва МГЕС інвестор ризикує своїми вкладеннями, оскільки він вкладає мільйонні кошти до отримання «зеленого» тарифу.

Експерти ООН і Міжнародного центру малої гідроенергетики вважають, що в Україні можна реконструювати понад 100 занедбаних МГЕС і реалізувати кілька сотень проєктів малої гідроенергетики. Розрахунки зарубіжних фахівців підтверджують і вітчизняні вчені, інженери і екологи. Їх ідеї знайшли відображення в «Енергетичній стратегії України до 2030 р».

Згідно з планами, передбачається:

– реконструювати і відновити МГЕС загальною потужністю 135 МВт із річним обсягом виробництва електроенергії 440 млн кВт год;

– побудувати нові децентралізовані МГЕС на малих водотоках (загальна потужність – 45 МВт, річний обсяг виробництва електроенергії – 120 млн кВт год).

Головні висновки. Сучасна нормативна база країни забезпечує хороші можливості для розвитку малої гідроенергетики там, де це є доцільним з економічних міркувань і екологічних умов. МГЕС можуть відігравати важливу роль у майбутній енергетичній стратегії України, особливо на регіональному рівні. Однак серед основних бар'єрів для розвитку малої гідроенергетики в Україні є:

– розвиток малої гідроенергетики в Україні носить хаотичний характер, для чинних МГЕС не проводились авторитетні соціально-економічні та екологічні дослідження, а також не дотримувались норми під час їх проєктування, будівництва та експлуатації;

– державна підтримка малої гідроенергетики недостатня, а науково обґрунтований план розвитку відсутній;

– наявні нормативні акти та настанови не виконуються в повному обсязі, сектор не здійснює нагляд, часто керуючись інвесторами, а не узгодженим плануванням регіонального розвитку;

– високі банківські процентні ставки, які обмежують можливість запозичення для будівництва або реконструкції МГЕС;

– відсутня нормативна та технічна бази для паралельної роботи малих ГЕС та регіональних енергетичних мереж.

Література

1. Енергетична стратегія України «Безпечність, енергоефективність, конкурентоспроможність на період до 2035 р.». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text.
2. Огляд енергетичного сектору України, ОЄСР 2019.
3. Закон України «Про ринок електричної енергії». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text.
4. Звіт про результати діяльності національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: https://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi_zvit_NKREKP_2019.pdf.
5. Про альтернативні джерела енергії : Закон України 2003 року (зі змінами 2020 р.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#n262.
6. Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Том I. URL: https://energyukraine.org/wp-content/uploads/2018/05/Otchet-MGES1.pdf.
7. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України : Довідковий посібник. 2-е вид, доп. Київ : Ніка-Центр, 2006. 320 с.
8. Перспективи розвитку гідроенергетики в ОЕС України. URL: https://www.rnbo.gov.ua/ua/Diialnist/4649.html.
9. МАЛА ГІДРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ. Том II. Технологічні особливості малих ГЕС. URL: https://energyukraine.org/wp-content/uploads/2018/05/Otchet-MGES2.pdf.
10. Малая гидроэнергетика: экологично, энергоэффективно, оправданно. URL: https://uare.com.ua/ru/novyny/327-malaya-gidroenergetika-ekologichno-energoeffektivno-opravdanno.html.

УДК 633.11:57.085.23
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.15

КЛІТИННА СЕЛЕКЦІЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР НА СТІЙКІСТЬ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСОРІВ У МИРОНІВСЬКОМУ ІНСТИТУТІ ПШЕНИЦІ ІМЕНІ В. М. РЕМЕСЛА

Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Рибка К.М., Харченко М.В., Прокопік Н.І.
Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України
вул. Центральна, 2, 08853, с. Центральне, Київська область
pykserg@ukr.net

Зерновий сектор є основною складовою частиною сільськогосподарського виробництва в Україні. Вирощування високих урожаїв зернових культур і підвищення їхніх валових зборів – пріоритетний напрям у розвитку вітчизняного сільського господарства. Абіотичні чинники середовища суттєво знижують продуктивність зернових культур. Створення стійких сортів, здатних забезпечувати високу і стабільну продуктивність за екстремальних умов довкілля, набуває особливої актуальності. Одним з інноваційних напрямів, що дає змогу розширити спектр вихідного матеріалу й активізувати селекційний процес, спрямований на створення високопродуктивних стійких сортів, є клітинна селекція. Селекція *in vitro* надає можливість розширити генетичне різноманіття рослин, безпосередньо діючи на генетичний апарат, та створити системи прямого добору стійких генотипів. У представленому огляді наведено результати експериментальних досліджень щодо клітинної селекції пшениці та тритикале на стійкість до абіотичних стресів (водний дефіцит, засолення, низькі температури, забруднення іонами алюмінію) у Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла. Окреслено основні напрями, методи добору та оцінювання, а також можливості, перспективи і проблеми важливого напряму біотехнології рослин. Методом клітинної селекції в інституті створено низку стійких ліній зернових культур, більшість з яких залучено в селекційний процес створення високопродуктивних конкурентоспроможних сортів із високим адаптивним потенціалом. Незважаючи на значні досягнення у використанні клітинних технологій, потребує вирішення низка методичних проблем, які перешкоджають упровадженню біотехнологічних розробок у практику. Подальший прогрес у клітинній селекції залежить не лише від розвитку клітинних технологій, а й більш глибокого пізнання молекулярних механізмів регуляції та експресії генів стійкості. Вивчення особливостей та механізмів геномної мінливості *in vitro* зернових культур за дії абіотичних стресорів та пошуки шляхів її регуляції дадуть змогу більш ефективно використовувати технологію клітинної селекції. *Ключові слова:* зернові культури, клітинна селекція, водний дефіцит, засолення, низькі температури, іони алюмінію, стійкість.

***In vitro* selection of grain crops for tolerance to abiotic stressors at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat. Pykalo S., Demydov O., Yurchenko T., Rybka K., Kharchenko M., Prokopik N.**

The grain sector is the main component of agricultural production in Ukraine. Growing high yields of grain crops and increasing their gross harvests is a priority in the development of domestic agriculture. Abiotic environmental factors significantly reduce the productivity of grain crops. The creation of resistant varieties that can provide high and stable performance in extreme environmental conditions is of particular relevance. *In vitro* selection is one of the innovative directions that allows expanding the range of starting material and intensifying the selection process aimed at creating highly productive tolerant varieties. *In vitro* selection makes it possible to expand the genetic diversity of plants by directly acting on the genetic apparatus and to create systems for the direct selection of tolerant genotypes. This review presents the results of experimental studies on the cell selection of wheat and triticale for tolerance to abiotic stresses (water deficit, salinity, low temperatures, contamination with aluminium ions) at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat. The main directions, methods of selection and assessment, as well as the possibilities, prospects and problems of an important area of plant biotechnology are determined. A number of tolerant lines of grain crops have been created at the institute by the method of cell selection, most of which are involved in the breeding process of creating highly productive competitive varieties with high adaptive potential. Despite significant advances in the use of cell technologies, a number of methodological problems need to be solved that prevent the introduction of biotechnological developments into practice. Further progress in cell selection depends not only on the development of cell technologies, but also on a deeper understanding of the molecular mechanisms of regulation and expression of tolerance genes. The study of the features and mechanisms of in vitro genomic variability of grain crops under the action of abiotic stressors and the search for ways of its regulation will make it possible to use the technology of cell selection more efficiently. *Key words:* cereals, *in vitro* selection, water deficit, salinity, low temperatures, aluminium ions, tolerance.

Постановка проблеми. Останніми роками наша країна стала одним з основних гравців на світовій арені в секторі виробництва сільськогосподарської продукції [1]. Серед сільськогосподарських культур, які вирощують у світі та нашій країні, зернові культури займають перше місце, тому вирощування високих урожаїв зернових і підвищення їхніх валових зборів – пріоритетний напрям у розвитку вітчизняного сільського господарства.

Пшениця є однією з головних зернових культур у світі, а тому займає перше місце у світі за посівними площами (близько 230 млн га) і валовим збором зерна (понад 766,4 млн т) [2]. Вона є однією з тих культур, що становлять основу харчового раціону людства та має високий споживчий попит, тому в разі нестачі на ринку їй дуже важко знайти відповідні замінники [3]. Поширеність цієї культури зумовлена її високою біологічною пластичні-

стю щодо екологічних умов і перш за все високою поживністю зерна, з якого отримують багато харчових продуктів [4; 5].

Тритикале – вперше цілеспрямовано й успішно створений людиною міжвидовий гібрид нової зернової культури. Тритикале набуває популярності у світі як культура кормового, харчового й технічного напрямів технологічного використання зерна [6]. Воно характеризується активним накопиченням листково-стеблової маси, тому може використовуватися на корм як у вигляді зеленої маси, силосу чи сінажу, так і у формі зерна [7].

Збільшення врожайності є найважливішим критерієм у вирощуванні будь-яких сільськогосподарських культур. Варто зазначити, що сучасна динаміка підвищення врожайності зернових не відповідає необхідним ритмам для задоволення потреб населення [8]. Генетичний потенціал вітчизняних сортів зернових злаків знаходиться в межах 11–14 т/га, проте у виробничих умовах реалізується лише 45% [9]. Існує багато чинників, що не дають можливості повною мірою втілити детермінований спадковий потенціал сортів. Несприятливі погодні умови протягом вегетаційного періоду часто призводять до зниження врожайності як озимих, так і ярих культур, що, як наслідок, призводить до недоотримання валових зборів зернової продукції [10]. Унаслідок глобальних кліматичних змін, збільшення площ зрошуваних земель на території України, що спричиняє вторинне засолення ґрунтів, неконтрольованого внесення мінеральних добрив, а також діяльності підприємств металургійної та хімічної промисловості виникає нагальна потреба створення сортів зернових культур, стійких до абіотичних чинників середовища.

Актуальність дослідження. Численні дослідження [11–13] свідчать, що стійкість зернових до стресових чинників довкілля є вкрай важливою ознакою і набуває особливої актуальності, адже дає можливість розширити посіви в регіонах із несприятливими кліматичними умовами. Несприятливі чинники щодо вирощування зернових культур в Україні висувають надзвичайно важливе завдання – створення нових сортів із потужним генетичним потенціалом високої продуктивності та адаптивності для отримання стабільних валових зборів зерна [14]. Для підвищення адаптивності слід збагачувати генофонд культурних рослин різними методами. Тому одним із пріоритетних напрямів генетики, селекції та біотехнології є створення сортів зернових культур, толерантних до шкідливого впливу таких екологічних чинників довкілля, як посуха, екстремальні температури, засолення, забруднення іонами токсичних металів тощо [15].

Слід зазначити, що добір генотипів на стійкість до абіотичних стресорів традиційними прийомами ускладнюється неможливістю створення відповідних екстремальних умов у польових дослідженнях. До того ж добір стійких рослин безпосередньо в полі є досить тривалим процесом та потребує відповідних умов середовища для фенотипового прояву ознаки, а тому передбачає залучення значних матеріальних ресурсів. Наприклад, часто буває важко або навіть неможливо створити два фони вирощування (оптимальний і стресовий), що необхідно для оцінки стійкості до будь-якого стресового чинника. Зважаючи на це, створення нових стійких сортів зернових культур на основі існуючих підходів класичної селекції сьогодні є досить непростим завданням.

Багатогранність проблеми стійкості рослин до стресових чинників потребує інноваційних ефективних підходів. Задля успішного розв'язання проблеми стійкості рослин до абіотичних факторів середовища необхідно впроваджувати ефективні інноваційні методи, які сприятимуть добору генотипів із цінними господарськими ознаками. Останнім часом усе більшої популярності набувають методи біотехнологій, які значно полегшують та прискорюють створення нових ліній і сортів зернових культур. Слід зауважити, що нині біотехнологічні підходи вважаються одними із сучасних прийомів у сільськогосподарській практиці [16; 17]. За свідченням багатьох авторів [16; 18; 19], біотехнології мають значний вплив на генетичне вдосконалення рослин та зростання їх урожайності, а тому успішно застосовуються селекціонерами. Біотехнологічні методи скорочують тривалість селекційного процесу та збагачують генетичну мінливість, що є необхідним складником створення конкурентоспроможних сортів [20].

Виклад основного матеріалу. Одним із новітніх біотехнологічних підходів є клітинна селекція, яка значно прискорює процес створення нових сортів та ґрунтується на використанні культури тканин і клітин *in vitro* [17; 21; 22]. При цьому за умов *in vitro* можна створювати різні параметри, схожі з тими, де зростають цілі рослини, зокрема й екстремальні умови вирощування [23]. Окрім того, стійкі генотипи можна ідентифікувати шляхом порівняння росту індукованих калюсів на селективному середовищі за присутності і відсутності стресового агента. За використання клітинної селекції надається можливість одержання нових генотипів зі змінами відповідних метаболічних процесів, які забезпечують адаптацію рослин до екстремальних умов середовища [24].

Клітинна селекція є одним із ключових напрямів сучасної біотехнології, який одержав широке практичне застосування як метод створення нових форм рослин шляхом виділення мутантних клітин і сомаклональних варіацій [18; 25]. Цей метод уважається розвитком мутаційної селекції і реалізується на рівні клітин із застосуванням техніки *in vitro*. Хоча це й надає більш широкі можливості, однак створює певні труднощі в силу необхідності регенерації з окремих клітин повноцінних рослин [17; 21].

Технології клітинної селекції злакових культур базуються на загальних механізмах стійкості для ізольованих клітин та цілих рослин [19; 20]. Нині

селективні системи стосовно добору генотипів, стійких до несприятливих чинників довкілля, розроблені для багатьох зернових культур, однак у літературі практично неможливо знайти аналогічних схем клітинної селекції. Для створення ефективних біотехнологічних схем необхідно проводити підбір селективного фактора, умов культивування експлантів, дослідження послідовності й відтворення результатів на етапах добору.

Можливість одержання стійких рослин за клітинної селекції лежить в основі сомаклональної мінливості, мутагенної дії регуляторів росту поживного середовища, а також дією селективного агента [20; 22]. У злаків селекцію *in vitro* проводять переважно на калюсах, оскільки інші технології (культура протопластів, суспензії, пиляків, ізольованих мікроспор, ембріокультура) сьогодні ще недостатньо розроблені [21]. Порівняно з клітинними перевагами калюсних культур є коротший період необхідного культивування та менша генетична нестабільність [23; 24].

Одним із показників, що характеризують стійкість генотипів до модельованого стресу, є швидкість росту калюсних культур за селективних умов. Показано, що швидкість росту і морфогенез калюсів на різних етапах культивування можуть зазнавати суттєвих змін [17; 18]. Це пов'язано з тим, що одержання калюсів передбачає пристосування клітин до умов *in vitro*. Як наслідок цього, може змінюватися чутливість калюсів до модельованого *in vitro* стресу [24; 25].

До недоліків калюсних культур відносять те, що у певної частини клітин токсичні рівні селективного агента згладжуються сусідніми клітинами і тому вони уникають селективного тиску [17; 21]. Окрім того, існує можливість фенотипового маскування, тобто коли клітина має стійкість завдяки виробленню певної речовини, то ця речовина може передаватися крізь плазмодесми прилеглим чутливим клітинам і надавати їм стійкості. Оскільки переважна більшість клітин калюсів безпосередньо не контактує із селективним агентом, то відібрані калюси можуть являти собою суміш змінених клітин та клітин дикого типу [18; 23]. Саме тому варто застосовувати декілька циклів добору за прямої та ступінчастої клітинної селекції.

Хоча культура *in vitro* злакових уже тривалий час і використовується як об'єкт досліджень, та все ж нині рослини з триби *Gramineae* вважаються складними для біотехнологічних маніпуляцій. Однією з проблем, що обмежують використання техніки *in vitro* для злакових, є низька регенерація рослин із культивованих тканин. Серед важливих чинників, що впливають на результативність біотехнологічних робіт зі злаками, є вибір оптимального типу експлантат, адже досі не вирішена проблема його надійності, доступності будь-якої пори року та здатності до індукції калюсу з високим регенераційним потенціалом [26]. Зазвичай вибирається той тип експланта, який найбільш зручний для проведення експериментів і сприяє ефективному одержанню достовірних результатів. Нині питання стосовно біотехнологічно оптимального експланта й удосконалення способів реалізації його морфогенетичного потенціалу лишається актуальним. Як експланти для одержання калюсу із соматичних клітин використовують незрілі та зрілі зародки, молоді суцвіття та сегменти молодих листків [26; 27]. Зрілі зародки, які зручні для роботи протягом усього року, широко використовуються для отримання морфогенетично активних калюсних культур злакових [17].

Незрілі зародки є традиційним експлантом у зернових колосових культур. Це зумовлено його високою інтенсивністю проліферації і компетентністю всіх тканин зародка за культивування *in vitro*, що дає змогу виключити вплив зниження проліферативної функції клітин на результати експериментів [28]. Проте застосування такого типу експланта має деякі недоліки, до яких належать короткий період використання в культурі та значні затрати часу для отримання донорних рослин.

Останніми роками дослідники багатьох країн світу досить широко використовують апікальні меристеми конусів наростання пагонів. Перевагою цього експланту є можливість подолання генотипових особливостей форм, що характеризуються низькою регенераційною здатністю, можливість одержання суттєвої кількості вихідного матеріалу за короткий проміжок часу та його доступність будь-якої пори року [29; 30]. Культуру апікальних меристем широко застосовують як джерело калюсної тканини для проведення селекції *in vitro*, оскільки меристемні сегменти пагонів містять пул клітин, що активно діляться і характеризуються високою частотою індукції калюсу [31; 32].

Представлена нами у попередніх дослідженнях оптимізована система отримання повноцінних регенерантів пшениці [33; 34] та тритикале [35–38] в культурі апікальних меристем пагонів дала змогу успішно отримати достатню кількість рослин. Показано, що культуру апікальних меристем пагонів можна використовувати як тест-систему для проведення скринінгу генотипів пшениці та тритикале на стійкість до водного дефіциту [39–41] і засолення [42].

Окрім того, ефективність регенерації рослин із різних типів експлантів залежить від того, на якій стадії розвитку (оптимальній або неоптимальній) вони були відібрані для отримання первинних калюсів. Оскільки зазвичай орієнтиром у подібних випадках служить розмір експланта, то ефективність регенерації може варіювати від експерименту до експерименту [27].

Слід зауважити, що отримання калюсів і подальша регенерація з них рослин є невід'ємними складниками багатьох рослинних біотехнологій. У роботі М.І. Соболєвої та І.В. Логінова [43] здійснено спробу визначити залежність морфогенної здатності клітинних культур пшениці м'якої ярої

від різних чинників. Як зазначають автори, тотипотентність і проліферація тісно пов'язані між собою єдиним молекулярним механізмом, вимикання або порушення якого призводить у культурі *in vitro* до формування неморфогенного калюсу. Н.М. Круглова і А.А. Катасонова [44] під час культивування *in vitro* зародків м'якої пшениці виявили, що основною умовою формування морфогенних калюсів є інокуляція експлантів із рослин на певній стадії органогенезу, яка характеризується певним цитогістологічним статусом зародка. Уведення ж експлантів у культуру *in vitro* на більш ранній або пізній стадії призводило до індукції неморфогенних калюсів. Дослідники підсумували, що потенціал зародка пшениці стосовно реалізації калюсогенезу є значно ширшим, аніж його морфогенетична здатність.

У контексті реалізації біотехнологічних та генетико-селекційних програм учені-селекціонери Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН (МІП) методом клітинної селекції одержали стійкі сомаклональні лінії зернових культур, більшість з яких уже залучено в селекційний процес щодо створення високопродуктивних конкурентоспроможних сортів із високим адаптивним потенціалом. Науковці МІП провели значний обсяг робіт щодо оцінки та добору *in vitro* генотипів зернових культур на стійкість до абіотичних стресів: посухи, засолення, низьких температур, забруднення іонами алюмінію.

1. Клітинна селекція на посухостійкість. Водний дефіцит, викликаний посухою, серед природних чинників найбільш згубно впливає на всі фізіологічні процеси росту і розвитку рослин та спричиняє суттєву втрату врожаю [45]. Шкідлива дія посухи полягає у зневодненні рослин і порушенні метаболічних процесів у них. Це, своєю чергою, призводить до розпаду білків, зміни колоїдно-хімічного стану цитоплазми клітини і зниження кількості накопиченої рослинами органічної речовини [46]. Стрес, викликаний посухою, є причиною прямих або непрямих пошкоджень рослин, що зумовлені інактивацією ферментів, порушенням біохімічних процесів, накопиченням токсичних речовин, витоком іонів, дефіцитом живлення та іншими причинами [47]. Очікується, що з прогресуючим глобальним потеплінням періодичність посух із роками буде лише посилюватися [48].

На клітинному рівні стійкість до водного дефіциту виявляється у толерантності клітин до присутності у поживному середовищі осмотично активних речовин. Для моделювання *in vitro* водного стресу використовують такі осмотики, як високомолекулярний поліетиленгліколь (ПЕГ) або низькомолекулярний маніт [49]. Слід підкреслити, що для отримання посухостійких рослин як селективного фактора переважно використовується ПЕГ. У силу своєї високої молекулярної маси ПЕГ не здатний проникати через мембрану клітини, аби змінити її водний потенціал [50]. Механізм імітації ним умов водного дефіциту у культивованих клітинах схожий із тим, що наявний у клітинах цілих рослин за посушливих умов [51]. Значно рідше під час добору та оцінки *in vitro* стійких до водного стресу генотипів використовують маніт [52]. Варто зауважити, що порівняно з непроникаючим ПЕГ маніт проникає у клітину рослини та знижує нормальний водний потенціал, спричиняючи зневоднення та гальмування фізіологічних та метаболічних процесів [53; 54].

Для проведення селекції *in vitro* зернових колосових культур (пшениці м'якої озимої, пшениці м'якої та твердої ярої, тритикале озимого) на стійкість до водного дефіциту співробітниками МІП було здійснено підбір летальних та сублетальних концентрацій маніту [55; 56]. Згідно з результатами досліджень, концентрація маніту 0,8 М виявилася летальною для переважної більшості зразків, а 0,6 М – сублетальною. Використовуючи селективну систему з манітом, було проведено пряму та ступінчасту клітинну селекцію та здійснено добір стійких до водного стресу калюсів [57]. Ступінчаста селекція *in vitro* виявилася ефективнішою, оскільки в результаті її застосування одержано більше число стійких калюсних ліній і отримано більше рослин-регенерантів. Також виділено стійкі калюсні лінії, що мали високий рівень виживання на селективному середовищі з умістом 0,6 М маніту та зберігали морфогенетичний потенціал. Зі стійких культур отримано рослини-регенеранти, оптимізовано їх дорощування, укорінення, а також переведення до умов *in vivo*. Оцінка рослин-регенерантів зернових культур, отриманих зі стійких калюсів, виявила в них підвищений рівень стійкості до посухи. З індукованих регенерантів одержано насіннєве потомство R_1 та підтверджено його стійкість до модельованого водного дефіциту. Виділено регенеранти зі значною стрес-толерантністю, що може свідчити про утворення генного комплексу, відповідального за підвищення стійкості біотехнологічним шляхом.

Таким чином, експериментально обґрунтовано та підтверджено можливість методом клітинної селекції одержання посухостійких рослин зернових культур. Також установлено низку стрес-індукованих змін у геномі, які проявилися на цитологічному та молекулярно-генетичному рівнях [58; 59].

2. Клітинна селекція на солестійкість. Засолення ґрунтів, що пов'язане з надлишковою концентрацією розчинних солей натрію в орному шарі ґрунту, завдає аграрному виробництву непоправної шкоди. Сьогодні через безсистемні та безконтрольні меліоративні заходи значна площа земель піддається згубному впливу сольового стресу. Шкідлива дія засолення зумовлена порушенням осмотичного балансу клітин, а також прямим токсичним ефектом на фізіологічні та біохімічні процеси у клітині [60]. Створення сортів із високим потенціалом продуктивності, які можуть реалізувати його незалежно від лімітів середовища, є основним засобом розв'язання цієї проблеми.

Для отримання солестійких ліній основних зернових культур шляхом клітинної селекції як селективного агента найчастіше застосовують хлорид натрію. Науковці МІП спільно зі співробітниками Інституту фізіології рослин і генетики НАН України методом прямого добору провели скринінг *in vitro* генотипів тритикале озимого на стійкість до засолення за виживанням калюсів на селективних середовищах із хлористим натрієм у концентраціях 0,6; 0,9; 1,2 та 1,5% [42]. Показано, що зі зростанням концентрації стресового чинника помітно гальмувався ріст калюсів, що вказує на токсичний ефект хлористого натрію. У результаті виділено генотипи, калюси яких мали здатність рости на селективному середовищі з хлоридом натрію протягом усього циклу культивування. Згодом підвищену солестійкість виділених генотипів було також підтверджено у польових умовах.

Результати проведеної роботи підтвердили необхідність використання техніки *in vitro* як тест-системи для скринінгу зразків на стійкість до сольового стресу. У подальшому на основі розробленої біотехнологічної системи шляхом селекції *in vitro* за використання хлористого натрію здійснено добір калюсних ліній тритикале на солестійкість [61; 62]. Використовуючи прямий та ступінчастий добір, було отримано стійкі калюсні лінії, які мали приріст біомаси на селективному середовищі та зберігали високий морфогенетичний потенціал. Стійкість виділених калюсів збереглася у одержаних рослинах і на рівні цілого організму забезпечила підвищення толерантності до сольового стресу. Результати засвідчили, що отримані шляхом клітинної селекції регенеранти мають генетично зумовлену стійкість до стресового чинника.

Слід зазначити, що використання культури ізольованих мікроспор має низку переваг порівняно з іншими системами *in vitro*, оскільки вона від самого початку є одноклітинною системою, унаслідок чого зникає можливість регенерації рослин із соматичних тканин [63]. При цьому добір *in vitro* суттєво полегшений, адже гаплоїдний стан дає змогу проявитися рецесивним генам. Тому співробітники МІП розробили метод добору солестійких генотипів пшениці та тритикале в культурі ізольованих мікроспор із використанням хлористого натрію як стресового агента [64; 65]. Як критерій визначення стійкості було використано такий показник, як відносна кількість калюсів із множинним пагоноутворенням. Установлено, що зі зростанням дози хлориду натрію значно знижувався регенераційний потенціал калюсів. У результаті виявлено, що хлористий натрій у дозі 0,1 М (0,6%) дає змогу диференціювати генотипи зернових за солестійкістю, та доведено можливість використання культури ізольованих мікроспор для вивчення солестійкості селекційного матеріалу.

3. Клітинна селекція на стійкість до низьких температур. Морозостійкість – це здатність рослин переносити без незворотних шкідливих наслідків низькі температури. Незадовільний стан посівів озимих культур переконує у нагальній потребі проведення агротехнічних і селекційних досліджень у напрямі підвищення морозостійкості рослин [66], тому ця ознака є одним із необхідних складників адаптивності сортів пшениці озимої [13]. Відмінності між сортами та гібридами щодо рівня морозостійкості можуть змінюватися у різних країнах відповідно до змін кліматичних умов. Під час створення сортів цієї культури однією з найважливіших властивостей рослин, що потребує уваги на всіх етапах селекційної роботи, є здатність протистояти несприятливим умовам зимівлі, зокрема стійкість до низької температури та до її коливань протягом зимового періоду [67; 68].

У лабораторії МІП із використанням модельного набору сортів пшениці озимої було здійснено проморожування калюсних культур у температурному діапазоні від –8° до –24°С [69]. Науковцями встановлено, що температура –8°С спричиняла зменшення приросту біомаси калюсів, не пригнічуючи регенераційної здатності. Оптимальною для більшості калюсних культур виявилася температура –12°С, а –16°С – летальною. Разом із тим, незважаючи на отримані результати, диференціювати генотипи за ознакою морозостійкості авторам так і не вдалося.

У тому, що за умов *in vitro* складно проводити добір селекційного матеріалу зернових на морозостійкість, Л. Сергєєва зі співавторами [70] вбачають три причини: 1) система *in vitro* перешкоджає прямому контакту клітин із холодним повітрям; 2) теплоємність агару істотно знижує стресове навантаження; 3) якісний склад поживного середовища підтримує життєздатність культури. У результаті відзначено незбереження ознаки в нащадків, тому виявити рівень морозостійкості та виділити стійкі генотипи можливо лише після прямої стресової дії на інтактну рослину, що коректно проводиться виключно за умов *in vivo*.

4. Клітинна селекція на стійкість до забруднення іонами алюмінію. Більше половини ґрунтів у світовому землеробстві мають підвищену кислотність, негативний вплив якої на рослини здебільшого посилюється внаслідок наявності рухомих іонів алюмінію [71]. Токсичні іони алюмінію позначаються на процесах росту та продуктивності впродовж усіх етапів онтогенезу рослин злакових, однак протягом ювенільного періоду більший вплив вони мають на розвиток кореневої системи, ніж паростка [72]. Відомо, що за вмісту рухомого алюмінію 3–4 мг/100 г ґрунту пригнічується ріст рослин, а за концентрації 7–8 мг/100 г ґрунту вони гинуть [73]. Тому створення сортів, здатних протидіяти токсичному впливу іонів алюмінію без зниження врожайності, можливо є єдиним розв’язанням проблеми вирощування рослин на кислих ґрунтах.

Як відомо, ізольовані рослинні клітини акумулюють алюміній набагато швидше й є більш чутливими до стресу, ніж клітини у складі цілого організму [74]. Тому для оцінки алюмостійкості рослин зернових поширення набули біотехнологічні підходи з використанням культури тканин *in vitro*, які застосовуються для скринінгу стійких генотипів, створення та ідентифікації сомаклональних варіантів із підвищеною стійкістю, а також для вивчення реакції клітин на токсичність іонів алюмінію. При цьому стійкі форми можна ідентифікувати шляхом порівняння росту калюсів на кислому середовищі за присутності і відсутності іонів алюмінію.

У відділі біотехнології, генетики і фізіології МІП розроблено та запатентовано [75] спосіб добору *in vitro,* стійких до іонів алюмінію генотипів тритикале, що ґрунтується на токсичній дії стресового чинника, спрямованій проти виживання нестійких форм. При цьому добори генотипів проводять на калюсах, культивуючи їх на штучному поживному середовищі з додаванням різних концентрацій етилендіамінтетраацетату алюмінію. Використання запропонованого способу дає можливість упродовж коротких термінів відібрати значну кількість алюмостійких генотипів тритикале і, як наслідок, забезпечує скорочення тривалості селекційного процесу. Новим є те, що добори генотипів на алюмостійкість проводять на калюсах, що культивуються на штучному поживному середовищі з додаванням різних концентрацій етилендіамінтетраацетату алюмінію, за рівнем їх виживання в селективних умовах, приростом сирої маси та частотою регенерації з них пагонів. Метод ґрунтується на технологіях *in vitro*, тому дає змогу значно прискорити добір стійких до іонів алюмінію генотипів тритикале. Переваги запропонованого способу над традиційними полягають в економії місця, більшій швидкості скринінгу селекційного матеріалу, а також можливості працювати з великими вибірками генотипів та контролювати умови зовнішнього середовища.

Головні висновки. Таким чином, нами наведено результати експериментальних досліджень стосовно клітинної селекції основних зернових колосових культур у Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН України. Шляхом клітинного добору отримано низку стійких сомаклональних ліній, які є цінним селекційним матеріалом і залучені до створення нових сортів. Варто підкреслити, що для практичного використання клітинних біотехнологій із метою оцінки та добору стійких генотипів злакових необхідно, щоб ступінь стійкості на рівні культури клітин і цілої рослини тісно корелював, чого не завжди можливо досягти. Цей напрям потребує також поглибленого дослідження геномної мінливості та генетичної стабільності клітин, що культивуються в умовах ізольованого росту на штучних поживних середовищах. Окрім того, скринінг та добір селекційного матеріалу злакових на клітинному рівні не завжди виправдані та ефективні з економічного погляду. Разом із тим використання тканинних і клітинних культур здебільшого дає можливість ефективно прискорити селекційний процес і у багатьох країнах світу вважається важливим доповненням до класичних методів селекції сільськогосподарських рослин.

Література

1. Голомша Н.Є., Дзядикевич О.Я. Перспективи світового ринку зерна. *Економіка АПК*. 2016. № 8. С. 49–52.
2. FAO. Crop Prospects and Food Situation – Quarterly Global Report. № 4. December 2019. Rome. 46 p. URL: http://www.fao.org/3/ca7236en/ca7236en.pdf.
3. Результати селекції пшениці озимої на стійкість проти основних збудників хвороб в Миронівському Інституті пшениці / Г.М. Ковалишина та ін. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія»*. 2018. № 294. С. 96–103.
4. 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.
5. 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.
6. Oettler G. The fortune of a botanical curiosity – Triticale: past, present and future. *Journal of Agricultural Science* 2005. Vol. 143. № 5. P. 329–346.
7. Агрономічний потенціал і перспективи тритикале / О.І. Рибалка та ін. *Физиология растений и генетика*. 2015. Т. 47. № 2. С. 95–111.
8. Гринчук Т. Підходи до аналізу сучасного стану зерновиробництва у сільськогосподарських підприємствах регіону та факторів, які впливають на його розвиток. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2015. № 9. С. 48–60.
9. Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої проблеми / С.П. Васильківський та ін. *Фактори експериментальної еволюції організмів.* 2017. Т. 21. С. 47–51.
10. Авдеев Ю.И., Слащева Л.А. Устойчивость озимой тритикале к экстремальным абиотическим факторам среды в аридной зоне возделывания. *Астраханский вестник экологического образования.* 2014. Т. 29. № 3. С. 84–87.
11. Орловская О.А. Хотылева Л.В. Оценка устойчивости к биотическим и абиотическим факторам гибридов озимой тритикале, созданных на основе образцов различного эколого-географического происхождения. *Молекулярная и прикладная генетика*. 2013. Т. 14. С. 77–83.
12. Blum A. The abiotic stress response and adaptation of triticale – a review. *Cereal Research Communications* 2014. Vol. 42, Iss. 3. P. 359–375.

13. Вплив змін клімату на особливості морфологічного аналізу при оцінці стану перезимівлі пшениці м'якої озимої / О.М. Кучеренко та ін. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 107–114.
14. Дубовик Н.С., Кириленко В.В., Дергачов О.Л. Вихідний матеріал для селекції пшениці м'якої озимої за пластичністю та стабільністю. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2015. Вип. 18. С. 132–138.
15. Сорти пшениці м'якої озимої, стійкі до впливу негативних чинників довкілля / Н.В. Булавка та ін. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2018. Т. 14. № 3. С. 255–261.
16. Решетников В.Н., Спиридович Е.В., Носов А.М. Биотехнология растений и перспективы ее развития. *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46. № 1. С. 3–18.
17. Дубровна О.В., Моргун Б.В., Бавол А.В. Біотехнології пшениці: клітинна селекція та генетична інженерія. Київ : Логос, 2014. 375 с.
18. 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.
19. Rai M.K., Kalia R.K., Singh R., Gangola M.P., Dhawan A.K. Developing stress tolerant plants through in vitro selection – An overview of the recent progress. *Environmental and Experimental Botany.* 2011. Vol. 71. № 1. P. 89–98.
20. Lestari E.G. *In vitro* selection and somaclonal variation for biotic and abiotic stress tolerance. *Biodiversitas*. 2006. Vol. 7, Iss. 3. P. 297–301.
21. Дубровна О.В., Моргун Б.В. Клітинна селекція пшениці на стійкість до стресових чинників довкілля. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2009. Т. 41. № 6. С. 463–476.
22. Maluszynski M., Ahloowalia B. S., Sigurbjörnsson B. Application of in vivo and in vitromutation techniques for crop improvement. *Euphytica.* 1995. Vol. 85. № 1–3. P. 303–315.
23. Дубровная О.В. Селекция *in vitro* пшеницы на устойчивость к абиотическим стрессовым факторам. *Физиология растений и генетика*. 2017. Т. 49. № 4. С. 279–292.
24. Зінченко М.О., Дубровна О.В., Бавол А.В. Селекція *in vitro* м'якої пшениці на комплексну стійкість до метаболітів збудника офіобольозу та водного дефіциту. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2012. Т. 10. № 1. С. 20–27.
25. Зинченко М.А., Дубровная О.В., Бавол А.В. Клеточная селекция мягкой пшеницы на устойчивость к комплексу стрессовых факторов и анализ полученных форм. *Известия Самарского отделения РАН*. 2013. Т. 15. № 3(5). С. 1610–1614.
26. Бавол А.В., Дубровна О.В., Лялько І.І. Регенерація рослин із різних типів експлантів м'якої пшениці. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2008. Т. 40. № 2. С. 150–156.
27. Пикало С.В., Волощук С.І., Волощук Г.Д. Регенерація рослин тритикале озимого в культурі різних типів експлантів. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Біологія»*. 2015. Вип. 1(34). С. 71–79.
28. Круглова Н.Н., Катасонова А.А. Незрелый зародыш пшеницы как морфогенетический компетентный эксплант. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2009. Т. 41. № 2. Р. 124–131.
29. Atak N., Muharemm K., Khavar K., Saglam S., Özcan S., Ciftci C.Y. Effect of age on somatic embryogenesis from immature zygotic embryos of 5 Turkish triticale genotypes. *African Journal of. Biotechnology.* 2008. Vol. 7. № 11. P. 1765–1768.
30. Гончарук О.М., Бавол А.В., Дубровна О.В. Морфогенез у культурі апікальних меристем пагонів високопродуктивних сортів озимої пшениці. *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46. № 3. С. 245–251.
31. Гончарук О.М., Бавол А.В., Дубровна О.В. Морфогенний потенціал високопродуктивних сортів озимої пшениці в культурі апікальних меристем пагонів. *Фактори експериментальної еволюції організмів.* 2011. Т. 11. С. 237–241.
32. Бавол А.В., Дубровна О.В., Лялько І.І. Регенерація рослин із експлантів верхівки пагона проростків пшениці. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2007. Т. 5. №1/2. С. 3–10.
33. Морфогенетичні процеси в культурі апікальних меристем пагонів пшениці та їх взаємозв'язок / С.В. Пикало та ін. *Миронівський вісник*. 2019. Вип. 8. С. 59–72.
34. Регенераційний потенціал перспективних ліній пшениці м'якої озимої у культурі апікальних меристем пагонів / С.В. Пикало та ін. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Т. 25. С. 298–303.
35. Pykalo S.V., Zinchenko M.O., Voloshchuk S.I., Dubrovna O.V. Morphogenesis of winter triticale in shoot apical meristem culture. In Biotekhnologiya: dostizheniya i perspektivy razvitiya: materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Sept. 25–26, 2014). Pinsk, 2015. P. 29–34.
36. Пикало С. Калюсогенез та регенерація рослин тритикале озимого в культурі апікальних меристем пагонів. *Вісник Львівського національного університету. Серія біологічна*. 2015. Вип. 69. С. 20–26.
37. Пыкало С.В. Биотехнология получения растений-регенерантов тритикале в культуре различных типов эксплантов. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. 2015. № 5–6. С. 34–39.
38. Регенераційна здатність тритикале в культурі апікальних меристем пагонів залежно від генотипу та віку експланта / С.В. Пикало та ін. *Миронівський вісник*. 2017. Вип. 4. С. 102–113.
39. Pykalo S.V., Zinchenko M.O., Voloshchuk S.I., Dubrovna O.V. Screening of winter triticale genotypes for resistance to water deficit in *in vitro* culture of shoot apical meristems. *The Bulletin of Vavilov Society of Geneticists and Breeders of Ukraine*. 2014. Vol. 12. № 2. P. 191–199.
40. Скринінг *in vitro* гібридів F_2 пшениці ярої на стійкість до водного дефіциту / С.В. Пикало та ін. *ScienceRise: Biological Science*. 2018. Вип. 3(12). С. 12–18.
41. Скринінг *in vitro* перспективних ліній пшениці м'якої озимої на стійкість до водного дефіциту / С.В. Пикало та ін. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 26. С. 245–251.
42. Pykalo S.V., Dubrovna O.V. Screening of genotypes of winter triticale for resistance to saline stress in the shoot apical meristem culture. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Vol. 13. № 3. P. 277–284.
43. Soboleva M.I., Loginov I.V. Statistical parameters reflecting morphogenetic capacity of soft spring wheat calluses. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2004. Vol. 51. № 2. P. 257–265.
44. Круглова Н.Н., Катасонова А.А. Незрелый зародыш пшеницы как морфогенетически компетентный эксплантат. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2009. Т. 41. № 2. С. 124–131.

45. 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.
46. 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.
47. Mwadzingeni L., Shimelis H., Dube E., Laing M.D., Tsilo T.J. Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture.* 2016. Vol. 15. № 5. P. 935–943.
48. Makar O.O., Patsula O.I., Kavulych Y.Z., Batrashkina T.I., Bunio L.V., Kozlovskyy V.I., Vatamaniuk O., Terek O.O., Romanyuk N.D. Excized leaf water status as a measure of drought resistance of Ukrainian spring wheat. *Studia Biologica.* 2019. Vol. 13. № 2. P. 41–54.
49. Біотехнологічні та цитогенетичні основи створення рослин, стійких до стресів / О.В. Дубровна та ін. Київ : Логос, 2012. 428 с.
50. Dragiiska R., Djilianov D., Denchev P., Atanassov A. *In vitro* selection for osmotic tolerance in alfalfa (Medicago sativa L.). *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 1996. Vol. 22. № 3–4. P. 30–39.
51. Gawande N.D., Mahurkar D.G., Rathod T.H., Jahagirdar S.W., Shinde S.M. In vitro screening of wheat genotypes for drought tolerance. *Annual Review of Plant Physiology*. 2005. Vol. 19. № 2. P. 162–168.
52. Вплив осмотичних речовин на калюсні лінії м'якої пшениці, стійкі до культурального фільтрату *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* / О.В. Дубровна та ін. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2011. Т. 9. № 1. С. 10–16.
53. Генерозова И.П., Маевская С.Н., Шугаев А.Г. Ингибирование метаболической активности митохондрий этиолированных проростков гороха, подвергнутых водному стрессу. *Физиология растений*. 2009. Т. 56. № 1. С. 45–52.
54. Ahmed A. Response of immature embryos *in vitro* regeneration of some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under different osmotic stress of mannitol. *Journal of Agricultural Science.* 1999. Vol. 30. № 3. P. 25–34.
55. Pykalo S.V. *In vitro* selection of genotypes of winter triticale for resistance to osmotic stress. In Dosiahnennia henetyky, selektsii i roslynnytstva dlia pidvyshchennia efektyvnosti zernovyrobnytstva: zbirnyk tez Mizhnar. naukovo-prakt. konf. molodykh vchenykh (June 18, 2014). Myronivka, 2014. P. 46.
56. Селекція *in vitro* тритикале озимого на стійкість до водного дефіциту / С.В. Пикало та ін. *Biotechnologia Acta*. 2015. Т. 8. № 2. С. 69–77.
57. Селекція *in vitro* пшениці та тритикале на стійкість до водного дефіциту / С.В. Пикало та ін. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна.* 2019. Вип. 80. С. 21–30.
58. Bavol A.V., Velikozhon L.G., Pykalo S.V., Dubrovna O.V. IRAP-analysis of triticale plants regenerants, resistant to water deficit. *Factors in Experimental Evolution of Organisms.* 2016. Vol. 19. P. 73–78.
59. Pykalo S.V., Dubrovna O.V. Variability of the triticale genome in culture *in vitro*. *Cytology and Genetics*. 2018. Vol. 52. № 5. P. 385–393.
60. Richards R.A., Dennett C.W., Qualset C.O., Epstein E., Norlyn J.D., Winslow M.D. Variation in yield of grain and biomass in wheat, barley, and triticale in a salt-affected field. *Field Crops Research*. 1987. Vol. 15. № 3–4. P. 277–287.
61. Pykalo S.V., Dubrovna O.V., Demydov O.A. Cell selection of winter triticale for resistance to saline stress. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*. 2017. Vol. 20. P. 247–251.
62. Пикало С.В., Дубровна О.В. Селекція *in vitro* тритикале озимого на стійкість до засолення та аналіз отриманих форм. *Физиология растений и генетика*. 2017. Т. 49. № 4. С. 312–320.
63. Волощук С.І. Індукований андрогенез у селекції тритикале озимого. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 3. С. 36–40.
64. Пикало С.В., Волощук С.І. Вивчення стійкості до засолення генотипів тритикале озимого з використанням культури ізольованих мікроспор. *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46. № 3. С. 267–273.
65. Пикало С.В., Волощук С.І., Кочмарський В.С. Використання андрогенних культур для оцінки стійкості тритикале озимого до абіотичних факторів середовища. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17. Т. 2. С. 334–340.
66. Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Селекція сортів озимої пшениці на високу зимо- та морозостійкість. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. Київ, 2001. Т. 2. С. 204–211.
67. Пірич А.В. Морозостійкість нових сортів пшениці м'якої озимої миронівської селекції. *Миронівський вісник*. 2018. Вип. 7. С. 85–92.
68. Литвиненко М.А., Лифенко С.П. Вплив строків сівби і сублетальних зимових температур на виживаність та врожайність озимої пшениці. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 5. С. 27–31.
69. Колючий В.Т., Власенко В.А., Борсук Г.Ю. Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України. Аграрна наука : Київ, 2007. С. 226–258.
70. Сергєєва Л., Хоменко Л., Броннікова Л. Біотехнологія пшениці. Нові підходи до оцінювання морозистійкості генотипів пшениці озимої. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія «Біологічні науки»*. 2018. Т. 8. № 381. С. 23–27.
71. Barcelo J., Poschenrieder C. Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminium toxicity and resistance: a review. *Environmental and Experimental Botany.* 2002. Vol. 48. № 1. P. 75–92.
72. Dinev N., Stancheva I. Effect of aluminum on the growth of wheat, rye, and triticale. *Journal of Plant Nutrition.* 1993. Vol. 16. № 3. P. 461–469.
73. Zhang X.G., Jessop R.S. Differential responses to selection for aluminium stress tolerance in triticale. *Australian Journal of Agricultural Research.* 2002. Vol. 53. № 12. P. 1295–1303.
74. Conner A.J., Meredith C.P. Large scale selection of aluminum-resistant mutants from plant cell culture: expression and inheritance in seedlings. *Theoretical and Applied Genetics.* 1985. Vol. 71. № 2. P. 159–165.
75. Спосіб добору *in vitro* стійких до іонів алюмінію генотипів тритикале озимого: пат. 136957 Україна: МПК A01H 1/04. No 201901582; заявл. 18.02.2019; опубл. 25.09.2019, Бюл. № 18. 4 с.

УДК 551.588:633.491
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.16

ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЇВ КАРТОПЛІ В ЗАХІДНОМУ ПОЛІССІ

Польовий А.М., Божко Л.Ю., Барсукова О.А.
Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса
apolevoy@te.net.ua, bozko@i.ua, lena5933@ukr.net

Україна є одним зі світових лідерів виробництва картоплі і концентрує понад 6% світового (15% європейського) врожаю картоплі. Виробництво картоплі в Україні стабільне протягом кількох останніх років і коливається в межах 18–20 млн т. Сприятливі природно-кліматичні умови дають змогу вирощувати картоплю практично на всій території країни. Найвищої врожайності картоплі вдається досягти на низинних ділянках Полісся, на півночі та заході країни.

Наприкінці XX і початку XXI ст. під впливом змін клімату відбулася зміна природних ресурсів: підвищилася температура повітря, збільшилася кількість посушливих явищ, зросла мінливість кількості опадів по території і в часі і т. ін. Ці явища впливають на сільськогосподарське виробництво, ефективність якого визначається набором кліматично зумовлених природних ресурсів. Метою дослідження є виявлення впливу агрометеорологічних умов на темпи розвитку та формування врожаїв картоплі в західних областях Поліської зони України (на прикладі Львівської області) в різні відрізки часу. Оцінка виконувалася шляхом порівняння кількісних показників агрометеорологічних умов розвитку картоплі за період з 1975 по 1994 р. із такими ж показниками за період з 1995 по 2015 р. Для порівняння розраховувалися такі агрокліматичні показники: середні по області врожаї картоплі, середні дати висаджування бульб у ґрунт навесні, тривалість вегетаційного періоду картоплі, середні температури, суми температур і суми опадів за вегетаційний період та за період бульбоутворення, запаси продуктивної вологи у шарах 0–20 та 0–50 см.

Виконані дослідження дали змогу зробити висновки, що врожаї картоплі на початку XXI ст. зросли переважно за рахунок підвищення технології вирощування, уведення нових сортів та підвищення ефективності заходів боротьби шкідниками та хворобами. Потепління клімату спричинило підвищення середніх температур, особливо в період від цвітіння до в'янення бадилля, що спричинило в окремі роки зменшення запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–50 см до рівня менше оптимальних значень, підвищило посушливість. Через нерівномірність опадів і збільшення кількості сильних дощів у 20–25% років спостерігається перезволоження ґрунту, що зменшує врожаї картоплі та погіршує якість бульб. *Ключові слова:* картопля, агрометеорологічні умови, потепління клімату, вегетаційний період, урожай.

The influence of weather conditions on the formation of potato yields in the Western Polessie. Polovyi A., Bozhko L., Barsukova E.

Ukraine is one of the world leaders in potato production and concentrate almost 6% of the world (15% of European) potato crop. Growing of potatoes in Ukraine has been stable over the past years and ranges from 18 to 20 million tons. Favorable natural and climatic conditions of Ukraine make it possible to grow potatoes practically throughout its territory. The highest yield of potatoes are obtained on the low-lying lands of Polessie, in the north and west of the country.

At the end of the 20th and the beginning of the 21 st centuries under the influence of climate change, natural resources changed: the air temperature has increased, the number of dry events has increased, the variability of the amount of precipitation has increased both across the territory and in time, and so on. The cgabges that have occurred affect agricultural production, the efficiency of which is determined by a set of climatically determined natural resources.

The purpose of the study is to identify the influence of agro-climatic conditions on the rate of development and formation of the potato crop in the western regions of the Polessie zone of Ukraine (for example, the Lviv region) in different periods of time. The assessment was carried out by comparing the number of indicators of agroclimatic conditions for the development of potatoes for the period from 1975 to 1994 with the same indicators for the region from 1995 to 2015. For comparison, the following agroclimatic indicators were calculated: average potato yield in the region, average dates of planting tubers in the soil, -the duration of the growing season, average air temperature, the sum of temperature and the amount of precipitation for individual segments of the growing season, and in general for the growing season, reserves of productive moisture in soil layers of 0 – 20 cm and 0 – 50 cm.

The studies carried out made it possible to establish that potato yields at the beginning of the 21 st century increased compared to the end of the 20 th century mainly due to an increase in the farming standarts, the introduction of new, more productive varieties of potatoes into production, and an increase in the effectiveness of measures to combat pests and diseases of potatoes.

Climate warming caused an increase in average air temperature,especially in the period from flowering to wilting of tops, increased moisture consumption for evaporation, which caused a decrease in moisture reserves in the 0 – 50 cm layer to a level below optimal values, which increased acidity. Uneven distribution of precipitation and an increase in the amount of heavy rains cause waterlogging of the soil in 20 – 25% of cases, in which potato yields decrease and its quality decreased. *Key words:* potatoes, agrometeorological conditions, climate warming, growing season, yield.

Постановка проблеми. Картопля – одна з найпоширеніших сільськогосподарських культур в Україні. Основні посівні площі картоплі (25–35% загальної посівної площі) зосереджено в Поліссі та Лісостеповій зоні України.

Значення картоплі для людини полягає в харчових якостях її бульб, які вважаються універсальним продуктом. Цей важливий продукт харчування є головним постачальником вітаміну С. Слід зазначити, що молода картопля вміщує значно більше вітаміну С,

аніж зрілі бульби. Окрім того, бульби картоплі вміщують також вітаміни групи В і каротин. Добова доза споживання картоплі, яка задовольняє потребу організму у вітаміні С на 50%, становить 300–400 г.

Виробництво картоплі – процес дещо клопітний, бо культура досить вимоглива, але споживання картоплі населенням зростає і тих врожаїв, які були 10–15 років тому, не вистачає, щоби повністю задовольнити попит споживачів. Тому постає питання: як збільшити виробництво картоплі? А це можливо тільки за досконалого дослідження причин коливання врожаїв картоплі, оцінки умов її вирощування, уведення нових, більш урожайних сортів, застосування інтенсивних технологій вирощування і т. ін.

Актуальність дослідження. Установлено, що наприкінці XX і початку XXI ст. відбулося потепління клімату, яке особливо відчутне у Північній півкулі. Потепління спричинене глобальними змінами клімату, які призводять не лише до антропогенної зміни функціонування рослинності, а й до зміни природних ресурсів у цілому. Сільське господарство – це «цех під відкритим небом», і ця галузь особливо вразлива до змін клімату. Тому актуальність дослідження полягає в пошуках засобів для вирішення головного завдання картоплярів – збільшити виробництво картоплі, поліпшити якість бульб, удосконалити технологію вирощування і збирання на базі комплексної механізації виробничих процесів, знайти надійні заходи боротьби з найпоширенішими шкідниками та хворобами культури на тлі загального потепління клімату. А це можливо лише за умови вивчення агрометеорологічних умов вирощування картоплі в різних регіонах, співставлення її вимог до навколишнього середовища та встановлення відповідності агрометеорологічних умов цим вимогам як в окремі відрізки росту та розвитку картоплі, так і в цілому за вегетаційний період.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тема дослідження відповідає основним напрямам політики України щодо розвитку агропромислового комплексу, а саме: здійснити реструктуризацію АПК, прискорити реформування сільськогосподарських підприємств, адаптацію їхньої господарської та виробничої структури до вимог ринку, сприяти розвитку господарств з виробництва сільськогосподарської продукції та ін. Тематика досліджень також відповідає основним напрямам наукових досліджень кафедри агрометеорології і агроекології Одеського державного екологічного університету, зокрема НДТ «Вплив кліматичних зміна на галузі економіки України» та темі міжнародного проєкту «Багаторівнева місцева, загальнонаціональна освіта і навчання з кліматичного обслуговування, адаптації до змін клімату та пом'якшення його наслідків».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки посіви картоплі досить поширені у світі, то дослідженню умов її вирощування присвячено багато публікацій як за кордоном, так і в Україні. В Україні багаторічними дослідженнями вчених охоплено широке коло питань [1–3] з характеристики агротехніки вирощування картоплі в різних природно-кліматичних зонах, агроекологічних особливостей і технології вирощування картоплі [4–6]. Багато уваги дослідниками надається питанням живлення картоплі, впливу рівнів і способів мінерального живлення на врожайність, ріст і розвиток рослин картоплі в різних схемах польових сівозмін [7]. У роботах висвітлюються питання впливу різних видів та норм добрив на біохімічний склад бульб та вміст сухої речовини [8; 9; 26] та дослідження смакових якостей картоплі [10]. У роботі [11] розкривається прогресивна технологія виробництва картоплі, яка забезпечує отримання високих урожаїв доброї якості. Звертається увага на дію чинників, які впливають на якість бульб, та вказуються шляхи її підвищення.

Багато уваги науковців приділяється дослідженню нових ознак сортів для селекції картоплі [12–15].

Вітчизняними вченими започатковане математичне моделювання впливу навколишнього середовища на ріст, розвиток і формування продуктивності картоплі. Запропоновано модель [16] продуктивності картоплі в різних природно-кліматичних зонах. В УкрГМІ розроблено модель «Погода – Урожай», яка використовується в гідрометеорологічній службі для оцінки продуктивності картоплі під впливом волого-температурного режиму та прогнозу очікуваного врожаю [17]. Також на основі теорії максимальної продуктивності посівів розроблено модель для оцінки агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур як у сучасних умовах, так і на майбутнє [16; 18; 19].

Дослідження вчених Польщі та Германії переважно присвячено висвітленню питань впливу хімічних речовин із внесених добрив на вміст у бульбах різних хімічних компонентів та їхньому впливу на смакові якості картоплі і тривалості її зберігання [20–22]. Не обійшли науковці увагою й особливості вирощування картоплі на силових полях [23].

Дослідження [24] присвячене впливу різних азотних режимів під час вирощування картоплі на смакові якості картоплі та способів обробки посівів на вміст сухої речовини в бульбах [25].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Відомо, що високі і сталі врожаї сільськогосподарських культур формуються в природно-кліматичних зонах, де умови вирощування відповідають вимогам культур до навколишнього середовища. Наприкінці XX і початку XXI ст. під впливом змін клімату відбулася зміна природних ресурсів: підвищилася температура повітря, збільшилася кількість посушливих явищ, зросла мінливість кількості опадів по території і в часі і т. ін. Ці явища, своєю чергою, змінюють природне середовище і його вплив на всі галузі економіки, у тому числі й на сільськогосподар-

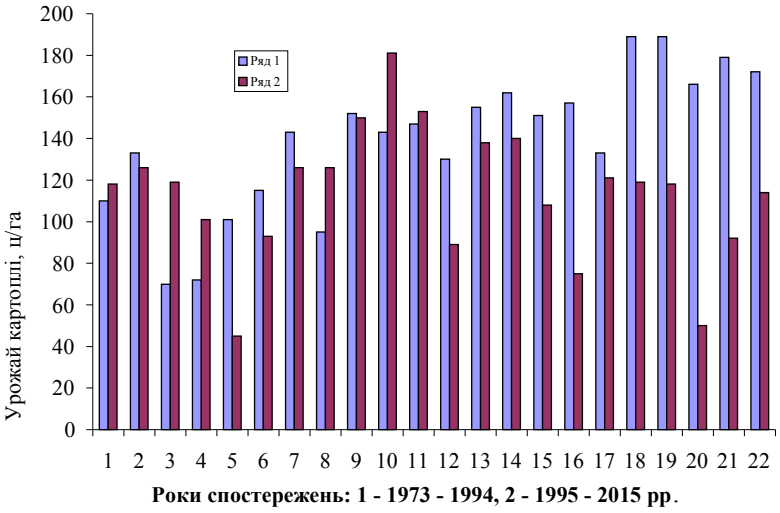


Рис. 1. Порівняння середніх по області врожаїв картоплі за два періоди: 1 – 1995–2015 рр.; 2 – 1975–1994 рр.

ське виробництво, ефективність якого визначається набором кліматично зумовлених природних ресурсів.

Метою дослідження є виявлення впливу агрометеорологічних умов на темпи розвитку та формування врожаїв картоплі в західних областях Поліської зони України (на прикладі Львівської області).

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження впливу агрометеорологічних умов і оцінка їхнього впливу на продуктивність картоплі виконувалася на матеріалах паралельних спостережень за фенологією картоплі, величиною її врожаїв і метеорологічними елементами агрометеорологічних станцій Львівської області. Оцінка виконувалася шляхом порівняння кількісних показників агрометеорологічних умов розвитку картоплі за період із 1975 по 1994 р. із такими ж показниками за період із 1995 по 2015 р. Для порівняння розраховувалися такі агрокліматичні показники: середні по області врожаї картоплі, середні дати висаджування бульб у ґрунт навесні, тривалість вегетаційного періоду картоплі, середні температури суми температур і суми опадів за вегетаційний період та за період бульбоутворення, запаси продуктивної вологи у шарах 0–20 та 0–50 см.

Порівняння урожаїв середніх по області врожаїв картоплі за обидва періоди (рис. 1) показує, що в період із 1975 по 1994 р. (ряд 2) врожаї були нижчими, ніж у період із 1995 по 2015 р. і середній за період врожай становив відповідно 116 ц/га і 140,8 ц/га.

Динаміка врожаїв картоплі за обидва періоди (рис. 2) і розраховані лінії трендів показують, що в період із 1975 по 1994 р. лінія тренда має низхідний характер і щорічне зменшення врожаю становило 0,086 ц/га; у період із 1995 по 2015 р. спостерігається зростаючий тренд, щорічне зростання становить 4,39 ц/га. Такий характер динаміки врожаїв картоплі в різні періоди пояснюється тим, що в період із 1975 по 1995 р. поступово погіршувалася культура землеробства, бо змінювалися форми господарювання, порушувалися норми і строки живлення картоплі, погіршувалася технологія вирощування. У період із 1995 по 2015 р. починаючи з 1999 р. спостерігалося поступове зростання врожаїв картоплі, основною причиною чого є поліпшення технології вирощування, уведення у виробництво нових, більш продуктивних сортів, удосконалені заходи боротьби зі шкідниками та хворобами картоплі.

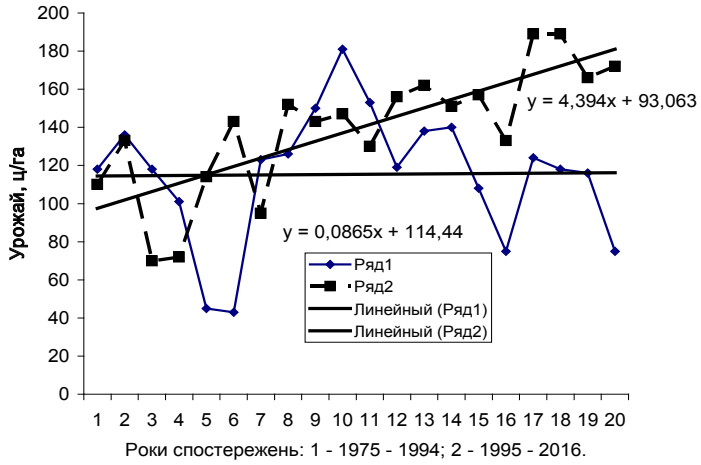


Рис. 2. Динаміка врожаїв картоплі за два періоди і розраховані лінії трендів; 1 – 1975–1994 рр., 2 – 1995–2015 рр.

Слід зазначити, що в досліджувані періоди спостерігається значне відхилення середніх урожаїв від лінії трендів, яке пояснюється, головним чином, впливом погодних умов. Співставлення динаміки врожаїв із сумами опадів за вегетаційний період (рис. 3) свідчить про те, що сума опадів за вегетаційний період картоплі по роках коливається від 300 до 550 мм. Порівняння динаміки врожаїв і сум опадів показує, що врожай картоплі зменшується за

перевищення сум опадів більше 560 мм і менше 300 мм за вегетаційний період. Це говорить про те, що за значних опадів у Львівській області спостерігається перезволоження ґрунту, яке негативно впливає на врожай, тому що погіршується аерація ґрунту, яка сприяє розвитку гнилісних процесів, погіршуються умови збирання картоплі, за яких збільшуються втрати врожаю. Окрім того, на Львівщині сильні дощі (більше 30 мм за 12 годин) мають найбільшу повторюваність у липні та серпні, становлять відповідно 29,2% та 19,1%, тобто в період бульбоутворення і дозрівання бульб [19]. Якщо опадів випадає 300 мм і менше, це теж несприятливо для формування врожаїв картоплі. Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–50 см становлять менше 60 мм, що зменшує врожаї.

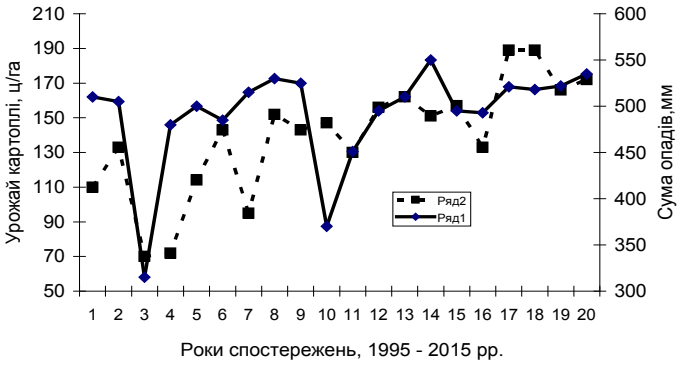


Рис. 3. Порівняння сум опадів за вегетаційний період картоплі з величиною врожаїв: 1 – урожай картоплі, 2 – суми опадів

Якщо порівняти агрокліматичні умови розвитку картоплі по міжфазних періодах і в цілому за вегетаційний період упродовж 1975–1994 та 1995–2015 рр. (табл. 1), то можна побачити, що середня температура повітря по міжфазних періодах зросла на 0,6°С у період від цвітіння до в'янення бадилля. Сума опадів як по міжфазних періодах, так і в цілому за вегетаційний залишилася на рівні першого періоду. Підвищення температури повітря в період від цвітіння до в'янення бадилля сприяло накопиченню вищих сум температур, що в липні і серпні призвело до підвищення сумарного випаровування і зменшення запасів продуктивної вологи.

Порівняння врожаїв картоплі із запасами продуктивної вологи в різних шарах показав, що запаси вологи у шарі ґрунту 0–20 см у період 1975–1994 рр. становили середньому 30–45 мм. І лише у 20–25% років вони бувають нижче 30 мм. У шарі 0 50 см запаси продуктивної вологи коливаються від 80 до 130 мм, і лише у 10% років запаси вологи становили 70 мм.

У період із 1994 по 2015 р. запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–20 см нижчі, ніж у попередній період, і ймовірність запасів нижче 30 мм зросла до 30–32%. Те ж саме спостерігається і в значенні запасів продуктивної вологи в шарі 0–50 см. У середньому за досліджуваний період вони становлять 35–90 мм, але побільшала кількість років із запасами продуктивної вологи менше 60 мм, що призводило до погіршення умов формування врожаю картоплі.

Для виявлення найбільш впливових метеорологічних величин на формування врожаїв картоплі були розраховані статистичні залежності врожаїв картоплі від сум опадів та середньої температури повітря за різні відрізки вегетаційного періоду. Коефіцієнти кореляції цих залежностей представлено в табл. 2. Для картоплі вирішальним періодом

Таблиця 1

Агрокліматичні показники розвитку картоплі в різні періоди

Період спостережень	Міжфазні періоди						Вегетаційний період	
	сходи – цвітіння			цвітіння – в'янення бадилля			сума температур, °С	сума опадів, мм
	середня температура повітря, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм	середня температура повітря, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм		
1975-1994 рр.	16,6	604	118	19,2	1210	313	1814	431
1995-2015 рр.	16,7	625	123	19.8	1315	303	1940	426

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції між урожаєм картоплі та метеорологічними елементами

Період розвитку картоплі	Коефіцієнти кореляції	
	з сумою опадів	з середньою температурою повітря
Травень	-0,042	0,179
Червень	- 0,164	-0,214
Липень	-0,61	0,112
Серпень	0,204	-0,386
Утворення суцвіть – кінець цвітіння	- 0,81	-0,386

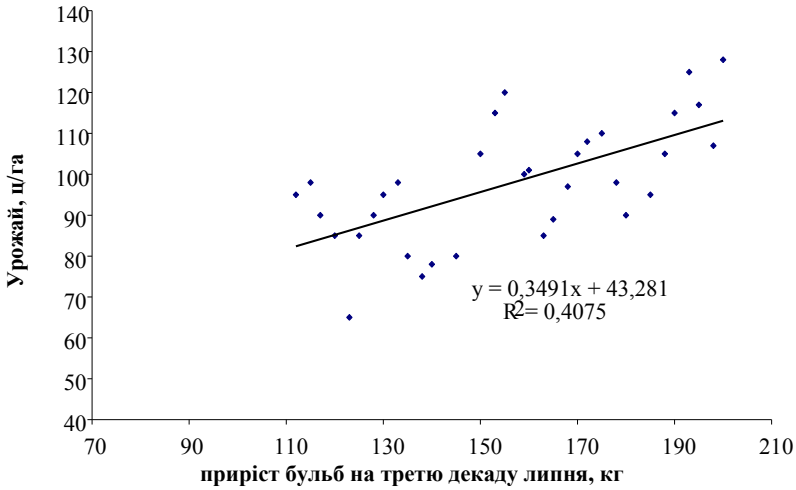


Рис. 4. Залежність урожаїв картоплі від приросту бульб на третю декаду липня

розвитку є період бульбоутворення, який триває від утворення суцвіть до кінця цвітіння, календарно це періоди від 1 червня до 30 серпня.

Незначні коефіцієнти кореляції врожаю картоплі з температурою говорять про те, що потепління клімату підвищує забезпеченість теплом, особливо в липні та серпні, коли середні температури бувають вищими від значень оптимальної температури для розвитку картоплі.

Для картоплі вирішальним періодом розвитку є період бульбоутворення, який триває від утворення суцвіть до кінця цвітіння, календарно це періоди від 1 червня до 30 серпня.

Аналіз багаторічних даних спостереження за картоплею дав змогу встановити, що найвищого приросту бульби картоплі досягають в третю-шосту п'ятиденки липня. Було побудовано графік залежності врожаю картоплі від приростів бульби на кінець липня (рис. 4).

Залежність досить чітка і характеризується коефіцієнтом кореляції

$$r = 0{,}64 \pm 0{,}02.$$

Ураховуючи високі значення парних коефіцієнтів кореляції між урожаєм та сумою опадів за критичний період і між урожаєм та приростом бульби на третю декаду липня, було розраховане рівняння багатофакторної залежності, яке має вигляд:

$$У = 0{,}26\ Р - 0{,}12Х + 43{,}54,$$
$$R = 0{,}86\ ;\ S_y = 4\ ц/га,$$

де *Р* – приріст бульби на третю декаду липня, кг/га;

Х – сума опадів за період утворення суцвіть – кінець цвітіння, мм.

Отримане багатофакторне рівняння може бути використане під час розроблення прогнозу врожаїв картоплі з місячною завчасністю після перевірки на незалежному матеріалі.

Головні висновки. Дослідження агрокліматичних умов вирощування картоплі у Львівській області шляхом порівняння величин двох періодів спостережень 19975–1994 та 1995–2015 рр. дає змогу зробити висновки:

- урожаї картоплі на початку XXI ст. зросли переважно за рахунок підвищення технології вирощування, введення нових сортів та підвищення ефективності заходів боротьби шкідниками та хворобами;
- потепління клімату спричинило підвищення середніх температур, особливо в період від цвітіння до в'янення бадилля, що спричиняє в окремі роки зменшення запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–50 см, підвищує посушливість;
- через нерівномірність опадів і збільшення кількості сильних дощів у 20–25% років перезволоження ґрунту зменшує врожаї картоплі та погіршує якість бульб;
- урожайність картоплі по території Львівської області досить мінлива і мінливість її часто співпадає з мінливістю сум опадів за вегетаційний період;
- прослідковується чіткий зв'язок урожаїв картоплі із сумою опадів за період від утворення суцвіть до кінця цвітіння та приростом бульби на третю декаду липня;
- отримана статистична залежність урожаїв картоплі від комплексу чинників. Перевірка рівняння на незалежному матеріалі дасть можливість використовувати його для складання врожаїв картоплі з місячною завчасністю.

Перспективи використання результатів досліджень. На території Львівської області складаються сприятливі умови для отримання високих і сталих урожаїв картоплі майже у 80% років. Отримані дослідження можуть бути використані під час розроблення заходів для пом'якшення несприятливих умов, які складаються через підвищення температури повітря. Окрім того, отримане статистичне рівняння залежності врожаїв картоплі від комплексу метеорологічних елементів після перевірки на незалежному матеріалі дасть змогу використовувати це рівняння для прогнозу очікуваних урожаїв картоплі із місячною завчасністю.

Література

1. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / гол. редкол. М.В. Зубець ; редкол. В.П. Ситник, В.О. Круть, Я.С. Гуков. Київ : Урожай, 2004. 559 с.
2. Полевой А.Н. Агрометеорологические условия и продуктивность картофеля в Нечерноземье. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1978. 117 с.
3. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. Одеса : ТЕС, 2012. С. 546–550.
4. Агроекологічні основи вирощування картоплі / В.М. Положенець та ін. Київ, 2008. 196 с.
5. Альохін В.В. Урожайність картоплі і винесення поживних речовин вегетативною масою та бульбами картоплі залежно від рівнів і способів 7 внесення мінеральних добрив. *Картоплярство*. 2016. Вип. 43. С. 72–81.
6. Альохін В.В. Вплив рівнів і способів мінерального живлення на урожайність, ріст і розвиток рослин картоплі середньостиглого сорту Легенда. *Молодий вчений*. 2016. № 3. С. 243–248.
7. Андрієнко Т.М., Вишневський В.А., Андрієнко І.І. Урожай та якість картоплі залежно від удобрення в сівозмінах на глинисто-піщаних ґрунтах Полісся. *Картоплярство*. 2000. Вип. 30. С. 87–93.
8. Рудник-Іващенко О.І., Шовгун О.О., Іваницька А.П. Вплив ґрунтово-кліматичних умов вирощування картоплі на біохімічний склад бульб. *Картоплярство*. 2011. Вип. 40. С. 144–153.
9. Абдурагімова Т.В. Вплив попередників та різних систем удобрення на урожайність картоплі в короткоротаційних сівозмінах Полісся України. *Картоплярство*. 2011. Вип. 40. С. 176–184
10. Ревунова Л.Г., Куценко В.С. Продуктивність картоплі в умовах Полісся України залежно від комплексного застосування добрив і регуляторів росту. *Картоплярство*. 2006. Вип. 34–35. С. 10–13.
11. Карманов С.Н., Кирюхин В.П., Коршунов А.В. Урожай и качество картофеля. Москва : Россельхозиздат, 1988. 167с.
12. Ермишин А.П., Воронкова Е.В., Козлов В.А. Картофель. *Генетические основы селекции растений*. Т. 2. Частная генетика растений / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. Минск : Беларуская навука, 2010. С. 156–234.
13. Киру С.Д. Новые источники ценных признаков для селекции из мировой коллекции картофеля ВИР. *Научные труды ГНУ ВНИИКХ им. А.Г. Лорха*. Москва, 2006. С. 235–241.
14. Киру С.Д. Итоги и перспективы исследований мировой коллекции картофеля. *Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке* : тезисы докладов II Вавиловской международной организации. Санкт-Петербург, 2007. С. 474–476.
15. Картопля / С.А. Турко и др. ; под ред. С.А. Турко. *Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству.* Минск, 2007. 74 с.
16. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1988. 318 с.
17. Дмитренко В.П. Погода, клімат і врожай польових культур. Київ : Ніка-Центр, 2010. 618 с.
18. Свидерська С.М. Оцінка продуційного процесу картоплі в умовах змін клімату. *Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України* / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса : ТЕС, 2015. С. 421–434.
19. Божко Л.Ю. Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність сільськогосподарських культур. Одеса : Екологія, 2013. 240 с.
20. Ciecko Z., Zolnowski A., Wyszkowski M. Planowanie zawartosci skrobi w bulbach ziemniaka w zaleznosci od nawozenia NPK. Ann VMCS.E., 2004. № 1. S. 399–406.
21. Marchand, P. Zur Festellung der Lagereignung von kartofeln unter Praxisbedingungen zur Intensivierung der pflanzlichen Produktion. *Картофель и овощи*. 1990. С. 10–13.
22. Wulkow A., Pawelzik E., Heckl B. Effect of calcium and boron in potato tubers (Solanum tuberosum) of various cultivars differing in blackspot susceptibility. Conference of European Association for potato research. Potato for a changing world- 17-th triential Conference of European Association for potato researchabstract of papers and posters. Brasov, 2008. P. 228–229.
23. Nelson, D.S., Shaw, R. Effect of planting and hawest dates location in the hill and tuber size on sugar content of kennebec potatoes. *American potato Journal*. 1976.V. 53. № l. P. 15–22.
24. Roe, M.A., Faulks, R.M., Belstem, J.L. Role of reducing sugars and amino acids in fry colour of chips from potatoes grown under different nitrogen regimes. *Картофель и овощи*. 1991. № 3. С. 18–19.
25. Putz, B. Möglichkeiten zur Beeinflussung des Trockensubstantanzgehaltes von Verarbeitungskartoffeln. Kartofelbau. 1986. 37, 3. *Картофель, овощные и бахчевые культуры.* 1987. № 6. С. 5–6.
26. Fittje S., Bohm H., Paters A. Pflanz gutter zeugung in ekologischen Landbau. *Kartoffellbau*. 2001. Bd. 52. H. 7. S. 303–309.

УДК 911.37
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.17

ГЕОГРАФІЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В ТОПОНІМІЦІ М. КИЄВА

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

Проаналізовано екотопонімічні дослідження м. Києва: у методології екологічного моніторингу великого міста відсутній інформаційно-пошуковий кластер порівняльного кореляційного аналізу відповідності еколого-географічної специфіки ландшафту території її найменуванню (топонімічної назви). Завдяки реалізації відповідної методики з високою імовірністю можна інтерпретувати систему природокористування, що визначала господарську систему місцевості та її патогенний вплив на довкілля; небезпечні фізико-географічні умови, які панували або періодично спостерігаються на визначеній території; палеоекологічні та палеогеографічні особливості трансформації гідрографічної мережі, її роль у системі водопостачання та каналізування забудованих територій, а також дренажування, зрошення й водовідведення на незабудованих міських ландшафтах; особливості розселення населення та інтенсивність урбанізації; рекреаційні та релаксаційні властивості природних зон, лісопаркових урочищ; особливості промислового, господарського та економічного розвитку міста; орографічні особливості підземних просторів; стану природного засмічення територій.

Запроваджені нова класифікаційна система екологічних топонімів: екогідроніми, екооронiми, екоурбоніми, реліктові та екоперцепційні топоніми, а також ранжування міських екотопонімів: містоутворюючі, периферійні передмісті, локальні та мікротопоніми. Алгоритм реалізації географічного опису екотопонімічного каркасу території м. Києва супроводжується різномасштабною картографічною документацією різної геохронології. Це рекогностувальні абриси, еколого-топографічні плани, серії екологічних, природоохоронних карт, екологічні електронні та аналогові атласи, у тому числі екологічні геопортали. Апробована галсова система моніторингу та інтерпретації екотопонімів столиці України. Під час наукового дослідження вивчено нові екотопоніми м. Києва, ономастика яких засвідчує кореляцію довкілля та видів господарської життєдіяльності на території м. Києва: урочище Запісоччя (місце видобутку піску із давніх часів), ріка Бобрівня (місце великої популяції бобрів суходолу дніпровських островів), острів Лопуховатий (ареал розповсюдження червонокнижних водяного та дібровного лопуха), урбоекотопонімів: Оаза, Берізка, Верби, Маслівка тощо. Здійснено ґрунтовний опис екотопонімічної структури м. Києва. Мікроекотопонімічні кластери території м. Києва, найменування яких зазначені в авторській карті еколого-топонімічного каркасу м. Києва, апробовуються в системі ретроекологічного моніторингу природокористування м. Києва, трансформації ландшафтів, дослідження історії екологічних катастроф, організації екологічного туризму та рекреації. Отримані результати впроваджено в освітній процес підготовки екологів вищої кваліфікації. *Ключові слова:* топоніміка, географія топонімічної структури м. Києва, екотопонімічний кластер, класифікація топонімічної системи, топонімічна кореляція.

Geography of environment and nature management in toponymy of Kyiv. Shevchenko R.

Ecotoponymic researches of Kyiv are analyzed: in the methodology of ecological monitoring of a big city there is no information retrieval cluster of comparative correlation analysis of conformity of ecological and geographical specifics of the landscape of the territory to its name (toponymic name). Due to the implementation of the relevant methodology with a high probability it is possible to interpret the system of nature management, which determined the economic system of the area and its pathogenic impact on the environment; dangerous physical and geographical conditions that prevailed or are periodically observed in a certain area; paleoecological and paleogeographic features of the transformation of the hydrographic network, its role in the system of water supply and sewerage of built-up areas, as well as drainage, irrigation and drainage in undeveloped urban landscapes; features of population settlement and intensity of urbanization; recreational and relaxation properties of natural areas, forest parks; features of industrial, economic and economic development of the city; orographic features of underground spaces; state of natural littering of territories.

A new classification system of ecological toponyms has been introduced: ecohydronyms, ecooronyms, ecoourbonyms, relict and ecoperception toponyms, as well as the ranking of urban ecotoponyms: city-forming, peripheral suburbs, local and microtoponyms. The algorithm of realization of the geographical description of the ecotoponymic framework of the territory of Kyiv is accompanied by various-scale cartographic documentation of different geochronology. These are reconnaissance outlines, ecological topographic plans, series of ecological, nature protection maps, ecological electronic and analog atlases, including ecological geoportals. The tack system of monitoring and interpretation of ecotoponyms of the capital of Ukraine is tested. During the scientific research new ecotoponyms of Kyiv were studied, the onomastics of which testifies to the correlation of environment and types of economic activity on the territory of Kyiv: Zapisochcha tract (place of sand extraction since ancient times), Bobrivna river (distribution area of Red Book water and oak burdock), urboecotoponyms: Oasis, Berizka, Verby, Maslivka, etc. A thorough description of the ecotoponymic structure of Kyiv has been made. Microecotoponymic clusters of the territory of Kyiv, the names of which are indicated in the author's map of the ecological and toponymic framework of Kyiv, are tested in the system of retroecological monitoring of nature use in Kyiv, landscape transformation, study of the history of ecological catastrophes, organization of ecological tourism and ecological tourism. The obtained results are introduced into the educational process of training highly qualified ecologists. *Key words:* toponymy, geography of toponymic structure of Kyiv, ecotoponymic cluster, classification of toponymic system, toponymic correlation.

Постановка проблеми. Географічне середовище проживання у системі природно-територіального комплексу великого міста пов'язане з місцевими назвами, які, своєю чергою, мають різний генезис походження. Домінуючими чинниками назвоутворення постають особливості навколишнього середовища, його стан у різні сезонні періоди, екстремальні та аномальні природні явища, наявність природних ресурсів та копалин, які забезпечують сталий розвиток території або загрожують безпеці життєдіяльності людей, які мешкають на ній.

У системі наук про Землю сформувалася навчальна та науково-прикладна дисципліна, що отримала назву *топоніміка*. Вона досліджує походження назв на основі кореляції між середовищем перебування людини, територіальної громади, суспільства та ендогенно-екзогенними чинниками, що змінюють географічні особливості природокористування, урбанізації, ресурсокористування та іншими видами господарської та економічної діяльності, наприклад організація системи еколого-туристичного та природоохоронно-екскурсійного природокористування.

Постає наукова проблема вивчення трансформації територіальних особливостей навколишнього природного та техногенного середовища, систем промислового та рекреаційного природокористування, які відображаються у топонімічних назвах на території м. Києва, що склалися історично, топографічного та географічно.

Актуальність дослідження. Топонімічна структура території м. Києва чітко поділяє ландшафтний каркас столиці на три кластери: трансформовані природні урочища під впливом урбанізації, природо-заповідні біогеоценози та ландшафтозмінені екосистеми внаслідок реалізації проєктів ландшафто-географічного дизайну ревіталізації промислових зон та новозбудованих житлових масивів.

Еколого-географічний моніторинг м. Києва вміщує практично усі напрями реалізації класичного екологічного спостереження за довкіллям: геодезичний та картографічний інструментарій, фізико-хімічні польові та камеральні лабораторні дослідження, аерокосмічне зондування засобами БПЛА, кореляційний аналіз статистичних даних, які моделюються у середовищі ГІС.

Для підтвердження авторської наукової *гіпотези еколого-природоохоронної кореляції стану довкілля* необхідно довести зв'язок якісних та кількісних показників природного середовища з місцевими топонімами та підтвердити припущення про походження відповідних назв з явищами та процесами трансформації природного ландшафту в системі природокористування м. Києва. Для цього необхідно запровадити у методологію моніторингу довкілля м. Києва теоретичні основи еколого-топонімічні вишукування.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Географічне дослідження еколого-топонімічної структури м. Києва як лекційна тема включена до програм та силабусів навчальних дисциплін підготовки магістрів та докторів філософії зі спеціальності 101 «Екологія»: «Екологічний моніторинг та засоби контролю» та «Методологія екологічного моніторингу».

Як новітній та актуальний напрям дослідження екологічної географії м. Києва доробок знайшов своє упровадження та апробацію у програмах еколого-туристичних маршрутів природними та антропогенними ландшафтами м. Києва у діяльності гуртка «Києвознавець» загального закладу середньої освіти № 210 Оболонського району м. Києва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Географічна топоніміка, її методичні прийоми та методологічні концепції розроблялися вітчизняними та зарубіжними вченими: О.Є. Афанасьєвим (напрями топонімічних досліджень міст України) [2], Л.А. Пономаренко (дослідження дромоніміки та топонімічних назв м. Києва) [7], істориками-топонімістами О. Толочком [9], О. Різником [8]. Особливою є праця А.І. Железного (уперше означена наукова етимологія більшості древніх київських топонімів та гідронімів на основі тюркської лексики) [5]. Відповідні наукові дослідження подають історичний зріз походження київських топонімів від найдавніших часів до сьогодення.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Екологічний, еколого-географічний (гідрологічний, метеоролого-кліматичний, геологічний, геоморфологічний), природо- та ресурсокористувальницький аспекти виникнення топонімічних назв м. Києва з метою уточнення даних результатів моніторингу трансформації довкілля-простору не досліджено. Відповідно, результати екологічного моніторингу м. Києва є не повними в контексті вивчення змін довкілля під впливом антропогенного середовища та господарської діяльності як патогенних ризик-факторів трансформації екосистеми міста, що мають рівнозначний вплив.

Новизна. Топонімічна інтерпретація територіальних особливостей урочищ, природних масивів, промислових територій та урбосистем розширює можливості вивчення історії екологічних катастроф, законсервованих стародавніх та нещодавніх ресурсних виробіток, локальності та унікальності природних явищ, якості та кількості флори та фауни палеогеографічних полігонів, небезпечних процесів, формулювання та здійснення запобіжних підходів у системі безпеки життєдіяльності місцевої громади та розроблення програм захисту довкілля та простору м. Києва.

Методологічне або загальнонаукове значення. Географічна екотопоніміка м. Києва є складовою частиною нової екологічної та природоохоронної методології – *екологічного києвознавства*, що сформувалася на базі теорій та концепцій екологічного краєзнавства, які сформульовані професорами В.І. Шелегедою [10] та Б.І. Вихристенком [3].

Географія екотопонімів м. Києва дає змогу вивчити латентні ареали палео- та ретро-природокористування, надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, що траплялися у минулому, особливості екосистем стародавніх часів на сучасній території м. Києва, що охоплює значні урочища колишніх повітів та губерній, площі яких свого часу мали різноманітне еколого-господарське призначення.

Вивчення топонімічної структури м. Києва відображає нові аспекти та особливості системи природокористування, уточнює межі природних та техногенних ареалів, водних басейнів, лісових масивів, загальної географії ойкумени міста.

Виклад основного матеріалу. Стан навколишнього природного середовища, особливості довкілля, екосистем, які змінюються в часі під впливом дії систем природокористування, відображаються у топонімічній системі.

Еколого-природоохоронна топоніміка м. Києва – це новий напрям сучасного екологічного моніторингу мегаполісу. Він дає змогу вивчити трансформацію геосфери, яка хронологічно змінюється під впливом антропогенних, природно-антропогенних та промислово-техногенних чинників під час оцінки впливу на довкілля урбанізованих територій.

Локальні назви територій виникли одночасно з розширенням ареалу економіко-господарської діяльності первісних людей. Вони стали звертати увагу на природні ексклюзиви та особливості навколишнього середовища: небезпечні природні явища та аномалії, родючість або неродючість ґрунтового покриву, особливості рекреації та релаксації під час облаштування населених пунктів, назви яких ототожнювалася з природним середовищем та особливостями господарювання, ресурсокористування та природокористування.

Характерні особливості довкілля та природокористування у топоніміці м. Києва відображають картографічні джерела, в яких задокументовано відповідні локальні назви ексклюзивних територій міста від найдавніших часів до сьогодення.

Для з'ясування кореляційного зв'язку між ономастикою топонімічних назв міста та особливостями навколишнього природного середовища, її зміни під впливом господарської діяльності територіальної громади м. Києва розв'язане наукове завдання складання класифікаційної схеми міської топонімії.

Загальна еколого-топонімічна мережа м. Києва складається з таких взаємопов'язаних компонентів:

– *екогідроніми* (екологічні гідро(логічні)графічні іменування) – це назви малих річок, заток, островів, озер, боліт, місцин, де сформувалися поселення, тобто стали містоутворюючими чинниками). Вони поділяються на *зниклі екогідроніми*, але представлені у топоніміці міста (наприклад, р. Почайна, що дала назву цілому промисловому масиву на півночі міста, станції метрополітену, установам та закладам сфери обслуговування) і з часом трансформувалися у *хроноекогідроніми*. Хроноекогідроніми є первинними топонімічними кластерами, від яких походить назва житлових масивів, торговельних центрів, еколого-туристичних маршрутів. Екогідроніми, назва яких походить від найближчого техногенного об'єкта міської інфраструктури, це – *техноекогідроніми*. Як приклад можна зазначити острів Передмостний на р. Десенка-Чорторий, що знаходиться між двома мостовими переправами: Північною та Почайнинською та *техноекогідронім Притика* (сучасна Гавань, колишнє гирло р. Почайної, де «притикали» – причалювали торгівельні кораблі). Техноекогідронімами є практично всі намивні озера Позняків та Осокорків: Гарячка, Прірва, Вірлиця. *Туристичні екогідроніми* мають генезис назви від найближчих релігійно-паломницьких, еколого-рекреаційних маршрутних стежок, що зазвичай виникли під впливом «народних» переказів та пересічних найменувань. Вони застосовуються в еколого-екскурсійній та подорожувальній діяльності у м. Києві;

– *екооронiми* (екологічні орографічні іменування) – це назви рельєфоутворюючих об'єктів: гір, пагорбів, висот, долин, ярів, походження яких пов'язані з унікальними природними особливостями території або життєдіяльністю на них населення;

– *екобіогеоніми* (еколого-біолого-географічні найменування) – це назви природних урочищ, біогеоценозів, пам'яток природно-заповідного фонду, походження яких тісно пов'язане з трансформацією навколишнього природного середовища під впливом антропогенної діяльності людини або надзвичайних ситуацій природного характеру;

– *екоурбоніми* (екологічні урбаністичні найменування) – це назви житлових масивів та комплексів, промислових зон, великих інфраструктурних антропогенних об'єктів, генезис ономастики яких пов'язаний із довкіллям, природо- та ресурсокористуванням або іншою економічною діяльністю людини;

– *реліктові екотопоніми* («реліктові» – це зниклі), зникаючі або останцеві (ретро-) назви місцевості, пов'язані з особливостями довкілля;

– *перцепційні (народні) екотопоніми* – найменування місцин територіальною громадою в асоціаційній уяві з явищами, краями, подіями та іншими знаннями про навколишній світ.

Необхідно зазначити, що екотопоніми м. Києва мають різний геопросторовий генезис виникнення: *глобальний* (метеорологічні та кліматичні явища, геологічні процеси, фізико-географічні зони), *регіональний* (басейни великих річок, р. Дніпро), *місцевий* (Київські висоти) та *локальний* (урочища, яри, мікротопоніми).

Проаналізуємо особливості географічного положення унікальних та ексклюзивних екотопонімів на сучасній карті м. Києва. *Еколого-природоохоронний аудит екотопонімів* здійснюватимо методом моніторингового масштабування від загальноміського рівня до місцевого (локального) значення екотопо-

німічної назви. Для реалізації відповідного наукового завдання використаємо картографічне видання «Мапа Києва. Найдетальніша карта Києва масштабом 1 см. – 150 м. Всі будинки і вулиці на карті Києва» [6] та картографічний сервіс Інтернету (геопортал) Wikimapia [4]. Дослідження проводимо *методом географо-картографічного галсування* (аналіз місцевості із заходу на схід, за ходом та проти ходу годинникової стрілки, паралельними маршрутами).

На північному заході м. Києва у лісовій курортній зоні розташовується екотопонім *Пуща-Водиця*, у складі якого – мікроекотопонім *Пуща-Озерна.* Походження відповідної назви (ономастика) має генезис «пуща», що у перекладі означає «реліктовий ліс» та назви двох водних об'єктів: «Водиці» – це *р. Котурка* та «Озерна» – проточного *ставка «Сапсаїв Став»* на *р. Горенка*. Ці дві річки є лівими притоками р. Ірпінь, яка впадає у Київське море р. Дніпро на північ від м. Києва. На території Пущі-Водиці ідентифіковано такі мікротопоніми: екогідронім *озеро Карачун* (у перекладі з давньослов'янської це означає «надзвичайно холодна вода»; екооронім *урочище Крутий Переїзд*, що знаходиться на південному краї правого берега Сапсаївого Ставу, назва якого повністю відповідає ондуляціям (хвилястості) рельєфу місцевості.

На території Подільського району знаходиться *екоурбонім Виноградар*. Його назва походить від виноробства, що практикувалося у цій місцевості в XIX – поч. XX ст. і має ретроспективне значення у генезисі ономастики великого житлового масиву на північному заході м. Києва. У *топоареалі (локальній місцевості, що обмежена, зазвичай, вулицями)* Виноградаря знаходиться *мікроекогідронім – Голубе озеро*. Поряд із Виноградарем, на захід, розташовується *екогідронім Синє озеро*. У літні спекотні ясні дні вода є надзвичайно блакитною, відбивається синій колір неба.

Екобіогеонім Вітряні Гори обмежується вулицями Світлицького, Осиповського, Галицькою, Червонопільською та проспектом Свободи. На південний схід від Вітряних Гір розміщується *екобіогеонім Западинка*, який межує з *екооронімом Гора Липинка*, назва якої походить від липового гаю.

Водно-озерний край Оболонь, сформований гідрографічною мережею *екогідротопоніму Почайна* («Почайна» у перекладі з давньослов'янської означає «чаша з поживною священною вологою»), поступово перетворюється на туристичний релігійно-паломницький екогідронім. Складовими частинами топоніміки даної місцевості є озера Вербне, Біле, Вовкувате.

На правому березі Дніпра-Славутича, на Оболоні, у 2000–2010-х роках збудовані елітні житлові масиви, які отримали назви «Оболонські Липки» (уздовж затоки Оболонь – вул. Оболонська набережна) та «Оаза» (біля Північного мосту).

Топонім *села Троєщина* має низку таких топоексклюзивів: *Кривущани, Гутовці, Копильщани, ур. Старе село, Кучанський.*

Дніпровська долина представлена ареалом РЛП «Дніпровські острови», де ідентифікуються екогідроніми: острів Лопуховатий, річка Бобровня, острів Псів, Затока. Виділяються техноекогідроніми *острів Міжмостний, ур. Запісоччя, ур. Городище, ур. Старе Село.* На схід від житлового масиву Вигурівщина-Троєщина у заплаві каскаду озер на картах відображені *ур. Довгий лан* (широкі степові лани), *ур. Діброва, оз. Алмазне* (назва пов'язана з підприємством оборонної індустрії, що планувалося розташувати на цій місцевості; нині поряд з озером знаходиться Державний банкнотно-монетний двір НБУ). За озером Алмазним є загадкове *озеро-болото Ковпит* (існує легенда, ідентична до міфу про град Кітяж). На північ від Лісового масиву – *ур. Сухі Гори* з ондуляційними перепадами висот із піску.

У Святошинському районі, між *Новобіличами* та *Берківцем*, є пустир авіапідприємства ім. О.К. Антонова. Це природне *урочище Дударів Сінокіс*. Тут багато років тому на великому степовому лані косили трави. Неподалік, на захід, окрема частина житлового *масиву Новобіличи* має назву *Сахалін* (пов'язана з тим, що це найвіддаленіше передмістя м. Києва). Це уявна (перцепційна) народна назва, її ономастика відповідає острову Сахалін як віддаленого краю колишнього СРСР. Ураховуючи те, що масив збудований у 70–80-х роках XX ст., то й назва була визначена відповідно до епохи та географічного уявлення киян радянського періоду.

Аналогічна народна мікротопоніміка зустрічалася у 1960-х роках у *Воскресенському* житловому масиві *(Воскресенська* або *Губернаторська слобідка)*. Частину населення становили представники інших соціалістичних країн. Були квартали під назвами *В'єтнам, Камбоджа, Куба*.

На схід від *Дударового Сінокосу* знаходиться топонім *Нивки*, парк Дубки, що засвідчує наявність лісостепової фізико-географічної зони, в якій розташована столиця України. Інша назва урочища – *Вовча гора.*

Урочище Реп'яхів Яр локалізована на Кирилівських висотах неподалік *Бабиного Яру*, що топографічно об'єднано у *парк Кирилівський Гай*.

Південна частина Лісового масиву має назву *Водопарк*. Походження назви є антропогенним. Водопарк – це велике водне сховище резервуарів питної води, що були збудовані у тоталітарні часи на випадок ядерної війни. Власне, вважається, що Водопарком планувалося назвати парк атракціонів на *острові Передмостова Слобода* (сучасний *Гідропарк*). Але з часом назви змінили місцями топографічно та картографічно.

На заході м. Києва, неподалік Кільцевої дороги, між топонімами *селище Жовтневе* та *Святошин* розташовані два природних екотопоніми*: урочища Скарбовий Ліс та Калиновий Ліс,* які об'єднані у *парк «Урочище совки»* (тут орнітологи спостерігають за гніздуванням сов-сипух у міській зоні).

Між Відрадним масивом та Нивками знаходиться *урочище Грушки* з однойменною станцією промислової гілки київської кільцевої залізниці. Назва походить від грушевого саду, що був тут розміщений меценатом В.А. Караваєвим у дореволюційні часи XX ст.

Сучасна центральна частина Києва у часи раннього середньовіччя мала такі зниклі топонімічні екологічні назви: *Перевісище* – сучасний Хрещатик (місце, де відловлювали птахів), *Євсейкова долина, або Піски,* – сучасна Європейська площа. Пагорб над Євсейковою Долиною має назву *Бегічевська гора*. На ній знаходиться Міжнародний центр культури і мистецтв Федерації профспілок України. Між Хрещатиком та схилами Володимирської гірки знаходиться сакральний топонім *урочище Палестина*.

Топонім *Печерськ* (від розгалуженої мережі печер, що пронизують усе геологічне середовище верхнього міста). *Липки* – паркова та садова зона Києва у часи Янчина монастиря часів Руси-України та дореволюційного Києва поч. XX ст.

На лівобережжі Дніпра м. Києва вздовж Броварського проспекту розкинулася *Вовча гора,* або гора Нестерова, про що свідчить відповідний наріжний пам'ятний знак-камінь на верхньому схилі пагорбу. Власне, Київ є містом пагорбів та «лисих» гір. Їх налічується понад двадцять.

У долині меліоративного каналу р. Дарниця знаходяться екогідроніми *озера Берізка (Веселка), Рибне, Млинок, Ялинка*, які відповідають промисловому призначенню окремої місцевості столиці України. Поряд знаходяться промислова зона та однойменне *урочище Ліски*.

У лісовій зоні на південному сході вулиці Бориспільська, що у Дарницькому районі столиці, знаходиться мікротопонім *ур. Веселий Бугор*. Цей пагорб – топографічний домінант місцевості.

Найвідомішим урбоекотопонімом є *Солом'янка*, що поділяється на *Верхню Солом'янку* та *Нижню Солом'янку* (назва походить від солом'яних дахів козацьких поселень-слобідок цієї частини міста у XVIII–XIX ст.). Розділяє топоніми гідроекотопонім *річка Мокра*, що є притокою *р. Либідь*. У поймі р. Либідь знаходиться реліктовий екотопонім *ур. Звіринець* (місце полювання князів часів Руси-України), що збереглося до наших часів.

Південно-східна частина м. Києва надзвичайно багата екотопонімами: *Осокорки, Березняки, Позняки, озера Прірва, Лебедине, Качине, Заплавне, Сонячне.*

Південна частина Києва представлена топонімами: *острів Жуків, Конча-Озерна, Карпати*, які знаходяться у природоохоронній зоні НПП «Голосіївський».

Окрім великих екотоп онімів, у м. Києві зустрічаються мікротопонімічні екологічні найменування. Вони є маловідомими, але досить змістовні в ономастиці генезису найменування. Визначимо відповідність екотопонімів із погляду їхньої екогенетичності.

Екогідронім *затока Верблюд*, на північ від Оболоні, має назву, що ідентифікується внаслідок інтерпретації її геоіконіки картографічного та аерокосмічного зображення, а саме дві затоки мають вигляд горбів верблюда. Назва присутня на картах із середини 90-х років XX ст. На північ від цього урочища знаходяться екотопоніми: *ур. Дубище (Дубовий гай), озеро Лукове, ур. Калиной Ріг.*

Господарське значення має *мікротопонім Копильщани* у с. Троєщина (Деснянський район м. Києва), а також суміжні до нього: *оз. Гнилуша, ур. Вербняки, ур. В'язки, ур. Городище.*

Між вул. Братиславською та лісовим парком знаходиться *ур. Куликове* (місце гніздування куликів, ще 50–70 років тому тут були цілі пташині базари гніздування).

Між ставками на *р. Нивка* (інша назва – *Борщагівка,* або *Желань)*, що є притоком р. Ірпінь дніпровського басейну, на перетині проспекту Перемоги (Брест-Литовського) та вул. Живописної розкинулося *урочище П'ята Просіка*. Назва походить від княжого лісу, що тут гаманів у часи Руси-України. На захід від *масиву Сахалін* у *Новобіличах* знаходиться *ур. Орлиха*.

На захід від вул. академіка А.М. Туполєва (Нивки) на картах ідентифікується *ур. Веселий Майдан.* Уздовж вул. Тираспольській на *Сирці* (назва житлового масиву походить від р. Сирець, що в перекладі зі старослов'янської означає «мокра вода») знаходиться його правий приток *струмок Брід*.

Слов'янське походження мають київські гори-останці: *Юрковиця, Кияниця, Скавика*. Вони височиють на *ур. Поділ* (низка долинна частина) та *ур. Плоське* (заплавна понижена частина суходолу у долині р. Дніпро). На південь від них знаходяться урбоніми: *Гончарі, Дігтярі, Кожум'яки, Киселівка*, які об'єднані у *ландшафтний парк «Пейзажна алея»*.

Північніше Микільської Слобідки, на лівому березі р. Дніпро, є екогідроніми *озера Радунка, Малинівка*. На схід від *селища Радистів* знаходиться *ур. Лосине озеро.*

Антропологічне походження мають урбопоселення *Борщагівок* із такою топонімією: *Південна, Братська, Софіївська, Микільська, Петропавлівська (разом із ур. Вумовський ліс)* та *Михайлівська.* У складі *Михайлівської Борщагівки* – мікротопоніми *Верби, Макаюди, Чевалаки, Долина, Гайок.*

Неподалік Центрального залізничного вокзалу знаходяться урботопоніми *Залізнична* та *Солдатська Колонії.* Назви пов'язані з воєнно-промисловим комплексом Києва часів Російської імперії. Уздовж депо станції «Київ-Пасажирський» розміщений урботопонім *Кадетський гай.*

Топонім *Жуляни* має такі екотопоніми: *Білий хутір, Козлівщина, Забара, П'ятихатки, Хутір.*

У межах Либідської площі знаходиться екогідронім *озеро Глинка*, яке було центром кар'єрного видобування глини у м. Києві. Видубицька частина

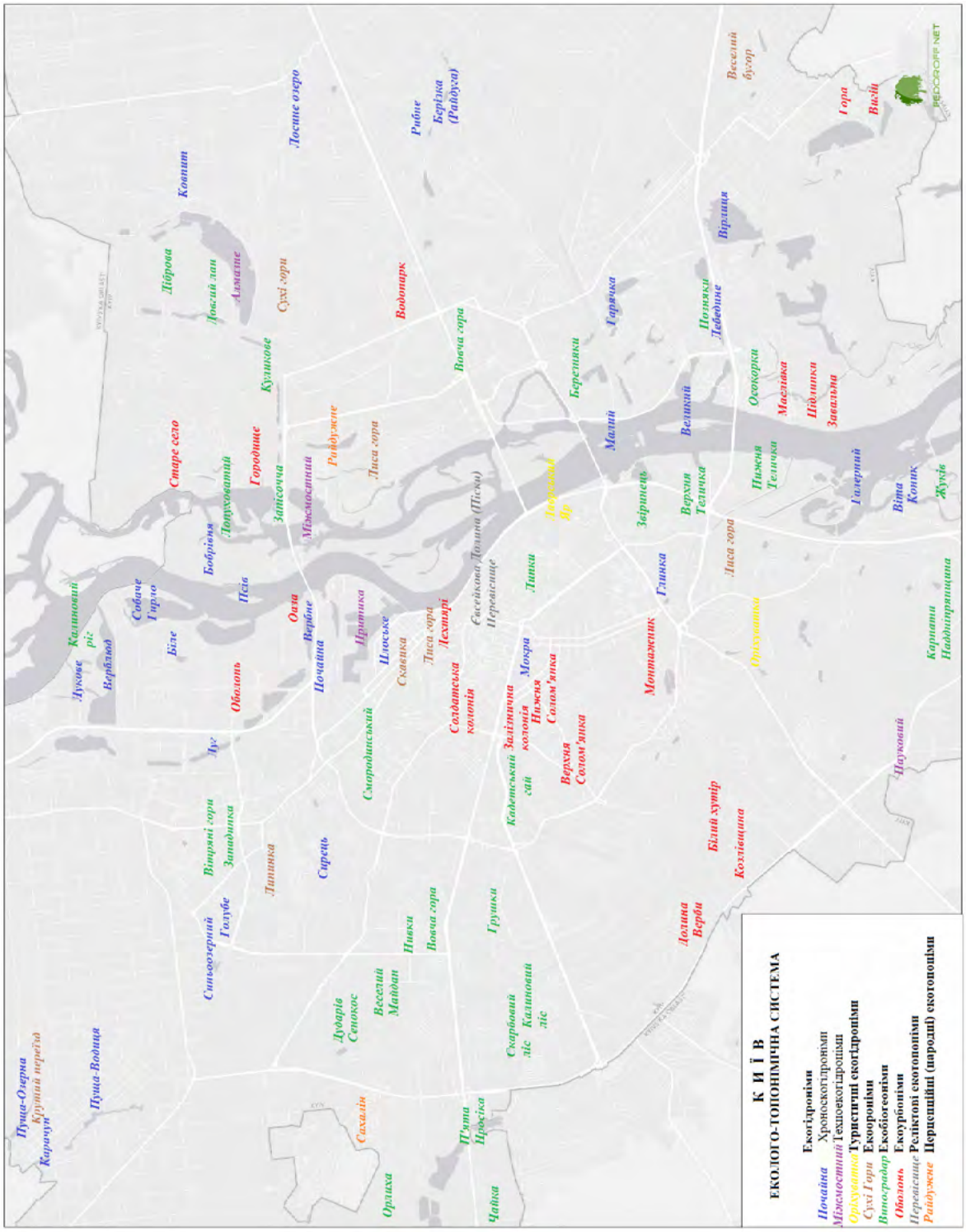


Рис. 1. Карта еколого-топонімічної кластеризації території м. Києва

м. Києва має сільськогосподарський топонімічний *генезис: Верхня та Нижня Теличка.* Південніше гирла р. Либідь знаходиться урботопонім *П'ятихатки.*

Макротопонім *Осокорки* складається з таких екомікротопонімів: *Масловка, Підлипка, Завальна.*

Басейн р. Дніпро в районі Києва (північний б'єф Канівського водосховища) має екогідронімію островів та заток: *Великий, Малий, Галерний, Собаче Гирло, Притика, півострів Лісовий, оз. Золоче.*

Плавні позняківських озер мають таку екооронімію: *ур. Березівка* (на схід від *оз. Тягле*), *ур. В'язки* (на південь від *оз. Тягле), оз. Заплавне (Бортничі).* На межі м. Києва та Київської області, південніше *ур. В'язки*, знаходяться озера *Коров'яче та Піщане.*

Житловий масив *Бортничі* включає екотопоніми: *Гора, Борова, Вигін, Став, Мостова, Слобода, Березняки* та *Угольня.*

Антропогенне походження має топонім *Наукове*, що за Теремками *у* Голосіївському районі столиці. Неподалік розташований макротопонім *Пирогів*, у складі якого екотопоніми фізико-географічних зон України: *Середня Наддніпрянщина, Полтавщина, Полісся, Карпати (ур. Солов'їна гора), Слобожанщина,* а також антропоніми: *Гончарівська гора, Соколова гора, Яровці.*

У виданні «Атлас м. Києва до кожного будинку» (НВП «Картографія», 2007 р.) [1], також можна ідентифікувати мікротопоніми *Пирогіва: Жабокруківка, Ковтунівщина, р. Коник, ур. Бичок, ур. Острів жуків.*

Топонім *Віта-Литовська* має у своєму складі такі екомікротопоніми: *Сосни, Броди, Деркачі.* Уздовж Дніпровського шосе знаходиться туристичний релігійно-паломницький екотопонім *урочище Церківщина – Хутір Вільний.* До відповідних топонімів можна віднести мікротопоніми Печерська: *Спаський яр, Лаврський яр, «Співоче поле», «Саперне поле».* На Печерську є мікротопоніми, відомі з часів Руси-України: *ур. Наводницька Балка, Неводичі (Наводницький ландшафтний парк).*

Географія екотопоніміки м. Києва представлена в укладеній картографічній моделі аудиту еколого-топонімічних систем території м. Києва (рис. 1).

Головні висновки. Завдяки еколого-топонімічному дослідженню географії довкілля та природокористування м. Києва були отримані такі наукові результати:

– *Уперше:* визначено кластери еколого-топонімічної мережі м. Києва; запроваджено наукову дефініцію топонімічного екомоніторингу; вивчено загальноміські та мікротопонімічні одиниці території м. Києва; здійснено еколого-природоохоронне та еколого-географічне обґрунтування кластерів еколого-топонімічної мережі міста; укладено карту еколого-топонімічного каркасу столиці України.

– *Удосконалено:* термінологічний апарат екотопоніміки; систему еколого-географічної інтерпретації місцевих назв; принципи походження назв міських просторів.

– *Отримала подальший розвиток:* теорія та практика еколого-географічного дослідження м. Києва в контексті поповнення серії карт прикладного еколого-географічного змісту.

Перспективи використання результатів дослідження. Укладена картографічна модель апробовується в системі еколого-географічного туризмознавства та прикладного екскурсознавства з подальшою трансформацію цифрової карти у динамічну інтерактивну модель туристичного геопорталу м. Києва.

Література

1. Атлас м. Києва до кожного будинку. Київ. 2007. 100 с.
2. Афанасьєв О.Є. Напрями топонімічних досліджень міст України. *Національне картографування: стан, проблеми та перспективи*. 2005. Вип. 2. С. 42–48.
3. Вихристенко Б.І. Сучасний стан і завдання розвитку туристичної галузі України. *Туристично-краєзнавчі дослідження*. 1998. Вип. І. Ч. 1. С. 11–18.
4. Геопортал Wikimapia (м. Київ). URL: http://wikimapia.org/#lang=en&lat=50.433300&lon=30.516700&z=12&m=w.
5. Железный Л.И. Забытая история Киева. Киев, 2011. 134 с.
6. Мапа Києва. Найдетальніша карта Києва масштабу 1 см. – 150 м. Всі будинки і вулиці на карті Києва. Київ, 2010. 89 с.
7. Пономаренко Л. Географические, топографические и другие официальные описания г. Киева второй половины XVIII – начала XIX в. *Киев в фондах Центральной научной библиотеки АН УССР.* Киев, 1984. С. 62–83.
8. Пономаренко Л., Різник О. Київ. Короткий топонімічний довідник. Довідкове видання. Київ, 2003. 124 с.
9. Толочко О. Яка гора в домонгольський період називалася Щекавицею? (Замітки з історичної топографії домонгольського Києва). *Київська старовина*. Київ, 1997. № 5. С. 152–167.
10. Шелегеда В.І. Навчальна програма «Екологічне краєзнавство» (Основний рівень, три роки навчання). Схвалено для використання в позашкільних навчальних закладах» (прот. засідання Наук.-метод. комісії з позашкільної освіти від 25.05.2018 р., Лист ІМЗО від 06.06.2018 № 22.1/12-Г-306).

УДК 911.2:574
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.18

ГРАВІТАЦІЙНІ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ ЛАНДШАФТНИМИ РІВНЯМИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИАЗОВ'Я ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ

Воровка В.П.[1], **Яцентюк Ю.В.**[2], **Копилова Т.В.**[1]
[1]Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького
вул. Гетьманська, 20, 72319, м. Мелітополь, Запорізька область
geofak_mgpu@ukr.net, kopulova71@gmail.com;
[2]Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського
вул. Острозького, 32, 21001, м. Вінниця
yatsentuky@gmail.com

Розглянуто особливості взаємодії між висотними рівнями ландшафтів та акваландшафтів у межах Північно-Західного Приазов'я. З'ясовано, що основу висотних рівнів досліджуваної території та акваторії становлять Приазовська височина, Приазовська і Причорноморська низовини. Глибинні рівні акваторії Азовського моря сформовані псевдоліторалю, сублітораллю та псевдоабісаллю. Головними процесами взаємодії між вказаними рівнями є гравітаційні, переважно однобічні – з високих гіпсометричних рівнів на більш низькі з кінцевою ланкою накопичення у межах псевдоабісалі. Разом з гравітаційним рухом речовини відбуваються енергоінформаційні низхідні рухи. Зворотний вплив представлений переважно процесами переміщення повітряних мас, міграції живих організмів. У межах суходолу виділені верхній (170,0 м і вище), середній (40,0–170,0 м) та нижній (0–40,0 м) висотні рівні, а в акваторії – псевдоліторальний (0,0…-1,0 м), субліторальний (-1,0…-5,0 м) і псевдоабісальний (-5,0…-10,0) акваландшафтні рівні. Найвища інтенсивність денудаційних і гравітаційно-міграційних процесів властива для верхнього гіпсометричного рівня. Тут висока інтенсивність гравітаційних процесів пояснюється найбільшою стрімкістю поверхні, близьким заляганням кристалічного фундаменту або вапнякових порід та малопотужним шаром четвертинних відкладів. Власне, гравітаційні процеси проявляються у межах стрімких схилів річкових долин, яружно-балкової мережі і денудаційних останців. Взаємодія між акваторіальними ландшафтними рівнями відбувається головним чином через берегові абразійно-акумуляційні процеси, з якими на морське дно надходить більша частина теригенних відкладів. Власне взаємодія між контрастними територіальними та акваторіальними ландшафтними утвореннями відбувається через лінію берега, де міграція відкладів завдяки прибою відбувається інтенсивно і характеризується диференційованим двобічним спрямуванням. При цьому формуються різнозернисті смуги відкладів, які сприяють формуванню специфічних донних та берегових біотопів, де розвиваються відмінні між собою екосистеми. *Ключові слова:* суходільні ландшафти, акваландшафти, ландшафтні рівні, гравітаційна взаємодія, донні відклади, Північно-Західне Приазов'я.

The gravitational interactions between the landscape levels of the North-Western Pryazovia and their ecological consequences. Vorovka V., Yatsentyuk Yu., Kopylova T.

The peculiarities of the interaction between the high-altitude levels of the landscapes and the **aquatic-landscapes** of the North-Western Pryazovia have been considered. It has been revealed that the basis of the high-altitude levels of the investigated territory is the Pryazovia Upland, the Pryazovia and Black Sea lowlands. The deep levels of the water surface of the Sea of Azov have been formed with the pseudo-littoral, sub-littoral and pseudo-abyssal. The main processes of the interaction between these levels are gravitational, mainly one-sided, directed from the upper hypsometric levels to the lower ones with the final element of the accumulation within the pseudo-abyssal. Together with the gravitational displacements of the substances, it is the downward movements of the energy and information. The reverse influence is represented mainly with the processes of the displacement of air mass, the migration of the living organisms, etc. Within the land, the upper (it is more than 170.0 m), middle (it is 40.0 ... 170.0 m) and lower (it is 0 ... 40.0 m) high-altitude levels have been emphasized, and in the water surface, they are pseudo-littoral (it is 0.0 ... -1.0 m), sub-littoral (it is -1.0 ... -5.0 m) and pseudo-abyssal (it is -5.0 ... -10.0) aquatic landscape levels. The high intensity of the denudation and the gravitational-migration processes is typical for the upper hypsometric level. Here, the high intensity of the gravitational processes is explained with the greatest slopes of the surface, the close attitude of the crystalline foundation or the limestone rocks and the low-powered layer of Quaternary deposits, the presence of the steep slopes of the river valleys and the gulch-balka network. The interaction between the aquatorial landscape levels occurs mainly through the wave-sorting processes on the shallow seabed and the coastal processes, as a result of which the most part of the terrigenous sediments enter the seabed. The interaction between the contrasting territorial and the aquatorial landscape formations is carried out across the coastline, where the migration of the sediments under the influence of the swash is intensive and it is characterized with the differentiated two-sided direction. At the same time, the stripes of the different-grained sediments are formed, which contribute to the formation of the bottom and the coastal biotopes with the development of the different properties of the ecosystems. *Key words:* land landscapes, aquatic-landscapes, landscape levels, gravitational interaction, bottom sediments, North-Western Pryazovia.

Постановка проблеми. Природне різноманіття географічного простору спричинює формування відповідного різноманіття його ландшафтної структури. Це супроводжується виникненням і розвитком екологічних зв'язків певних типів між її складниками. Найбільш чіткими є зв'язки між різними висотними ландшафтними рівнями, які проявляються під дією різноманітних сил і факторів – гравітаційних, градієнтних, інсоляційних, речовинно-енергетичних та інших. На морському дні такі зв'язки проявляються по-іншому, оскільки гравітаційний фактор тут поступається прибійній діяльності і сортувальному впливу води на донні відклади. Крім того, ландшафти та акваландшафти також пов'язані між собою зв'язками певних типів через лінію берега. Дослідженню різноманіття таких взаємодій у межах Українського Приазов'я та виявленню їх екологічних наслідків і присвячена ця стаття.

Актуальність дослідження. Актуальність пов'язана як з фундаментальною, так і прикладною важливістю дослідження екологічних зв'язків та їх екологічних наслідків у береговій зоні моря. Формування нового адміністративно-територіального устрою місцевих громад приморського розташування вимагає розробки системи комплексного управління береговими зонами морів з метою подальшого раціонального їх використання. Для високої ефективності впровадження системи необхідно врахувати максимальне різноманіття природних зв'язків. Невиявлені зв'язки збільшують непередбачуваність наслідків планувальної діяльності у береговій зоні моря. Першим кроком до виявлення різноманіття природних зв'язків є це дослідження.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. З прикладних позицій необхідність дослідження пов'язана з необхідністю розробки системи комплексного управління береговою зоною моря, ефективність функціонування якої залежить від повноти врахування цих зв'язків та їх видів. В умовах формування і становлення місцевих громад це питання набуває особливої актуальності для приморських територій України. З наукових позицій дослідження є фундаментальним і охоплює сфери географічних та екологічних досліджень, які раніше досліджувалися окремо, – суходіл та акваторію у межах берегової зони моря.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження суходільних ландшафтів у береговій смузі Приазов'я здійснювалося у різний час А.І. Ланьком, В.М. Пащенком, П.Г. Шищенком та іншими ландшафтознавцями. Берегова зона як прибійна смуга досліджувалася В.П. Зенковичем, А.А. Аксьоновим, Ю.П. Хрустальовим, В.А. Мамикіною, Ю.Д. Шуйським та іншими берегознавцями. Прибережні акваландшафти досліджувалися у різний час Д.Г. Пановим, В.П. Зенковичем, Ю.П.Хрустальовим,Є.Ф.Шнюковим,Л.О.Беспаловою, О.В. Івлієвою та ін.

Останні дослідження і публікації по Азовському морю та його акваландшафтним складникам пов'язані з діяльністю Південного наукового центру РАН у складі колективу авторів на чолі з академіком Г.Г. Матишовим. Упродовж 2000–2010 рр. вийшла низка монографій, присвячених абіотичним (рельєф дна, батиметрія, донні відклади та їх диференціація і т.д.) і біотичним (різні групи рослин і тварин) складникам ландшафтної структури Азовського моря.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується зазначена стаття. У дослідженні зроблена спроба об'єднати раніше різні сфери наукових ландшафтно-екологічних досліджень – суходолу та морської акваторії з береговою лінією через взаємодії між висотними рівнями (ярусами). Ці ландшафти досліджувалися навіть у різних класах ландшафтів. Незважаючи на це, вони між собою тісно взаємопов'язані різними типами зв'язків, які доцільно і необхідно досліджувати у їх цілісній сукупності. Результатом виявлених взаємозв'язків є екологічні наслідки, які суттєво впливають на стан і функціонування прибережної ландшафтної системи та її компонентів.

Новизна дослідження полягає в тому, що до цього ландшафтно-екологічні дослідження суходолу та морських акваторій здійснювалися окремо, навіть у різних категоріях ландшафтів. Тому і взаємозв'язки між ними виявлялися епізодично, несистемно. Натомість у цьому дослідженні зроблена спроба об'єднати суходільний і водний складники на прикладі гравітаційних зв'язків, виявити особливості їх взаємодії на основі дослідження висотних рівнів, а також виявити результат таких взаємодій.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічне значення цього дослідження полягає у цілісному розгляді ландшафтів та акваландшафтів берегової зони моря – смуги прибережного суходолу, смуги берега і прибережної акваторії через процеси їх взаємодії та взаємозв'язку. Загальнонаукове значення – у формуванні загального уявлення про берегову зону моря як цілісну геосистему, яка складається з ландшафтів та акваландшафтів.

Виклад основного матеріалу. Поняття парадинаміки та приморських взаємозв'язків між суходолом та акваторією нами вже неодноразово розглядалися на прикладі Приазовської парадинамічної ландшафтної системи [2]. Система таких взаємозв'язків надзвичайно широка і різноманітна – від прояву натуральних гравітаційних, біогенних, хемогенних, еолових до різноманітних антропогенних. Одним із найбільш стійких у просторі і часі видів взаємозв'язків є гравітаційні речовинно-енерго-інформаційні, зумовлені різницею висот рельєфу земної поверхні.

Цілісність ландшафтної системи Північно-Західного Приазов'я проявляється у взаємозв'язках між її рівнями, геоморфологічно представленими Приазовською височиною, Приазовською та Причорноморською (з Присиваською лиман-

но-морською) низовинами. Прямий вплив проявляється головним чином у фізичних гравітаційних речовинних та енергоінформаційних низхідних рухах. Зворотний вплив – переважно у переміщенні повітряних мас, міграції живих організмів.

Основою прямих (у такому разі гравітаційних) зв'язків є гравітаційні процеси видалення, переміщення та накопичення пухких відкладів з високих гіпсометричних рівнів на низькі із загальною результуючою із суходолу у бік морського дна. Вони відбуваються у межах схилів стрімкістю від 2º, за якої зростає складник прискорення сили тяжіння, необхідної для переміщення частинок вниз по схилу. Інтенсивність схилових процесів зростає зі збільшенням абсолютної висоти та стрімкості схилу, а також суттєво залежить від типу гірських порід та їх міцності, від щільності і типу рослинного покриву.

Найвища інтенсивність денудаційних і гравітаційно-міграційних процесів у визначених межах Північно-Західного Приазов'я [6] характерна для верхнього гіпсометричного рівня, представленого Приазовською височиною, верхньою частиною її схилу південної експозиції. Висотний рівень починається з висоти 170–180 м н.р.м. Висока інтенсивність гравітаційних процесів пояснюється найбільшою стрімкістю поверхні, близьким заляганням кристалічного фундаменту або вапнякових порід та малопотужним шаром четвертинних відкладів. Власне, гравітаційні процеси проявляються у межах стрімких схилів річкових долин, яружно-балкової мережі та денудаційних останців. Піщані та супіщані осипи властиві для стрімких схилів річкових долин, балок і ярів, осипи жорстви – для денудаційних схилів кристалічних останців, вапнякові розсипи – навколо виходів вапнякових порід. На морських берегах, складених піщано-глинистими відкладами, поширені зсуви.

Частіше в межах височин та їх схилів проявляється масове повільне переміщення (децерація) уламкового матеріалу та пухких відкладів, особливо у місцях близького залягання твердих гірських порід або щільних глин. У межах Приазовської височини термогенна і гідрогенна децерація проявляється у розривах дернового покриву та його поступовому сповзанню вниз по схилу. Результатом децерації є переривчасте сповзання окремих блоків поверхневого шару та формування мікросходинкового рельєфу (рис. 1).

На пологих та слабопохилих поверхнях височин і схилів на невкритих рослинністю сільськогосподарських полях у весняний період та на початку літа поширені делювіальні схили. У їх межах процеси змиву спричинені різким таненням снігу або зливовими опадами і проявляються у поверхневому змиві, перенесенні і відкладанні пухких відкладів густою мережею тонких, переплетених між собою струмків. Його результатом є знесення пухкого матеріалу з поверхні схилу та його перевідкладання у підніжжі у вигляді супіщаного делювію.

Рис. 1. Децерація (сповзання дернини) на правому схилі р. Молочна

На ділянках пологих схилів Приазовської височини розвивається площинний змив. Характерною його ознакою є формування безруслових, погано виражених у рельєфі улоговин стоку (деллі), які є перехідною ланкою від площинної ерозії до лінійної (рис. 2). Винесення матеріалу супроводжується формуванням у нижній частині шлейфів дрібнозему з найбільшою його потужністю у центрі і зменшенням до периферії. Зернистість шлейфу знижується від верхньої його частини до центральної та нижньої.

Середній гіпсометричний рівень (40–170 м. н.р.м) є перехідною смугою між Приазовською височиною, її схилами і берегом моря. Він представлений ділянками переважно Приазовської і частково Причорноморської низовин. Цей рівень характеризується хвилястою, полого нахиленою до моря поверхнею, яка обривається берегом моря. Зменшення стрімкості схилу у його верхній частині супроводжується уповільненням міграційних потоків. Середній гіпсометричний рівень виконує більшою мірою транзитну роль і лише у верхній частині схилу – акумуляційну для речовин, що надійшли з верхнього гіпсометричного рівня.

Нижній гіпсометричний рівень суходолу (0–40 м н.р.м) і тектонічні опускання характерні для Причорноморської низовини. Їх майже плоска поверхня зумовлює надзвичайно слабку інтенсивність процесів міграції твердих речовин. Тут зв'язок визначається інгресією морських азовських вод у низинні ділянки суходолу з утворенням лиманів та лагун. Результатом такої взаємодії є формування системи лиманів північно-західного узбережжя Азовського моря – Сивашика, Утлюцького, Молочного, Олександрівського, Тубальського. За рахунок цього відбувається розширення морської акваторії, посилюється мікрокліматичний вплив на прилеглий суходіл, а їх мілководність разом з високою біопродуктивністю кардинально змінює характер місцеіснувань водних та навколоводних видів живих організмів.

Рис. 2. Прояв площинної та лінійної ерозії на схилах Приазовської височини (фрагмент супутникового знімка)

Від'ємний гіпсометричний рівень представлений дном Азовського моря зі смугами псевдоліторалі, субліторалі та псевдоабісалі, які є зоною акумуляції відкладів різних типів. Взаємодія між ними відбувається головним чином через берегові абразійно-акумуляційні процеси, з якими на морське дно надходить більша частина теригенних відкладів. Значно меншою мірою взаємодія між рівнями відбувається через річковий стік, тверда складова частина якого значною мірою знизилася внаслідок антропогенного зарегулювання. У геологічному минулому річковий стік відігравав одну з ключових ролей, сформувавши алювіальну основу акумулятивних кіс [3].

Зворотний вплив пов'язаний з вітроциркуляційними бризовими процесами, згінно-нагінними явищами, міграцією живих організмів по руслах і долинах річок, прибійними процесами, засоленням ґрунтових вод, що пов'язано з коливанням рівня Азовського моря.

Взаємодії між ландшафтними рівнями акваторіального складника Приазов'я відбуваються переважно через міграцію донних відкладів. До процесу міграції залучаються смуги псевдоліторалі глибиною 0 м…-1,0 м, субліторалі глибиною 1,0…5,0 м, підводні банки та псевдоабісаль з глибинами 5,0…10,0 м. Псевдо- і субліторалі є транзитними смугами для надходження в акваторію з берега абіогенних відкладів (прямий зв'язок) та винесення з дна до берега біогенних (зворотний зв'язок) переважно представлених черепашками молюсків. Смуга субліторалі, розташована на більшій глибині за псевдоліторалі, характеризується накопиченням переважно дрібнозернистих пісків та крупного алевриту.

Рух частинок різних розмірів у протилежних напрямках під впливом хвилеприбійної діяльності є найбільш специфічним явищем серед взаємодій моря і суходолу у прибійній смузі. Цей факт для геоморфологічних наслідків взаємодії суходолу і моря відіграє вирішальне значення для формування унікальних рис прибережної смуги. Азовське море називають «морем молюсків» через його мілководність, високу температуру і динаміку вод у теплий період року та карбонатність річкового стоку, які створюють необхідні умови для високої молюскової біопродуктивності з домінуванням видів *Cerastoderma lamarcki, Hypanis colorata, Anadara inaequivalvis, Mya arenaria, Mytilus galloprovincialis, Solen marginatus*. У біомасі бентосу молюски займають домінантне положення. Їх скелетні залишки у вигляді черепашок, маючи порівняно великий об'єм, під час штормів поступово переміщуються з дна у бік суходолу і виносяться прибійним потоком на берег. Так формуються ділянки черепашкових пляжів та дистальні частини морських акумулятивних кіс [1]. Піщані абіогенні відклади рухаються у зворотному напрямку.

Водночас з поперечними у береговій смузі Азовського моря активно проявляються поздовжні, не менш контрастні, речовинно-енергетичні потоки, спрямовані уздовж лінії розподілу контрастних середовищ. Їх прояв, з одного боку, пов'язаний зі спільністю напрямів переважаючих вітрових та водного потоків уздовж берега, а з іншого – суттєво відрізняються у різних ділянках берегової смуги чергуванням та інтенсивністю ключових процесів – абразії та акумуляції. Завдяки особливостям природ-

них умов кожної ділянки сформувалася і динамічно функціонує складна система поздовжніх та поперечних течій. У результаті цього уздовж берегової лінії відбувається чергування відмінних за походженням та інтенсивністю провідного процесу ландшафтно-геоморфологічних утворень.

Взаємодії між підводними банками та псевдоабісаллю також представлені міграцією донних відкладів. При цьому прямі зв'язки представлені потоками мушель відмерлих молюсків, більшість колоній яких розвивається саме у межах підводних банок. Завдяки зворотним зв'язкам придонні муттєві потоки забезпечують колонії молюсків органічною речовиною, яка засвоюється в результаті фільтрації. Яруси суходолу та різнорівневі донні смуги взаємодіють між собою з проявом прямих, зворотних та двосторонніх зв'язків (рис. 3).

В основному відклади добре сортовані на мілководді, а зі збільшенням глибини та віддаленням від берега сортування погіршується із закономірним зменшенням медіанного діаметру часток від піщаних (1,0–0,1 мм у межах псевдоліторалі) до алевритових (0,1–0,01 мм у межах субліторалі) та пелітових (0,01–0,001 мм у псевдоабісалі). Відбувається закономірне формування смуг різнозернистих відкладів дна.

Смуга піщаних відкладів дна з вмістом піску понад 50% сформувалася вузьким шлейфом на глибинах до 6,0 м та на підводному береговому схилі акумулятивних кіс. Вона чітко виражена в межах Північно-Західного Приазов'я і пов'язана з інтенсивним хвилевим режимом. Піщано-черепашкові відклади смуги піщаних відкладів із середньо- та дрібнозернистим піском (фракція 1–0,1 мм > 70%) та значним вмістом черепашок концентруються переважно у прибережній смузі до глибини 5–6 м. Це пов'язано з переважанням доберегового перенесення мушель з морського дна та активною гідрогенною диференціацією.

Піски алевритово-мулисті (1–0,1 мм – 50–70%) поширені вузькою смугою уздовж узбережжя Арабатської стрілки, п-ова Бірючого, кіс Федотової та Обіточної з однойменними затоками. Положення смуги зумовлене переважанням відберегового перенесення теригенних піщанистих відкладів внаслідок інтенсивної гідрогенної диференціації.

Змішаний тип осадів (алевритово-мулисто-піщаний з вмістом кожної фракції 30–40%) найбільше поширений на дні Обіточної, Бердянської та Білосарайської заток, у підніжжях кіс та навколо донних пасом північної частини акваторії в межах глибин 7–9 м. Таке місцеположення та змішаний характер осадів пов'язані з поступовим затухан-

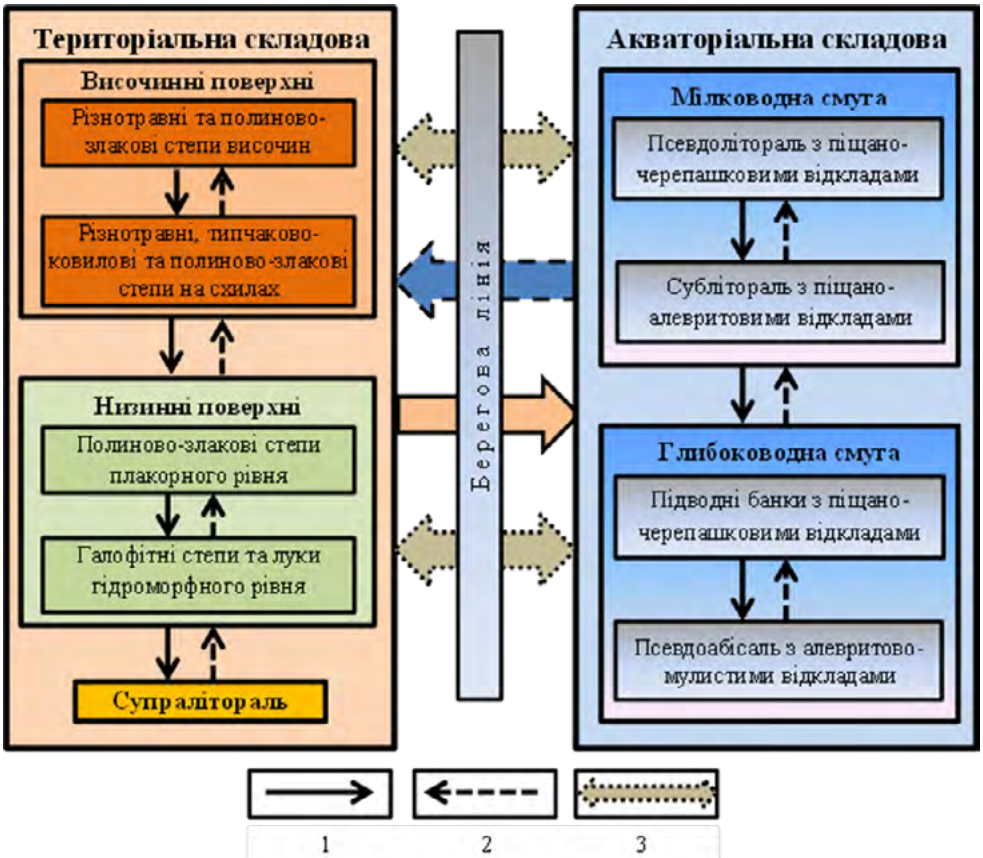


Рис. 3. Система парадинамічних зв'язків між ландшафтними рівнями акваторіальної і територіальної складових частин Північно-Західного Приазов'я. Зв'язки: 1 – прямі; 2 – зворотні; 3 – двосторонні

ням впливу хвилевих процесів на морське дно. Алевритові відклади (фракція 0,1–0,01 > 70%) поширені переривчастою смугою уздовж північного узбережжя від північної частини Арабатської стрілки переважно на глибинах 8–9 м. Вона характеризується домінуванням процесів гідрогенної диференціації над гравітаційним осадженням завислих речовин.

Мулисто-алевритові відклади приурочені до найглибших зон прибережної акваторії з ізобатами 9–10 м. Тут гідрогенна диференціація відкладів дна низька, але ще переважає над гравітаційним осадженням. Мулисті відклади з домішкою піщано-алевритової фракції поширені в зонах зі слабким рухом придонних шарів води та врівноваженням процесів гідрогенної диференціації та гравітаційного осадження (затоки, лимани). На морському дні з поширенням глинистих мулів (пеліти) гідрогенна диференціація проявляється слабо і переважає гравітаційне осадження відкладів з водної товщі.

Характерним явищем седиментогенезу Азовського моря є змішаний тип донних відкладів. Їх відмінна риса – суміш у близьких пропорціях (від 25% до 40%) фракцій мулу, алевриту і піску включно з детритом. Ареали донних відкладів змішаного типу тяжіють до підніжжя донних банок та до центральних понижень дна у великих затоках [5].

Посилення інтенсивності зв'язку суходолу з морською акваторією проявляється у збільшенні швидкості седиментогенезу: середня його швидкість упродовж новоазовського часу становить від 0,4–0,8 до 1,5–2,0 мм/рік з максимальними показниками 6 мм/рік поблизу високих берегових обривів і зон зсувів [4]. На південь від Бердянської затоки упродовж останніх 700 років швидкість накопичення осадів становила 1,5 мм/рік, а верхній 70-см шар сформувався упродовж XX ст. зі швидкістю 10 мм/рік [5].

Головним екологічним наслідком взаємодії висотних і глибинних рівнів є переміщення твердої речовини з верхніх на нижні гіпсометричні рівні. Тим самим відбувається поступове вирівнювання (нівелювання) земної поверхні – руйнування випуклих частин рельєфу та заповнення зруйнованим матеріалом западин рельєфу. Разом з цією речовиною відбувається міграція вниз по схилу енергії та інформації. В таких умовах сформувалися і функціонують автономні і підлеглі степові екосистеми, структура і функціонування яких враховують такі взаємодії. У межах акваландшафтів гравітаційне осідання і переміщення осадів поступається донній диференціації відкладів, що пояснюється мілководністю моря та високою інтенсивністю руху води. Наявність смуг різнозернистих відкладів сприяє формуванню специфічних донних та берегових біотопів, у межах яких розвиваються відмінні між собою екосистеми. Вони є динамічними у просторі і часі, цілком залежачи від напряму і сили вітрових хвиль.

Головні висновки. Тісний зв'язок між висотними ландшафтними рівнями суходолу та акваторії в межах Українського Приазов'я забезпечується гравітаційними потоками речовини, енергії та інформації. Однак такий зв'язок є переважно однобічним і спрямований з верхніх ландшафтних рівнів на нижні. Кінцевою ланкою міграції та накопичення є западини морського дна, де накопичуються переважно мулисті відклади.

Одним з перспективних напрямів використання результатів дослідження є визначення місць встановлення штучних рифів для нересту бичкових видів риб з урахуванням прибійної динаміки та седиментаційних процесів на дні.

Література

1. Воровка В.П. Ландшафтна унікальність акумулятивних кіс Приазовської парадинамічної ландшафтної системи (на прикладі Північно-Західного Приазов'я). *Вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.* Випуск 612–613. *Географія.* Чернівці, 2012. С. 17–21.
2. Воровка В.П. Приазовська парадинамічна ландшафтна система : дис. … докт. геогр. наук : 11.00.11. Київ, 2018. 415 с.
3. Зенкович В.П. Берега Черного и Азовского морей. Москва : Государственное издательство географич. лит-ры. 1958. 376 с.
4. Матишов Г.Г., Ковальова Г.В., Польшин В.В. Новые данные о скорости седиментации в Азовском море в позднем голоцене. *Доклады АН.* 2009. Т. 428. № 6. С. 820–823.
5. Экологический атлас Азовского моря / Гл. ред. акад. Г.Г. Матишов ; отв. ред. Н.И. Голубева, В.В. Сорокина. Ростов-на-Дону : Изд. ЮНЦ РАН, 2011. 328 с.
6. Vorovka V., Hryshko S. Determining the boundaries of the North-Western Pryazovia region as a coastal zone for further studying and managing it. *Czasopismo Geograficzne.* Tom LXXXVIII. Part 1–2, Warszawa, 2017. P. 21–31.

УДК 606:621.3+ 620.951/952+574.46
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.19

ВПЛИВ МІЖЕЛЕКТРОДНОЇ ВІДСТАНІ НА БІОЕЛЕКТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕЛЕКТРОБІОСИСТЕМ

Русин І.Б.[1], **Медведєв О.В.**[2], **Дячок В.В.**[1]
[1]Національний університет «Львівська політехніка»
вул. Степана Бандери, 12, 79013, м. Львів
rib7@i.ua;
[2]Філія «Науково-дослідний інститут автомобілебудування «Еталон»
вул. Городоцька, 174, 79022, м. Львів
mov2@ukr.net

Отримання біоелектрики за допомогою рослинно-мікробних електробіосистем є екологічним способом отримання відновлюваної енергії без нанесення шкоди довкіллю. Даний метод альтернативної енергетики передбачає збір біоелектрики за допомогою розташування електродів у зоні ризосфери рослин, де відбувається трансфер електронів та протонів на електроди за допомогою ризосферних мікроорганізмів. Електробіосистема являє собою пристрій, в якому поєднуються біологічні компоненти: рослини та ризосферні мікроорганізми та технологічні компоненти у вигляді електродів та електричного ланцюга. Як біологічні, так і технічні компоненти, такі як вид рослин, інтенсивність фотосинтезу, електродні матеріали, міжелектродна відстань, величина навантаження, мають велике значення для функціонування електробіосистем. У статті представлено дослідження впливу міжелектродної відстані на біоелектричний потенціал та силу струму біотопів ряски *Lemna minor L.* в лабораторних умовах із метою виявлення ефективних електродних схем. Було сконструйовано електробіосистеми з *L. minor*, отриманою із забруднених канав довкола м. Львова, із природним середовищем: забрудненою водою канав із додаванням свіжої води, в які були поміщені електроди, до яких короткочасово підключали резистори 500 Ом і 1000 Ом. Показано зростання показників біоелектрики зі скороченням відстані між електродами від 10 см до 1 см як за використання опорів, так і без застосування навантаження. Виявлений ефект позитивного впливу редукування міжелектродної відстані на силу струму та біоелектричний потенціал має велике значення для конструювання продуктивних електробіосистем із *L. minor.* Електробіосистеми з міжелектродною відстанню 1 см характеризувалися на 0,140–0,881 мА вищими показниками сили струму від електробіосистем із 10-сантіметровою міжелектродною відстанню залежно від навантаження. Виявлений ефект розкриває спосіб максимізації отримуваної біоелектрики під час конструювання електробіосистем. *Ключові слова:* відновлювана енергія, біоелектрика, електрод, електробіосистема, рослина.

Effect of interelectrode distance on bioelectric parameters of electro-biosystems. Rusyn I., Medvediev O., Diachok V.
Production of bioelectricity using plant-microbial electro-biosystems is an environmentally friendly way to obtain renewable energy without harming the environment. This method of alternative energy involves the collection of bioelectricity by placing electrodes in the area of the rhizosphere of plants, where electrons and protons transfer to the electrodes by rhizosphere microorganisms. Electro-biosystem is a device that combines biological components: plants and rhizosphere microorganisms and technological components: electrodes and electrical circuit. Both biological and technical components, such as plant species, intensity of photosynthesis, electrode materials, interelectrode distance, magnitude of load play a great role for the functioning of electro-biosystems. The article presents a study of the influence of interelectrode distance on the bioelectric potential and current of duckweed *Lemna minor* L. biotops in the laboratory in order to identify effective electrode schemes. To develop electro-biosystems with *L. minor*, duckweed were obtained from contaminated ditches around Lviv with the natural environment: water-contaminated ditches with the addition of fresh water, where electrodes were placed, to which 500 Ω m and 1000 Ω resistors were connected for a short period. The growth of bioelectricity parameters is shown with a decrease of the distance between the electrodes from 10 cm to 1 cm both when using resistors and without applying a load. The revealed effect of positive influence of interelectrode distance reduction on current and bioelectric potential is important for construction of productive electro-biosystems with *L. minor*. Electro-biosystems with an interelectrode distance of 1 cm were characterized by 0.140 - 0.881 mA higher current than electro-biosystems with a 10 cm interelectrode distance depending on the load. The effect of interelectrode distance reveals a way to maximize the obtained bioelectricity in the design of electro-biosystems. *Key words:* renewable energy, bioelectricity, electrode, electro-biosystem, plant.

Постановка проблеми. Розташування електродів в електробіотехнологіях отримання біолектрики з біотопу рослин є важливим фактором їхньої ефективної роботи [1–3]. Нині розроблено два основні типи розміщення електродів в електробіосистемі: пластинчаста та тубулярна. Пластинчаста конфігурація передбачає розташування катодів та анодів у вертикальних чи горизонтальних площинах у зоні коріння рослин [4]. За тубулярної конфігурації катоди та аноди розташовуються циліндрично один довкола одного у зоні ризодепозиту [5; 6].

Актуальність дослідження. Планарна архітектура дає змогу зменшити внутрішній опір електробіосистеми. Необхідним є створення умов для швидшого транспортування іонів до катодної сфери, щоб зменшити внутрішній опір, тим самим збільшити продуктивність системи [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ченг та ін. [8] показали, що, зменшуючи відстань між електродами в електробіосистемі, базованій лише на мікроорганізмах, можна збільшити її потужність. Даних про взаємозв'язок міжелектродної відстані

та отримуваної біоелектрики в електробіосистемах, базованих на рослинах та мікроорганізмах, обмаль, що і стало предметом даного дослідження. Ряска мала *Lemna minor L.* була вибрана як біологічний компонент модельних електробіосистем. Її приналежність до гідатофітів та властивість не прикріплюватися коренями до ґрунту дають змогу легко змінювати положення електродів довкола плаваючих коренів рослин. Дана рослина як компонент елекробіосистем є маловивченою, інший її вид представлений у небагаточисельних роботах [9].

Ряска *Lemna L.* належить до дрібних багаторічних, плавучих та занурених у воду рослин [10; 11]. Це один із найбільш поширених видів ряски в Україні, а також у всьому світі. Ряска мала зустрічається на всіх п'яти континентах, а також на океанічних островах [10–12]. Космополізм рослини та висока швидкість росту роблять її привабливим об'єктом вивчення для електробіотехнологій. Час подвоєння біомаси ряски становить лише 1.34–4.54 дні [13]. Природними біотопами *L. minor L.* є стоячі і забруднені органікою води. Ряска здатна швидко й ефективно очищувати забруднені водойми та метатенки від нітратів і фосфатів [14–16], що є додатковим плюсом як компонента електробіосистем.

Беручи до уваги важливість та маловивченість відстані між електродами і характеристики та фіторемедіаційний потенціал ряски із метою виявлення ефективних електродних схем для конструювання продуктивних електробіосистем, ми поставили перед собою завдання дослідити вплив міжелектродної відстані пластинчастої конфігурації електродної системи на біоелектричний потенціал та силу струму модельних біотопів *Lemna minor L* у лабораторних умовах.

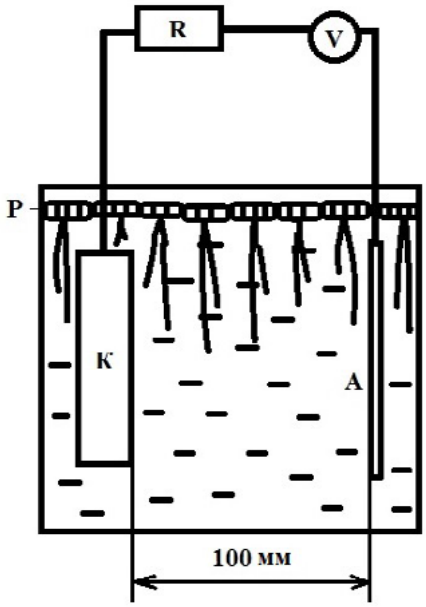


Рис. 1. Схема проведення експерименту вивчення впливу міжелектродної відстані 100 мм на біоелектричний потенціал популяції ряски, де R – резистор, V – вольтметр, P – рослина, K – катод, A – анод

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводилися в лабораторних умовах. Для модельних електробіосистем використовувалися пластикові контейнери діаметром 120 мм та висотою 120 мм, в які поміщалася ряска *L. minor L.*, отримана із забруднених канав довкола м. Львова, у кількості 60 листків/мл та забруднена вода канав із додаванням свіжої води як її середовище. Як електродні системи використовувалися моно-макросистеми з парою електродів [17] із такими розмірами: катоду 87 мм х 28 мм х 14 мм та аноду 78 мм х 36 мм х 1 мм. Електроди повністю занурювали у воду довкола коріння ряски на різну відстань від 100 мм до 10 мм (рис. 1).

Покази біоелектричного потенціалу реєстрували за допомогою цифрового мультиметра UT890C UNIT-T. Біоелектричний потенціал та силу струму фіксували з короткостроково під'єднаними резисторами 500 Ом і 1000 Ом та без резисторів: потенціал відкритого кола та струм короткого замикання. Густину ряски обчислювали шляхом прямого підрахунку кількості листків в 1 мл середовища. Наведені в роботі результати представлені як середнє значення для всіх повторюваних експериментів та їхні стандартні похибки (x ± SE). Статистичну оцінку істотності різниці між середніми значеннями обчислено за допомогою F-тесту для 95%-го рівня достовірності.

Предметом досліджень були динамічні та залежні від міжелектродної відстані та густини популяції ряски коливання біоелектричного потенціалу та сили струму рослинно-мікробних асоціацій модельних електробіосистем.

Змінюючи міжелектродну відстань між катодом і анодом від 10 см до 1 см у рослинно-мікробних електробіосистемах, було виявлено зростання сили струму короткого замикання зі зменшенням цієї відстані, що представлено в табл. 1. Зі скороченням відстані між катодом та анодом на кожний 1 см реєстрована сила струму зростає у середньому на 0,098 мА.

Таблиця 1

Вплив міжелектродної відстані на силу струму короткого замикання модельної електробіосистеми з ряскою (x + SE, n=10)

Міжелектродна відстань, см	Струм короткого замикання, мА
10	2,081±0,033
9	2,175±0,065
8	2,284±0,079
7	2,325±0,102
6	2,430±0,085
5	2,524±0,072
4	2,610±0,061
3	2,716±0,074
2	2,801±0,065
1	2,962±0,077

Ефект позитивного впливу редукування міжелектродної відстані на силу струму та біоелектричний потенціал проявлявся також за короткочасового підключення резисторів 500 Ом та 1000 Ом. Як видно з рис. 2, за підключення резистора 500 Ом за відстані 1 см між катодом і анодом можна було зареєструвати вищу силу струму, ніж коли відстань між ними становила 10 см. Подібно зростав біоелектричний потенціал за зменшення міжелектродної відстані за навантаження 500 Ом (рис. 3) та 1000 Ом (рис. 4). Біоелектричний потенціал зростав на 0,089 В за скорочення міжелектродної відстані з 10 см до 5 см та на 0,092 В зі зменшенням відстані з 5 см до 1 см за короткочасового підключення резистора 500 Ом. Під час застосування резистора 1000 Ом ця різниця була менш вираженою: біолектричний потенціал зростав на 0,012 В та 0,010 В (рис. 4).

Очевидно, зменшення відстані між електродами створює оптимальні умови для більш повного та швидшого транспорту електронів до аноду та протонів до катоду. Менша міжелектродна відстань знижує контакти з мікроорганізмами – конкурентами електронів та протонів. Ще однією причиною виявленого ефекту може бути взаємозв'язок опору та струму. Зменшення відстані між електродами призводить до зменшення внутрішнього опору, результатом якого є збільшення сили струму. Як зазначено в роботах [19; 20], відстань між електродами в мікробних електробіосистемах повинна бути якомога ближчою, щоб подолати втрати біоелектрики. У дослідженнях із мікробними електробіосистемами [21] було показано, що електробіосистеми з електродами, розміщеними на відстані 10 см, показують вищі показники біоелектрики, ніж ті, що розміщені на відстані 12 та 15 см. Оскільки принцип роботи як мікробних, так і мікробно-рослинних електробіосистем є спільним, як показують наші результати, даний принцип та схема є ефективними і для рослинно-мікробних електробіосистем.

Під час застосування резисторів отримувана сила струму знижується та біоелектричний потенціал дещо зростає. За низьких опорів у ланцюгу електробіосистеми існує інтенсивніший потік електронів порівняно з більш високими опорами, більш активно відбувається субстратний метаболізм, коли мікроорганізми віддають електрони на анод [21]. Електрони володіють швидшою міграцією за менших опорів, аніж за більш високих опорів, і це, своєю чергою, збільшує окислення на аноді [21]. Вироблення струму зменшується, а напруга незначно збільшується в міру збільшення опору [21; 22].

Рослинно-мікробна електробіосистема генерує біоелектричну енергію завдяки мікробному окисленню органічних продуктів як рослинного походження, так і складників субстрату, яку можна

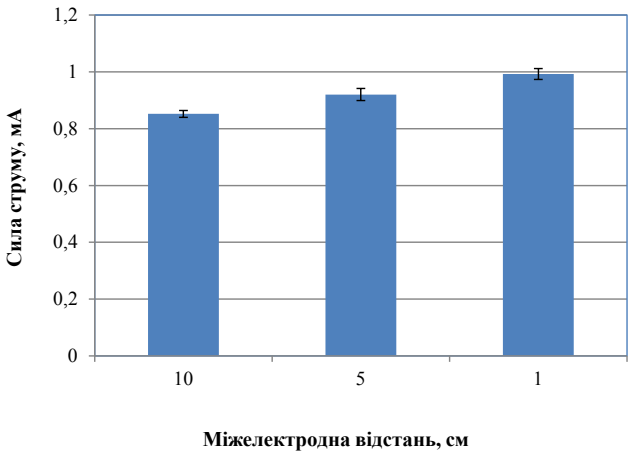


Рис. 2. Вплив міжелектродної відстані на силу струму електробіосистеми з L. minor за короткотривалого навантаження 500 Ом (x ± SE, n = 5)

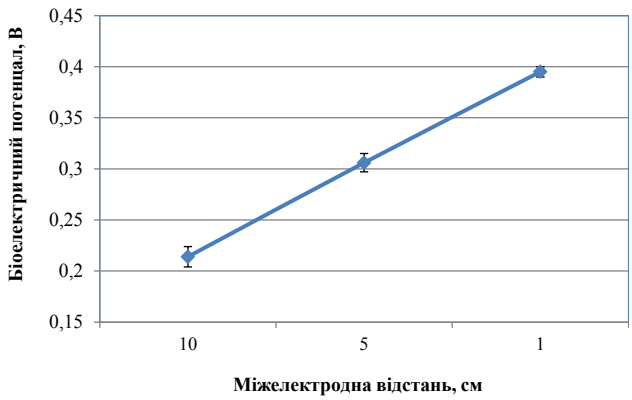


Рис. 3. Вплив міжелектродної відстані на біоелектричний потенціал електробіосистеми з L. minor за короткотривалого навантаження 500 Ом (x ± SE, n = 5)

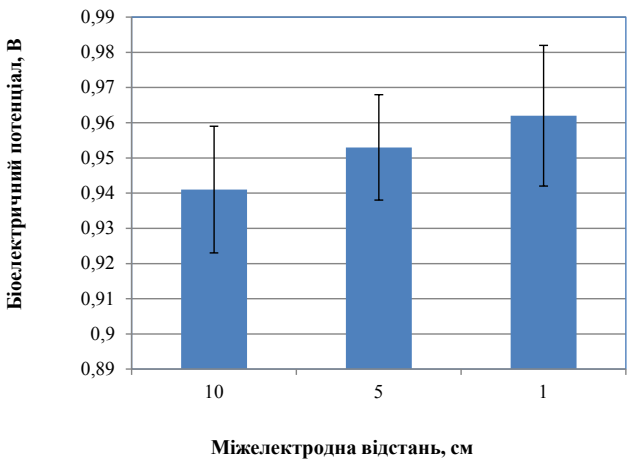


Рис. 4. Вплив міжелектродної відстані на біоелектричний потенціал електробіосистеми з L. minor за короткотривалого навантаження 1000 Ом (x ± SE, n = 5)

зібрати завдяки електродам. Електробіосистему можна розглянути як гібридний біоелектрохімічний пристрій [21], тому як міжелектродна відстань, так і величина навантаження мають велике значення для його функціонування.

Головні висновки. Для конструювання продуктивних електробіосистем з *L. minor* ефективними є електродні системи з міжелектродною відстанню 1 см та навантаженням 500 і 1000 Ом. Зі скороченням міжелектродної відстані зростають отримувані біоелектричні параметри модельних електробіосистем у лабораторних умовах. Ефект позитивного впливу редукування міжелектродної відстані на силу струму та біоелектричний потенціал проявлявся як за короткочасового підключення резисторів 500 Ом та 1000 Ом, так і без застосування навантаження.

Література

1. Kalathil S., Patil S.A., Pant D. Microbial Fuel Cells: Electrode materials/ K. Wandelt, P. Vadgama . Encyclopedia of Interfacial Chemistry: Surface science and Electrochemistry. Amsterdam : Elsevier, 2017. 5560 p. DOI: 10.1016/B978-0-12-409547-2.13459-6.
2. Nitisoravut R., Regmi R. Plant microbial fuel cells: A promising biosystems engineering. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 76. P. 81–89. DOI: 10.1016/j.rser.2017.03.064.
3. Kabutey F.T., Zhao Q., Wei L., Ding J., Antwi P., Quashie F.K., Wang W. An overview of plant microbial fuel cells (PMFCs): Configurations and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. Vol. 110 (C). P. 402–414. DOI: 10.1016/j.rser.2019.05.016.
4. Helder M., Strik D.P.B.T.B., Hamelers H.V.M., Buisman C.J.N. The flat-plate plant microbial fuel cell: The effect of a new design on internal resistances. *Biotechnology for Biofuels*. 2012. Vol. 5. 70. DOI: 10.1186/1754-6834-5-70.
5. Timmers R.A., Strik D.P., Hamelers H.V., Buisman C.J. Electricity generation by a novel design tubular plant microbial fuel cell. *Biomass & Bioenergy.* 2013. Vol. 51. P. 60–67. DOI: 10.1016/j.biombioe.2013.01.002.
6. Wetser, K., Dieleman, K., Buisman, C., & Strik, D.P.B.T.B. Electricity from wetlands: Tubular plant microbial fuels with silicone gas-diffusion biocathodes. *Applied Energy*. 2017. Vol. 185. P. 642–649. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.10.122.
7. Sleutels T.H.J.A., Hamelers H.V.M., Rozendal R.A., Buisman C.J.N. Ion transport resistance in microbial electrolysis cells with anion and cation exchange membranes. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2009. Vol. 34. P. 3612–3620. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2009.03.004.
8. Cheng S., Liu H., Logan B.E. Increased power generation in a continuous flow MFC with advective flow through the porous anode and reduced electrode spacing. *Environmental Science & Technology*. 2006. Vol. 40. P. 2426–2432. DOI: 10.1021/es051652w.
9. Hubenova Y., Mitov M. Conversion of solar energy into electricity by using duckweed in direct photosynthetic plant fuel cell. *Bioelectrochemistry.* 2012. Vol. 87. P. 185–191. DOI: 10.1016/j.bioelechem.2012.02.008.
10. Landolt E. *The family of Lemnaceae.* A monograph study / *Biosystematic investigation on the family of duckweeds.* Zurich: Geobotanischen Institute, 1986. P. 566.
11. *Lemna minor* L. – ряска маленькая / И.А. Губанов и др. *Иллюстрированный определитель растений Средней России* : в 3-х т. Москва : Т-во науч. изд. КМК, Институт технологических исследований, 2002. Т. 1. С. 409.
12. Ceschin S., Abati S., Ellwood N.T.W., Zuccarello V. Riding invasion waves: spatial and temporal patterns of the invasive *Lemna minuta* from its arrival to its spread across Europe. *Aquatic Botany*. 2018. Vol. 150. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.aquabot.2018.06.002.
13. Ziegler P., Adelmann K., Zimmer S., Schmidt C., Appenroth K.J. Relative in vitro growth rates of duckweeds (Lemnaceae) – the most rapidly growing higher plants. *Plant Biol*. 2014. Vol. 17. P. 33–41. DOI: 10.1111/plb.12184.
14. Cheng J., Landesman L., Bergmann B.A., Classen J.J., Howard J.W., Yamamoto Y.T. Nutrient removal from swine lagoon liquid by *Lemna minor* 8627. *Trans ASAE*. 2002. Vol. 45. P. 1003–1010.
15. Iqbal J., Javed A., Baig M.A. Growth and nutrient removal efficiency of duckweed (lemna minor) from synthetic and dumpsite leachate under artificial and natural conditions. *PLoS One*. 2019. Vol. 14. № 8. e0221755. DOI: 10.1371/journal.pone.0221755.
16. Ceschin S., Crescenzi M., Iannelli M.A. Phytoremediation potential of the duckweeds *Lemna minuta* and *Lemna minor* to remove nutrients from treated waters. *Environmental Science and Pollution Research.* 2020. Vol. 27. P. 15806–15814. DOI: 10.1007/s11356-020-08045-3.
17. Русин І.Б., Медведєв О.В. Спосіб отримання біологічної електрики з глибинних шарів ґрунту: пат. 112093 Україна: МПК 2016.01, H05F 7/00, H01M 8/16; заявл. 9.03.2016; опубл. 12.12.2016. Бюл. № 23. 5 с.
18. Strik D.P.B.T.B., Hamelers H.V.M., Snel J.F.H., Buisman C.J. *International Journal of Energy Research*. 2008. Vol. 32. № 9. P. 870–876. DOI: 10.1002/er.1397.
19. Jang J.K., Pham T.H., Chang I.S., Kang K.H., Moon H., Cho K.S., Kim B.H. Construction and operation of a novel mediator- and membrane-less microbial fuel cell. *Process Biochemistry.* 2004. Vol. 39. P. 1007–1012.
20. Hadagali A., Shalini R., Pratima B. Comparative studies on electrodes for the construction of microbial fuel cell. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2012. Vol. 3. № 4. P. 785–789.
21. Sangeetha T., Muthukumar M. Influence of electrode material and electrode distance on bioelectricity production from sago-processing wastewater using microbial fuel cell. *Environmental Progress & Sustainable Energy.* 2013. Vol. 32, № 2. P. 390–395. DOI: 10.1002/ep.11603
22. Venkata Mohan S., Saravanan R., Veer Raghavulu S., Mohanakrishna G., Sarma P.N. Bioelectricity production from wastewater treatment in dual chambered microbial fuel cell (MFC) using selectively enriched microflora: Effect of catholyte. *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99. P. 596–603. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.12.026.

УДК 532.5.011:552.526.7
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.20

ОЦІНКА ТРИВАЛОСТІ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ РІДИНИ ЗІ СХОВИЩА ЗА НАЯВНОСТІ БІОТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НАВКРУГИ ЙОГО ПЕРИМЕТРУ

Семененко Є.В., Тепла Т.Д.
Інститут геотехнічної механіки імені М.С. Полякова
Національної академії наук України
вул. Сімферопольська, 2А, 49005, м. Дніпро
evs_igtm@i.ua, tanialitan9@gmail.com

Для перспективного методу осушення ставів накопичення шахтних вод та сховищ відходів вуглезбагачення шляхом застосування біотехнологій, які забезпечують транспірацію, тобто переведення вологи з ґрунту їхніх берегів до атмосферного повітря, розроблено математичну модель процесу фільтрації за умов розташування зелених насаджень на берегах. Розроблена математична модель базується на сумісному розгляді рівнянь фільтрації рідини зі сховища відходів вуглезбагачення з рівнянням балансу об'єму рідини у сховищі. У межах цієї моделі було розглянуто процес зміни осушення ставу накопичення шахтних вод або сховища відходів вуглезбагачення, які виведені з експлуатації, за умов відсутності таких факторів, як надходження рідини з атмосферними осадами, надходження рідини з відходів вуглезбагачення та втрати рідини в процесі випаровування під дією сонця. Це дало змогу оцінити з різним ступенем точності тривалість процесу фільтрації рідини зі ставу або сховища виходячи виключно з початкового рівня рідини, фільтраційних властивостей ґрунту та транспіраційних якостей біотехногенного навантаження. Установлено, що тривалість процесу фільтрації рідини зі ставу або сховища обернено пропорційно залежить від початкового рівня рідини в ньому та транспіраційної здатності біотехногенного навантаження й є прямо пропорційною його радіусу та коефіцієнту фільтрації ґрунту його берегів. Така оцінка тривалості процесу фільтрації дає змогу розробити методику обґрунтування всмоктувальної потужності зелених насаджень, що забезпечують поліпшення екологічного стану навколишнього середовища ставів накопичення та сховищ відходів вуглезбагачення з урахуванням сезонності застосування біотехнологій, оскільки зелені рослини спроможні здійснювати транспірацію лише в обмежений період року, який відповідає певним температурам повітря. *Ключові слова:* транспірація, зелені насадження, коефіцієнт транспірації, процес фільтрації.

Estimation of the duration of the process of filtration of liquid from the storage in the presence of biotechnogenic loading around its perimeter. Semenenko Ye., Tepla T.

A mathematical model of the filtration process under the conditions of trees and shrubs planted on the banks has been developed for a promising method of drainage of mine ponds and storages of coal separating wastes by using biotechnologies that provide transpiration, i.e. transfer of moisture from the soil to atmospheric air. The developed mathematical model is based on the joint consideration of the equations of liquid filtration from the storage of coal separating waste with the equation of the balance of the volume of liquid in the storage. Within the framework of this model the process of changing the drainage of mine water accumulation pond or of decommissioned storage of coal wastes was considered in the absence of such factors as liquid inflow with atmospheric precipitation and with coal separating waste as well as liquid loss during evaporation under the sun. This allowed us to estimate with varying degrees of accuracy the duration of the process of filtration of liquid from the pond or storage exclusively in terms of the initial liquid level, the filtration properties of the soil and the transpiration qualities of biotechnogenic load. It is established that the duration of the process of liquid filtration from a pond or storage is inversely proportional to the initial level of liquid in it and the transpiration capacity of biotechnogenic load and it is directly proportional to its radius and soil filtration coefficient of its banks. This assessment of the duration of the filtration process allows developing a method of substantiation of the suction capacity of green areas improving the environmental condition around accumulation ponds and storages of coal separating waste taking into account the seasonality of biotechnology as green plantings are capable to realize transpiration during limited period of the year corresponding to certain air temperatures. *Key words:* transpiration, green plantings, transpiration coefficient, filtration process.

Постановка проблеми. Однією з найбільших екологічних проблеми навколишнього середовища гірничих підприємств Дніпровського регіону є стави накопичення шахтних вод та сховища відходів вуглезбагачення (СВВ). Ці гідротехнічні об'єкти, як ті, що діють, так і ті, що виведені з експлуатації, характеризуються накопиченням великого обсягу технічної води, що забруднена органічними сполуками, які мають підвищену кислотність та великий уміст солей. СВВ, що виведені з експлуатації, потребують осушення та подальшої рекультивації, а СВВ, як діють, потребують вивільнення місця для складування нових обсягів рідини. Використання такої забрудненої води в народному господарстві неможливе без упровадження спеціальних висококоштовних методів очищення, тому найбільш перспективним шляхом є застосування біотехнологій, які забезпечують транспірацію, тобто переведення вологи з ґрунтів до атмосферного повітря. Однією з особливостей біотехнологій є сезонність їх застосування, оскільки зелені рослини спроможні здійснювати транспірацію тільки в обмежений період року, який відповідає певним температурам повітря. Саме тому для вдалого застосування таких тех-

нології потрібно оцінка тривалості процесу фільтрації рідини зі сховища залежно від початкового рівня рідини у СВВ, фільтраційних властивостей ґрунту та транспіраційних якостей біотехногенного навантаження.

Виклад основного матеріалу. Для тривалості процесу фільтрації рідини зі сховища залежно від початкового рівня рідини в СВВ під дією вище зазначених факторів була розроблена математична модель, що базується на сумісному розгляді рівнянь фільтрації рідини зі СВВ із рівнянням балансу об'єму рідини в сховищі, яке враховує надходження рідини з атмосферними осадами, надходження рідини з відходи вуглезбагачення (ВВ), втрати рідини в процесі випаровування під дією сонця. Розглянемо процес за умов відсутності інших чинників, тобто тільки за при наявності фільтрації та транспірації зеленими насадженнями, що існують в навколишньому середовищі СВВ, у цьому разі диференціальне рівняння для визначення рівня рідини в сховищі матиме вигляд:

$$-\pi R^2 \frac{dH_W}{dt} = Q\,, \qquad (1)$$

де R – радіус СВВ;

H_W – рівень наповнення СВВ;

t – час;

Q – витрата рідини крізь бокову поверхню СВВ.

Процес фільтрації розглядатимемо у двох зонах, на які поділено ґрунтовий масив (рис. 1). Перша зона розташована нижче рівня дна СВВ, там, де стоки, що моделюють вплив рослин, відсутні, а друга зона розташована вище рівня дна СВВ в об'ємі ґрунтового масиву й характеризується рівномірно розподіленими стоками однакової інтенсивності, які забирають рідину. Передбачаємо, що зелені насадження розподілені по навколишньому середовищу СВВ рівномірно, параметри транспірації та процесу всмоктування їхніх кореневих систем із часом не змінюються. Також уважається, що параметри кореневих систем зелених насаджень не залежать від відстані, яка відкладається від умовного центра сховища відходів вуглезбагачення.

Витрата рідини крізь бокову поверхню СВВ дорівнює

$$Q = 2\pi \frac{R}{H}\left(h_2 - h_1\right)_R \int_{h_1}^{h_2} v\big|_R dz\,, \qquad (2)$$

де H – глибина СВВ;

z – вертикальна вісь координат;

h_1 – границя між першою та другою зонами, визначається як відстань від водонепроникної поверхні до рівня дна СВВ;

h_2 – верхня границя другої зони, визначається як відстань від рівня дна СВВ до границі розподілу «повітря – рідина» в ґрунтовому масиві;

$v\big|_R$ – швидкість рідини в порах у горизонтальному напрямку крізь бокову поверхню СВВ.

Результати досліджень фільтраційних процесів у відкритих водоймах дають змогу визначити різницю між границями на боковій поверхні СВВ через поверхневі якості рідини та характеристики порового простору ґрунтового масиву [1–10]:

$$\left(h_2 - h_1\right)_R = H_W + h_p\,,\; h_p = \frac{2\sigma}{\rho g r_P}\,, \qquad (3)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини;

ρ – густина рідини;

r_P – ефективний радіус пор ґрунтового масиву;

h_P – висота підняття рідини в порах ґрунтового масиву.

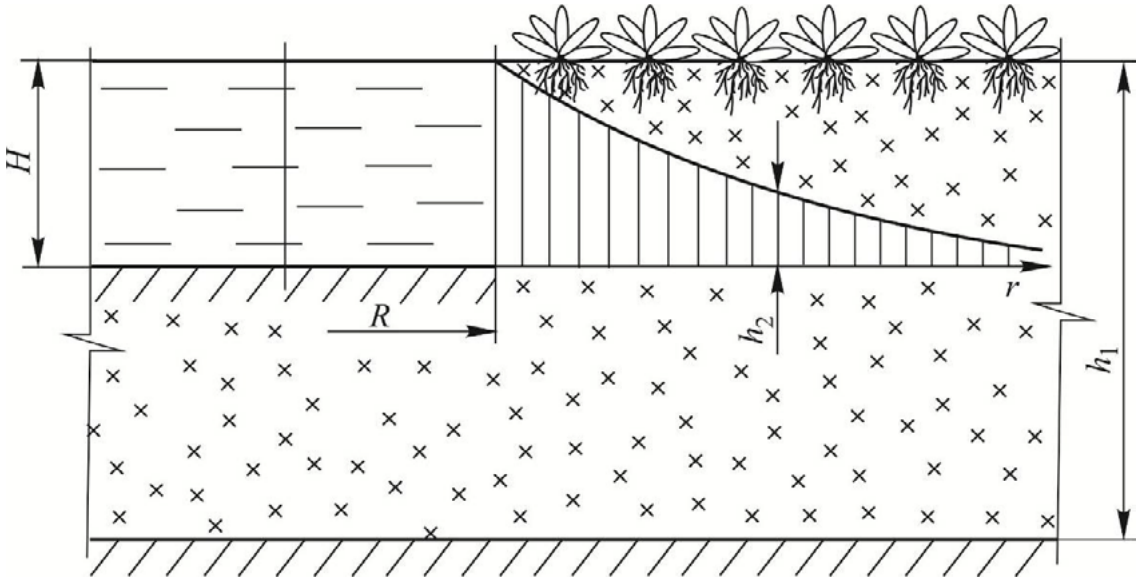


Рис. 1. Схема процесу фільтрації рідини зі сховища за наявності біотехногенного навантаження навкруги периметру

Сумісний розгляд формул (1–3) дає змогу отримати рівняння для визначення рівня рідини у СВВ за наявності фільтрації крізь бокову поверхню сховища з розташованими по навколишньому середовищу зеленими насадженнями:

$$-\frac{dH_W}{dt}=\frac{2}{HR}\left(H_W+h_p\right)\int_{h_1}^{h_2} v\big|_R dz\,. \qquad (4)$$

Під час побудови математичної моделі передбачається, що кореневі системи зелених насаджень досягають рівня дна СВВ або верхнього рівня капілярного підйому рідини з його дна. При цьому пористий висококонцентрований шар відкладень на дні СВВ у вигляді твердих частинок не враховується. Як дно розглядається поверхня, через яку не має фільтрації рідини. Ця вимога є умовою існування процесу осушення СВВ за допомогою зелених насаджень, що існують у його навколишньому середовищі, а саме на березі. Математична модель, що описує рівень води у СВВ з урахуванням всмоктувальної потужності зелених насаджень, що існують у його навколишньому середовищі, базується на рівняннях плоского процесу фільтрації ідеальної важкої рідини з урахуванням закону Дарсі та неоднорідного рівняння нерозривності, яке враховує існування стоків рідини у вигляді коефіцієнту транспірації рослин:

$$\frac{\partial p}{\partial z}+\rho g+k\rho u=0,\ \frac{\partial p}{\partial r}+k\rho v=0,\ \frac{\partial ru}{\partial z}+\frac{\partial rv}{\partial r}=-r\delta\,, \qquad (5)$$

де r – поточний радіус;

ρ – тиск рідини;

u – швидкість рідини в порах у вертикальному напрямку;

v – швидкість рідини в порах у горизонтальному напрямку;

k – коефіцієнт опору;

δ – коефіцієнт транспірації, що характеризує об'ємне споживання рідини рослинами в межах існування їхніх кореневих систем.

Рівняння (5) нескладно перетворити на одне рівняння, яке після введення безрозмірних змінних має вигляд:

$$\frac{\partial^2(\eta p)}{\partial\varsigma^2}+\left(\frac{H}{R}\right)^2\frac{\partial}{\partial\eta}\left(\eta\frac{\partial p}{\partial\eta}\right)=\eta k\rho\delta H^2,\ \varsigma=\frac{z}{H},\ \eta=\frac{r}{R}, \qquad (6)$$

де ς – безрозмірна вертикальна координата;

η – безрозмірний поточний радіус.

Рівняння (6) описують вісесиметричний процес фільтрації ідеальної нестисливої рідини в пористому однорідному масиві, що не деформується, крізь бокову поверхню СВВ, у якого верхня основа співпадає з поверхнею ґрунтового масиву, а нижня основа знаходиться в ґрунтовому масиві вище, ніж водонепроникний горизонт (рис. 1). Приймаючи до уваги, що для більшості СВВ виконується умова

$$\frac{H}{R}<1, \qquad (7)$$

та використовуючи асимптотичний підхід, для кожної з областей отримаємо в першому приближенні рівняння:

$$\frac{\partial^2 p_1}{\partial\varsigma^2}=0,\ \frac{\partial^2 p_2}{\partial\varsigma^2}=k\rho\delta H^2\,, \qquad (8)$$

де p_1 – тиск рідини в першій зоні;

p_2 – тиск рідини в другій зоні.

За відповідності констант інтегрування граничним умовам загальні розв'язання для рівнянь (8) мають вигляд:

$$p_1=p_0+\rho gH\left(\overline{h_2}-\varsigma\right), \qquad (9)$$

$$p_2=p_0+\rho gH\left[\overline{h_2}-\left(1+\frac{k\delta H}{g}\overline{h_1}\right)\varsigma\right]+\frac{1}{2}k\rho\delta H^2\left(\varsigma^2+\overline{h_1}^2\right), \qquad (10)$$

$$p_0=p_A-2\frac{\sigma}{r_P}-\frac{k}{2}\rho\delta H^2\left(\overline{h_2}-\overline{h_1}\right)^2,\ \overline{h_1}=\frac{h_1}{H},\ \overline{h_2}=\frac{h_2}{H}, \qquad (11)$$

де p_A – атмосферний тиск;

$\overline{h}_1$ – безрозмірна границя між першою та другою зонами;

$\overline{h}_2$ – безрозмірна верхня границя другої зони.

Розглянувши разом рівняння (5) та (11), отримаємо формули для визначення швидкостей рідини в ґрунтовому масиві:

$$u=-\delta H\left(\varsigma-\overline{h_1}\right),\quad v=-\frac{H}{kR}\left[g-k\delta H\left(\overline{h_2}-\overline{h_1}\right)\right]\frac{dh_2}{d\eta}. \qquad (12)$$

Для визначення залежності безрозмірної верхньої границі другої зони від радіуса використовуємо кінематичне співвідношення, що пов'язує швидкості рідини на відповідній межі:

$$u\big|_{h2}=\frac{1}{R}\frac{d\overline{h_2}}{d\eta}v\big|_{h2},\quad u\big|_{h2}=-\delta H\left(\overline{h_2}-\overline{h_1}\right), \qquad (13)$$

$$v\big|_{h2}=-\frac{H}{kR}\left[g-k\delta H\left(\overline{h_2}-\overline{h_1}\right)\right]\frac{d\overline{h_2}}{d\eta}, \qquad (14)$$

де $u\big|_{h2}$ – швидкість рідини в порах у вертикальному напрямку на верхній границі другої зони;

$v\big|_{h2}$ – швидкість рідини в порах у горизонтальному напрямку на верхній границі другої зони.

Розглянувши разом рівняння (13)–(14), отримаємо формули для визначення швидкості зміни безрозмірної верхньої границі другої зони по радіусу

$$\frac{dh_2}{d\eta}=-R\sqrt{\frac{\frac{k\delta}{g}\left(h_2-h_1\right)}{1-\frac{k\delta}{g}\left(h_2-h_1\right)}}\,. \qquad (15)$$

Розглядаючи сумісно (2), (14) та (15), отримаємо залежність для визначення витрати рідини крізь бокову поверхню СВВ:

$$Q=\frac{2g^2}{k^2R\delta}\left[\frac{k\delta}{g}\left(H_W+h_p\right)\right]^{\frac{3}{2}}\sqrt{1-\frac{k\delta}{g}\left(H_W+h_p\right)}, \qquad (16)$$

під час використання якого рівняння (1) після знехтування членами другого порядку приводиться до вигляду:

$$\frac{dH_W}{dt}=-\frac{2}{R}\sqrt{\frac{\delta g}{k}\left(H_W+h_p\right)^3}\,. \qquad (17)$$

Коли площа СВВ не залежить від глибини її наповнення, розв'язання диференціаль-ного рівняння (17) може бути отримане в квадратурах.

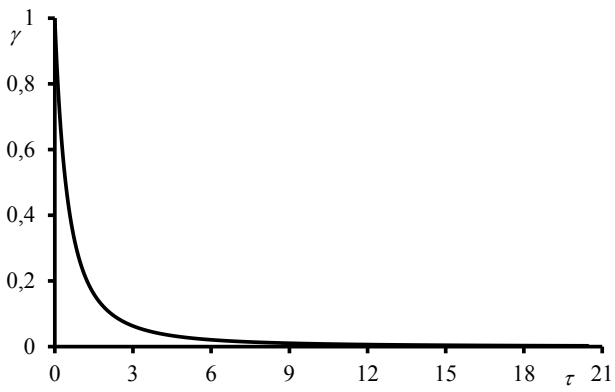


Рис. 2. Універсальна залежність відносного рівня наповнення СВВ від безрозмірного часу

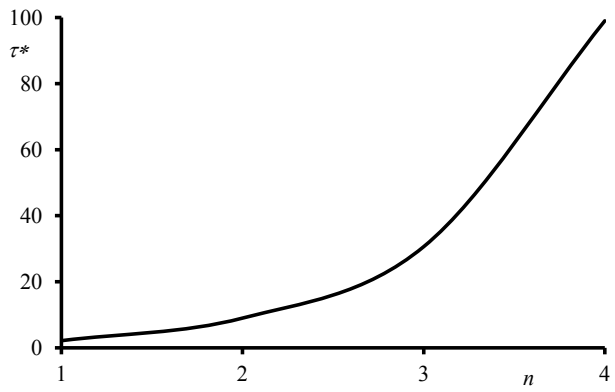


Рис. 3. Залежність безрозмірної тривалості процесу фільтрації рідини зі сховища від ступеня точності розрахунку

В іншому разі можливість отримання розв'язання цього диференціального рівняння в квадратурах залежить від виду профілю берегів СВВ. Рівняння (17) є диференціальним рівнянням першого порядку з розділеними змінними, розв'язання якого з неоднорідними вихідними умовами

$$H_W(t=0)=H_{W0}, \qquad (18)$$

має вигляд:

$$H_W=\frac{H_{W0}+h_p}{\left(1+\sqrt{\frac{\delta g}{k}\left(H_{W0}+h_p\right)}\frac{t}{R}\right)^2}-h_p, \qquad (19)$$

де H_{W0} – вихідне значення рівня наповнення СВВ.

У разі коли поверхневими ефектами можна знехтувати, формула (19) спрощується та приймає вигляд:

$$H_W=\frac{H_{W0}}{\left(1+\sqrt{\frac{\delta g}{k}H_{W0}}\frac{t}{R}\right)^2}. \qquad (20)$$

Залежності (19) і (20) можна узагальнити в такому вигляді (рис. 2):

$$\gamma=\frac{1}{(1+\tau)^2},\tau=\sqrt{\frac{\delta g}{k}\left(H_{W0}+h_p\right)}\frac{t}{R},\ \gamma=\frac{H_W+h_p}{H_{W0}+h_p}. \qquad (21)$$

Залежність (21) дає змогу оцінити тривалість процесу фільтрації рідини зі сховища з різним ступенем точності розрахунку (рис. 3):

$$\tau_* \geq 10^{\frac{n}{2}}-1, \qquad (22)$$

де $\tau*$– безрозмірна тривалість процесу фільтрації рідини зі сховища, після якої $\gamma(\tau=\tau_n)\leq 10^{-n}$;

n – ступінь точності розрахунку.

На підставі рис. 3 можна запропонувати формулу для розрахунку тривалості процесу фільтрації рідини зі сховища з інженерною точністю:

$$t_*=\frac{15R}{\sqrt{H_{W0}+h_p}}\sqrt{\frac{k}{\delta g}}, \qquad (23)$$

де $t*$ – тривалість процесу фільтрації рідини зі сховища з інженерною точністю.

Із формули (23) видно, що тривалість процесу фільтрації рідини зі сховища обернено пропорційно залежить від початкового рівня рідини у СВВ та транспіраційної здатності біотехногенного навантаження й прямо пропорційна радіусу СВВ та коефіцієнту фільтрації ґрунту його берегів.

Головні висновки. Зроблено оцінку тривалості процесу фільтрації рідини зі сховища, яка дає змогу розробити методику обґрунтування всмоктувальної потужності зелених насаджень, що забезпечують поліпшення екологічного стану навколишнього середовища сховищ відходів вуглезбагачення з урахуванням сезонності застосування біотехнологій.

Література

1. Аравин В.И., Нумеров С.Н. Теория движения жидкостей и газов в недеформируемой пористой среде. Москва : Госиздат, 1953. 332 с.
2. Бернадинер М.Г., Ентов В.М. Гидродинамическая теория фильтрации аномальных жидкостей. Москва : Недра, 1975. 100 с.
3. Бэр Я., Заславский Д., Ирлой С. Физико-математические основы фильтрации воды. Москва : Мир, 1971. 451 с.
4. Лейбензон Л.С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. Москва : ОГИЗ, 1947. 156 с.
5. Гольдбер В.М., Скворцов Н.П. Теория фильтрации. Москва : Недра, 1986. 102 с.
6. Левашкевич В.Г. Нелинейные эффекты при фильтрации жидкости в пористой среде. Минск : Наука и техника, 1987. 102 с.
7. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде. Москва : Гостоптехиздат, 1949. 94 с.
8. Бондаренко Н.Ф. Физика движения подземных вод. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1979. 214 с.
9. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. Москва : Наука, 1977. 664 с.
10. Штеренлихт Д.В. Гидравлика : учебник для вузов. Москва : Энергоатомиздат, 1984. 640 с.

УДК 502.36: 504.064.4: 504.53
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.21

КОМПЛЕКСНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯМ

Телюра Н.О.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, м. Харків
nata.teliura@ukr.net

Розглянуто та систематизовано наукові підходи та принципи дослідження технологічних та організаційно-економічних інструментів управління природокористуванням, екологічної оцінки та підприємництва, що доцільно використовувати в Україні та які можуть бути прийняті для пом'якшення негативних наслідків. Упровадження концепції сталого розвитку та вимог ЄС через вирішення проблем комплексної оцінки та управління екологічною безпекою міст, населених пунктів та громад запропоновано здійснювати із застосуванням методів системного аналізу, на основі програмно-аналітичних процедур із використанням методу ієрархічного аналізу. Очікується, що ці прориви будуть дуже руйнівними та призведуть до значних трансформаційних зрушень у функціонуванні суспільства. Ці досягнення обіцяють значні соціальні та економічні вигоди, підвищення ефективності та підвищення продуктивності в багатьох галузях. Багатокритеріальна ієрархічна структура вибору еколого-соціально-економічної безпечного напряму розвитку міст, населених пунктів та громад представлена послідовністю дій, що включають три етапи: побудову ієрархічної моделі порівняння критеріальних ознак; формування матриць попарних порівнянь елементів кожного рівня ієрархії та визначення їх локальних вагових коефіцієнтів; визначення глобальних вагових коефіцієнтів, індексу узгодженості та вибір найкращого варіанту. Перевагою запропонованого багатокритеріального методичного підходу є можливість ув'язати в єдиний алгоритм вироблення рішення вихідні дані, що різняться як за своїм змістом (екологічні, соціальні та економічні), так і за формою представлення (статистичні, прогнозні, дані безпосередніх вимірів, експертні оцінки). Ці інновації, включаючи технологічні та організаційно-економічні інструменти, зосереджені на зборі, обробці та аналізі величезних масивів даних, що надходять з інформаційних наук, що має наслідки для незліченних сфер досліджень та розробок. Такі методи багатокритеріальної багаторівневої ієрархії вибору можуть бути особливо актуальними для розуміння можливих майбутніх шляхів екологізації ключових галузей. *Ключові слова:* технологічні та організаційно-економічні інструменти, ґрунтовий покрив, екологічна безпека, екологічна оцінка та екопідприємництво.

Comprehensive methodology of research of technological and organizational and economic management instruments nature management. Teliura N.

Scientific approaches and principles of research of technological and organizational-economic tools of nature management, ecological assessment and entrepreneurship, which should be used in Ukraine and which can be taken to mitigate the negative consequences, are considered and systematized. It is proposed to implement the concept of sustainable development and EU requirements by solving problems of integrated assessment and management of environmental safety of cities, settlements and communities using the methods of system analysis, based on program-analytical procedures using the method of hierarchical analysis. These breakthroughs are expected to be very devastating and will lead to significant transformational changes in the functioning of society. These achievements promise significant social and economic benefits, increased efficiency and increased productivity in many areas. The multi-criteria hierarchical structure of the choice of ecologically-socially-economically safe direction of development of cities, settlements and communities is presented by a sequence of actions including three stages: construction of hierarchical model of comparison of criterion signs; formation of matrices of pairwise comparisons of elements of each level of hierarchy and determination of their local weights; determination of global weights, consistency index and selection of the best option. The advantage of the proposed multi-criteria methodological approach is the ability to link into a single algorithm for developing a solution of the original data, which differ in content (environmental, social and economic) and form of presentation (statistical, forecast, direct measurement data, expert assessments). These innovations, including technological and organizational-economic tools, focus on the collection, processing and analysis of vast arrays of data coming from the information sciences, with implications for countless areas of research and development. Such methods of multi-criteria multi-level hierarchy of choice may be particularly relevant for understanding possible future ways of greening key industries. *Key words:* technological and organizational-economic tools, soil cover, ecological safety, ecological assessment and eco-entrepreneurship.

Постановка проблеми. Технології та організаційно-економічні інструменти набувають необхідної важливості з моментом і можливістю їх подальшого використання, що викликатиме множинні й серйозні проблеми, це може торкнутися міграційних трудових потоків, включаючи передислокації робочої сили та інші трансформаційні зміни ринку, виникнення загострення існуючої нерівності та нові ризики для екологічної та національної безпеки.

Технології та організаційно-економічні інструменти в різних сферах нашого суспільного життя мають подвійне використання і можуть бути застосовані настільки, наскільки ними потрібно посилити та розширити соціо-еколого-економічний розвиток,

що призводить до збільшення зусиль щодо управління ними й є набагато складнішим.

Порівняно легкі для доступу та використання більшість із них, але за своєю суттю вони більш уразливі до експлуатації, що може призводити до відхилень як сьогодні, так і майбутньому.

Актуальність дослідження. Більшість країн усе частіше розглядають технології екопідприємництва та організаційно-економічні інструменти як основні для національної та екологічної безпеки. Але враховуючи збільшення та поглиблення економічної інтеграції та їх взаємозв'язку, треба враховувати, що глобальні наслідки та наслідки техноекономічного прогресу набагато менш локалізовані, ніж раніше, і можуть поширюватися на країни та промисловість у всьому світі.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Підписання Угоди про асоціацію між Україною, з одного боку, та Європейським Союзом та його країнами, з іншого боку, держави-члени відкривають нові можливості та створюють нові стандарти в різних сферах громадськості життя, включаючи сферу охорони навколишнього середовища.

Резолюції міжнародних самітів із питань сталого розвитку визначили необхідність переходу до принципів сталого екологічного, соціально-економічного розвитку більшості країн. На основі рекомендацій міжнародних самітів стратегічною метою подальшого розвитку України є її трансформація природно-ресурсного потенціалу в основу економічного зростання, що відповідає розумінню основи сталого розвитку з позицій усього світу.

Забезпечення виходу з кризи повинно базуватися на концептуальних засадах сталого розвитку, включаючи розвиток міст, населених пунктів та громад. Проблема збереження, відновлення та заощадливого використання ґрунту та інших природних ресурсів нині є однією з найважливіших екологічних проблем. Ґрунтознавство сьогодні відіграє провідну роль у розробленні провідних технологій та підходів до ощадливого використання й особливо відновлення продуктивних земель. Розроблення рекомендацій щодо системи моніторингу та нормативно-правової бази використання високопродуктивних земель є першочерговим завданням.

Розроблення та обґрунтування шляхів поступового впровадження європейських стандартів та норми, спрямовані на забезпечення у тому числі технологічного та організаційно-економічного інструментарію екологічної безпеки міст, населених пунктів та громад заслуговує на особливу увагу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Складні динамічні технології та організаційно-економічні інструменти вже керують галузями природокористування (екологічна оцінка та зелене підприємництво). Наприклад, галузі природокористування, оцінка довкілля регулюються нормами та положеннями міжнародного права; технічними стандартами та протоколами; стандартами та нормами торгівлі, бізнесу та прав людини; принципами дослідження; національними нормами та саморегулюванням у приватному секторі. Ці нормативно-правові доктрини підкріплені існуючими нормами, цінностями та принципами. Вони охоплюють різні сфери природокористування і проблеми, більше того, вони доповнюються зростаючим набором заходів щодо зміцнення довіри і спроможності та зусиль, спрямованих на підвищення безпеки та стійкості. Проте важливі елементи цього режиму залишаються спірними, навіть як нові ризики та вразливості та інші технології з'являються, та ними все одно потрібно керувати.

Клаус Шваб, засновник Всесвітнього економічного форуму (ВЕФ), описав технологічний прогрес як «революцію» через його «швидкість, масштаби та вплив системи» [1]. Обговорюючи те, що він охрестив як «промислова революція» та надав їй номер чотири (4.0:), він підкреслив низку нових політичних та нормативних питань. Так само, у документі [2] за 2019 р., підготовленому для ВЕФ, наголошується на необхідності «моделі вироблення політики трансформації традиційних структур управління» та адаптувати більш «гнучкі» методи управління.

Потрібно підготувати законодавців, регуляторів, керівників приватного зеленого бізнесу, дослідників та суб'єктів громадянського суспільства реагувати більш відповідально та ефективно на глобальні наслідки та наслідки технічного прогресу та потенційні екологічні ризики, які вони породжують. Упровадження нових правил, принципів та протоколів для їх вирішення є конкретними нагальними питаннями і, безумовно, заслуговують на увагу. Однак упровадження цих відповідей у великих масштабах і їх застосування до багатьох транскордонних соціально-економічних викликів та викликів безпеці буде важким викликом. Це завдання, ймовірно, вимагатиме комбінацію підходів, збільшення витрат на незалежні державні дослідження та участь багатьох приватних суб'єктів, окрім держав.

Із цією метою життєвою необхідністю стає відповідне суб'єктне розмежування внутрішніх та міжнародних зобов'язань країн для впровадження сталого розвитку, що вимагає транскордонної координації та співпраці [11].

Сталий розвиток – це ідея того, що людські суспільства повинні жити та задовольняти свої потреби без шкоди здатності майбутніх поколінь задовольняти власні потреби [3]. Зокрема, сталий розвиток – це спосіб організації суспільства, щоб воно могло існувати в довгостроковій перспективі. Це означає врахування як сучасних, так і майбутніх імперативів, таких як збереження навколишнього середовища та природних ресурсів або соціальна та економічна справедливість. Ціль 11 «Сталі міста та громади» визначає, що більше половини з нас живе в містах, населених пунктах, громадах [3].

До 2050 р. дві третини всього людства, а це понад 6,5 млрд людей, буде міським. Сталого розвитку неможливо досягти без значної трансформації способу побудови та управління нашими міськими просторами [3].

Швидке зростання міст – результат збільшення чисельності населення та збільшення міграції – призвело до буму та розвитку мегаміст, особливо у країнах, що розвиваються, нетрі стають більш важливою особливістю міського життя.

Зробити міста стійкими означає створити можливості для кар'єри та бізнесу, безпечне та доступне житло і побудови стійких суспільств та економік. Це передбачає інвестиції в громадський транспорт, створення зелених громадських площ та вдосконалення містобудування й управління з участю та інклюзивними способами.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. В Україні пріоритети державної екологічної політики визначено в Конституції України і дають громадянам право «на безпечне довкілля для життя та здоров'я» та «забезпечення екологічної безпеки та підтримання екологічної рівноваги в країні» й є обов'язковими [4].

Також необхідно розробляти новітні підходи та застосовувати методи статистичного аналізу до політики та регулювання. Досягнення в галузі природокористування, екологічна оцінка та екопідприємництво, біотехнології та конвергенція цих технологій уже провокують багатогранні дискусії щодо фокусу та обґрунтування відповідної політики та найбільш підходящого типу регулювання (запобіжний, профілактичний, реактивний або поєднання всіх трьох). Питання виникають навколо того, чи вибрати жорстке регулювання, чи м'які політичні ініціативи, такі як керівні принципи, процедури сертифікації та схеми маркування, які не дають та не вимагають обов'язкових нормативних актів або сучасної тенденції заходів із самоврядування приватними структурами. Але ключове питання полягає у тому, як забезпечити відповідність цих регуляторних рішень своїй меті та чи мають вони бути скоординовані на національному або міжнародному рівні [11].

Беручи до уваги транскордонні ефекти технологій, що діють, а також зростаючі збіги між ними, не узгоджені національні правила та політики, скоріше за все, будуть неефективними. Нарешті, нові політичні та регуляторні підходи, включаючи технологічні та організаційно-економічні інструменти, вимагають більших вкладень у механізми прозорості, нагляду та підзвітності. Це викликає необхідність згоди відносно характеру та змісту національних регуляторних наглядових органів. Завдання також повинно передбачати забезпечення зеленого підприємництва та вимагатиме від організацій приймати та впроваджувати більш пильний контроль. Наприклад, зелені компанії повинні посилити внутрішню діяльність моніторингу та зовнішньої звітності щодо своїх ініціатив у частині саморегулювання, забезпечити належним чином ізоляцію, публічно фінансувати дослідників із безпечним доступом до своїх даних і, перш за все, забезпечувати, щоб підзвітність охоплювала всі аспекти ланцюга постачання, а це як прямі, так і непрямі витрати, такі як робоча сила та екологічні витрати. Такий контроль також міг би допомогти визначити прогалини та залучити більше учасників, щоб визначити, як певна технологія чи її застосування повинні регулюватися [11]. Для вирішення кліматичних та екологічних проблем, очевидно, необхідні також природничі наукові знання, інженерна експертиза, оцінка впливів щодо різних технічних рішень, які можуть бути прийняті для пом'якшення негативних наслідків. Однак досягнення стійких технологічних змін також є суспільними, організаційними, політичними та економічними зусиллями, що включають кілька нетехнічних проблем [11].

Дотримання стандартів екологічної безпеки, які є одними з найважливіших показників для оцінки рівня розвитку держави, та реалізація стратегії сталого розвитку вимагають обізнаності, оскільки це надзвичайно важливо для екологічної політики на державному та регіональному рівнях. Реалізація особливостей сталого розвитку вимагає розроблення підходу, який дає змогу задіяти спеціалістів місцевих органів влади різного профілю до управління екологічною безпекою міст, населених пунктів та громад із позицій їхнього сталого розвитку, що раніше не використовувалося у таких дослідженнях.

Новизна. Важливою проблемою впровадження концепції сталого розвитку та вимог ЄС на території в умовах деградації навколишнього середовища, масштаби якої призвели до втрати стійкості водних середовищ екосистем, є розроблення та обґрунтування способів зменшення негативного впливу екологічних та інших чинників на здоров'я людини [5]. Вирішення проблем комплексної оцінки та управління екологічною безпекою міст, населених пунктів та громад здійснюється із застосуванням методів системного аналізу на основі розроблених автором програмно-аналітичних процедур із використанням методу ієрархічного аналізу (МАІ) [5–7], який дасть змогу підвищити рівень обґрунтованості прийнятих рішень і не використовувався у таких дослідженнях раніше.

Мета – за методом аналізу ієрархій (МАІ) розробити методичний підхід визначення еколого-соціально-економічного безпечного напряму розвитку міст, населених пунктів та громад.

Існують дослідження, які підтверджують, що в містах, населених пунктах та громадах України існує високий рівень екологічної небезпеки, що вимагає розроблення та впровадження першочергових заходів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Сутність методичного підходу полягає у використанні методу аналізу ієрархій (МАІ). Для нього запропоновано і використано індикатори соціо-еколого-економічного розвитку міст, населених пунктів та громад як відносно нескладні питомі та структурні показники, одержувані розрахунковим шляхом із первинних показників, які у спрощеному вигляді представляють певну ситуацію, котра є частиною складного комплексу або системи. Індикатори соціо-еколого-економічного розвитку міст, населених пунктів та громад – це показники, які характеризують зміну стану економіки, соціальної сфери і навколишнього природного середовища в часі. Вони є інструментом для вимірювання, візуалізації та обговорення важливих проблем розвитку, що сформульовані як складники сталого розвитку: екологічні, соціальні та економічні. Відповідні спеціалісти як експерти, спираючись на інформацію різного типу (статистичну, прогнозну, даних безпосередніх вимірів) по конкретному населеному пункту, дають власні судження відносно пріоритетності переваг критеріальних ознак. Результати оброблення суджень експертів за формальною процедурою МАІ є основою для прийняття рішень у конкретному місті, населеному пункті та громаді.

Виклад основного матеріалу. Упровадження світового досвіду в частині реалізації методичного підходу до визначення еколого-соціально-економічного напряму розвитку міст, населених пунктів та громад неможливе без достовірної та систематизованої інформації. Для побудови ієрархічної моделі виявилася необхідність у створенні системи показників соціоекономічного та екологічного стану міст, населених пунктів та громад, яка повинна бути націлена на статистичний супровід і забезпечення процесів розвитку, бути відносно нескладною технічно і разом із тим вирішувати необхідні завдання. Даний шлях визначається вибором пріоритетних індикаторів еколого-соціально-економічного розвитку міст, населених пунктів та громад – це показники, які характеризують зміну стану економіки, соціальної сфери і навколишнього природного середовища в часі. Вони є інструментом для вимірювання, візуалізації та обговорення важливих проблем розвитку. Вони дають кількісну й якісну характеристику проблеми і дають змогу зробити оцінку ситуації, відзначити її зміни (позитивні або негативні). Вони дають можливість вчасно скорегувати соціально-економічний та екологічний розвиток, тим самим приймається управлінське рішення, аналізуються соціо-еколого-економічні показники та враховуються природно-кліматичні характеристики території дослідження.

Визначена послідовність дій та рішень є основою багатокритеріальної багаторівневої ієрархії вибору варіантів завдань та цільових значень цілі 11 «Сталий розвиток міст і громад» Цілей сталого розвитку ООН, адаптованих для України, що дає змогу забезпечити екологічно стійке функціонування еколого-соціально-економічного розвитку міст, населених пунктів

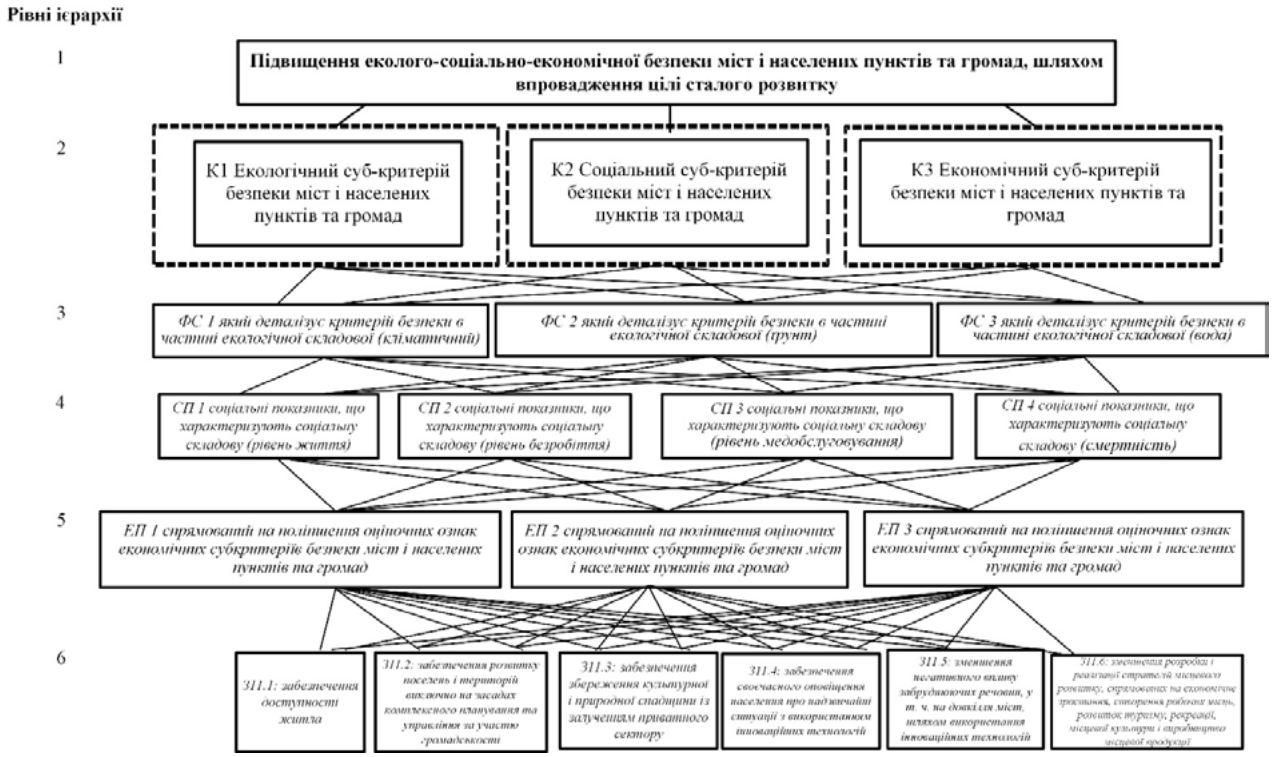


Рис. 1. Ієрархія вибору для підвищення еколого-соціально-економічної безпеки шляхом упровадження цілі сталого розвитку (розроблено автором)

та громад. Програмно-аналітичний метод вибору та прийняття управлінського рішення щодо впровадження технологій та організаційно-економічних інструментів залучає інформаційні ресурси щодо режимів природокористування, вимагає результатів екологічної оцінки території та дає можливість розвивати та впроваджувати екотехнології. Упровадження варіантів завдань та цільових значень цілі 11 «Сталий розвиток міст і громад» Цілей сталого розвитку ООН, адаптованих для України дає поштовх малим та середнім підприємствам для подальшого розвитку, тим самим реалізуючи стратегію держави щодо зеленої економіки та екотехнологій.

Автором [5; 9; 10] відповідно до [7] розроблено три етапи: Етап I. Побудова ієрархічної моделі порівняння елементів (ознак) проблеми. Етап II. Формування матриць попарних порівнянь елементів кожного рівня ієрархії та визначення їхніх місцевих вагових коефіцієнтів. Етап III. Визначення вагових коефіцієнтів, індексу узгодженості та вибір найкращого/першочергового варіанту реалізації.

Під час розроблення ієрархічної моделі була використана концепція сталого розвитку прийнятого ООН у вересні 2015 р. переліку Цілей сталого розвитку, що включає 17 ключових позицій. Одна із цілей передбачає забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст і населених пунктів та громад – це врахування соціально, економічно і екологічно збалансованого розвитку, спрямованого на створення їх економічного потенціалу, повноцінного життєвого середовища для нинішнього та прийдешніх поколінь, а саме цілі під № 11, що має назву «Сталий розвиток міст і громад», адаптованої для України за результатами роботи експертних груп під егідою Програми розвитку ООН в Україні спільно з Мінекономрозвитку України [12–15]. На 1-му рівні визначено мету (рис. 1) – «підвищення еколого-соціально-економічної безпеки шляхом упровадження цілі сталого розвитку» та, відповідно, шість ієрархічних рівнів. Досягнення цієї мети зумовлюється розв'язанням таких загальних завдань (елементів 2-го рівня), які сформульовано як складники сталого розвитку: К1 – екологічний, К2 – соціальний та К3 – економічний субкритерії безпеки міст і населених пунктів та громад.

3-й рівень – це фактори стану (ФС 1, 2, 3), які деталізують критерії безпеки в частині екологічного складника.

На 4-му рівні розміщено соціальні показники (СП 1, 2, 3, 4), що характеризують соціальний складник.

На 5-му рівні представлено економічні показники (ЕП 1, 2, 3), спрямовані на поліпшення оціночних ознак економічних субкритеріїв безпеки міст і населених пунктів та громад.

На 6-му (останньому) рівні наведено перелік варіантів завдань та цільових значень цілі 11 «Сталий розвиток міст і громад» Цілей сталого розвитку ООН, адаптованих для України:

311.1: забезпечення доступності житла;

311.2: забезпечення розвитку поселень і територій виключно на засадах комплексного планування та управління за участю громадськості;

311.3: забезпечення збереження культурної і природної спадщини із залученням приватного сектору;

311.4: забезпечення своєчасного оповіщення населення про надзвичайні ситуації з використанням інноваційних технологій;

311.5: зменшення негативного впливу забруднюючих речовин, у т. ч. на довкілля міст, шляхом використання інноваційних технологій;

311.6: зменшення розроблення і реалізації стратегій місцевого розвитку, спрямованих на економічне зростання, створення робочих місць, розвиток туризму, рекреації, місцевої культури і виробництво місцевої продукції.

Розроблена ієрархія комплексної методики дослідження технологічних та організаційно-економічних інструментів управління природокористуванням дає змогу спеціалістам місцевих органів влади професійної галузі (екологічна, соціальна та економіко-технологічна) взяти участь у підготовці консолідованої рекомендації щодо прийняття управлінських рішень щодо вибору варіантів завдань та цільових значень цілі 11 «Сталий розвиток міст і громад» Цілей сталого розвитку ООН, адаптованих для України, екологічно безпечного в умовах конкретних міст, населених пунктів та громад.

Перевагою запропонованої комплексної ієрархії багатокритеріальної методики дослідження є можливість зв'язування в єдине ціле алгоритму прийняття рішень вихідних даних, які різняться як за своїм професійним змістом, так і за формою презентації (статистичні, прогнозні, безпосередні дані вимірювань, експертні оцінки). Перехід до зеленої економіки, включаючи технологічні зміни, впливає на все суспільство, тому це так необхідно не лише для оптимізації роботи нових технологій та визначення ефективної політики.

Головні висновки. Методологічний підхід MAI та MAS для визначення пріоритетних технологій була розроблена. Ми запропонували та використали критерії, технології та організаційно-економічні інструменти, які були вказані як складники сталого розвитку: екологічний, соціальний та економічний для методу прийняття рішень у містах, населених пунктах та громадах.

Елементи ієрархії визначалися на основі стратегії управління в системі екологічної та національної безпеки на територіях міст, населених пунктів та громад.

Використання запропонованої ієрархії комплексної методики дослідження технологічних та організаційно-економічних інструментів управління природокористуванням дає можливість алгоритмізувати та відкоригувати процедуру для експерта з оцінки різ-

норідних факторів та підвищення якості отриманих результатів у формуванні процесу прийняття рішень. У цьому дослідженні автор запропонував підхід до комплексного підходу до управління територіями міст, населених пунктів та громад, природних ресурсів для поліпшення умов життєдіяльності мешканців.

Перспективи використання результатів дослідження. Доцільно розвивати це дослідження за такими напрямами:

- для підвищення стабільності та послідовності методологічного підходу розроблення числових багатокритеріальних ієрархій вибору на основі методів аналізу систем (MAS);

- розроблення рекомендацій щодо адаптації отриманого набору інструментів під час обґрунтування рішення та тестування на конкретних містах, населених пунктах та громадах [9; 10].

Обговорення у цій статті також свідчать про те, що зеленим інноваціям у державному секторі слід приділяти більше уваги в майбутніх дослідженнях. Упровадження екологічних норм вимагає особливих технологій моніторингу, які можуть регламентувати рівень забруднення. Такі методи багатокритеріальної багаторівневої ієрархії вибору можуть бути особливо актуальними для розуміння можливих майбутніх шляхів екологізації ключових галузей.

Література

1. Klaus Schwab is Founder and Executive Chairman of the World Economic Forum, «The Fourth Industrial Revolution: What It Means, How to Respond» / World Economic Forum. URL: https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/ (Last accessed: 11.06.2021).
2. World Economic Forum, «Agile Governance: Reimagining Policy Making in the Fourth Industrial Revolution,» January 2018. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Agile_Governance_Reimagining_Policy-making_4IR_report.pdf (Last accessed: 11.06.2021).
3. Sustainable Development – What Is It? Definition, History, Evolution, Importance And Examples / World Economic Forum. URL: https://youmatter.world/en/definition/definitions-sustainable-development-sustainability/#:~:text=Sustainable%20development%20is%20the%20idea,the%20Brundtland%20Report%20in%201987/ (Last accessed: 11.06.2021).
4. Конституція України : Закон від 28.06.1996 № 254/к/96-ВР. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80 (дата звернення: 11.06.2021).
5. Teliura N.O. Development of the methodological approach to the selection of technologies for environmentallysafe water drainage in populated areas. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 6. № 10(96). P. 55–63.
6. Дмитриева Е.А., Браткевич В.В., Телюра Н.А. Модель соответствия законодательной базы Украины и Директив ЕС в области биоразнообразия. *Комунальне господарство міст. Серія «Технічні науки та архітектури».* 2016. Вип. 132. С. 80–87.
7. Саати Т.Л. Принятие решений: Метод анализа иерархий / пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. Москва : Радио и связь, 1993. 314 с.
8. Dmitrieva O., Khorenzaiya I., Vasilyenko V., Teliuta N., Lomakina O., Melnik L., Koldoba I. Choosing the phytoremediation technologies for cleaning various types of wastewater. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020. Vol. 2. № 10. P. 27–37.
9. Teliura N.O. Ensuring of an ecological safety of eutrophic water bodies via the implementation of priority water disposal technologies in settlements. *Wissenschaft für den modernen Menschen: innovative technik und technologie, informatik sicherheitssysteme, verkehrsentwicklung, architektur* : monografische / reihe «Europäische Wissenschaft». Karlsruhe. Germany : ScientificWorld-NetAkhatAV, 2021. Buch 4. Teil 4. 2021. P. 10–19.
10. Телюра Н.О. Підвищення екологічної безпеки евтрофованих водних об'єктів шляхом впровадження пріоритетних технологій водовідведення в населених пунктах : дис. … канд. техн. Наук : 21.06.01 ; Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем». Харків, 2019. 190 с.
11. Camino Kavanagh, 'New Tech, New Threats, and New Governance Challenges: An Opportunity to Craft' (2019) Carnegie Endowment for International Peace. URL: https://carnegieendowment.org/files/WP_Camino_Kavanagh_New_Tech_New_Threats.pdf.
12. Балуєва О.В. Методика розрахунку індексу соціо-еколого-економічного розвитку міста. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2013. № 3. С. 137–145.
13. Герасимчук З.В. Стимулювання сталого розвитку регіону: теорія, методологія, практика : монографія. Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2011. 516 с.
14. Цілі сталого розвитку 2016–2030 / Представництво ООН в Україні. URL: http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytkutysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku.
15. Коваленко А.О. Урбанізація і стратегічне планування сталого розвитку міст. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2017. № 4. С. 67–77. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evngu_2017_4_10.

УДК 628.1.033:546.175:614.777(477.72)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.22

ОЦІНКА РИЗИКУ СПОЖИВАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ НІТРАТІВ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБ'ЄДНАНОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Зозуля В.М.
Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
valerko_ruslana@ukr.net, gerasim4uk@ukr.net

Забезпечення населення якісною питною водою є одним із першочергових заходів, оскільки від її стану залежить здоров'я населення. Постійне споживання питної води зниженої якості може призвести до виникнення негативних ефектів для здоров'я людини та викликати гострі та хронічні захворювання інфекційної і неінфекційної етіології. Досить часто низька якість питної води, особливо джерел нецентралізованого водопостачання, пов'язана із підвищеним вмістом нітратів, які є небезпечними для здоров'я людини.

Дослідження проходили на території Житомирської об'єднаної територіальної громади, до складу якої входить місто Житомир та село Вереси. Установлено перевищення вмісту нітратів у 61% зразків води, відібраних із приватних колодязів різних частин міста та села. Критична ситуація щодо забруднення питної води нітратами встановлена для села Вереси, де середній їх вміст становив 170,4 мг/дм^3, а максимальна концентрація зафіксована на рівні 660 мг/дм^3, що перевищує норматив у 13,2 раза. Найменша частка зразків із перевищенням вмісту нітратів виявлена на території залізничного вокзалу міста та становить 18,75%, найбільша на рівні 87,5% – у рекреаційній зоні міста, мікрорайоні Корбутівка. Найбільш чутливими до дії нітратів є діти віком до 6 років, величини середньодобових доз надходження нітратів для яких збільшуються порівняно із дорослим населенням у 2,3 раза. Коефіцієнт небезпеки для дитячого населення віком до 6 років перевищує 1 навіть за нормативного вмісту нітратів у питній воді, що, своєю чергою, свідчить про середній рівень небезпеки впливу нітратно забрудненої води для дитячого здоров'я. Низький рівень ризику зафіксовано у мікрорайоні Крошня та на території залізничного вокзалу для дорослих та дітей віком 6–18 років. Високий ризик встановлено для дітей віком до 6 років села Вереси, оскільки розрахована величина коефіцієнта небезпеки становить 6,81. *Ключові слова:* питна вода, колодязь, нітрати, коефіцієнт небезпеки, ризик.

Risk assessment of drinking water consumption with high nitrate content on the health of the population of the Zhytomyr United Territorial Community. Valerko R., Herasymchuk L., Zozulya V.

Providing the population with quality drinking water is one of the priority measures, as the health of the population depends on its condition. Constant consumption of low-quality drinking water can lead to negative effects on human health and cause acute and chronic diseases of infectious and non-infectious etiology. Quite often the poor quality of drinking water, especially sources of decentralized water supply, is associated with high levels of nitrates, which are dangerous to human health.

The research was conducted on the territory of the Zhytomyr United Territorial Community, which includes the city of Zhytomyr and the village of Veresy. The excess of nitrates in 61% of water samples taken from private wells in different parts of the city and village was found. A critical situation regarding the contamination of drinking water with nitrates was established for the village of Veresy, where their average content was 170.4 mg/dm^3, and the maximum concentration was recorded at 660 mg/dm^3, which exceeds the standard by 13.2 times. The smallest share of samples with excess nitrate content was found in the city railway station and is 18.75%, the largest at 87.5% – in the recreational area of the city, Korbutivka district. The most sensitive to the effects of nitrates are children under 6 years of age, the values of the average daily doses of nitrates for which increase compared to the adult population by 2.3 times. The risk factor for children under 6 years of age exceeds 1 even with the standard content of nitrates in drinking water, which, in turn, indicates the average level of risk of exposure to nitrate-contaminated water for children's health. A low level of risk was recorded in the Kroshnya district and on the territory of the railway station for adults and children aged 6–18. A high risk has been established for children under 6 years of age in the village of Veresy, as the value of the risk factor is calculated at the level of 6.81. *Key words:* drinking water, well, nitrates, hazard factor, risk.

Постановка проблеми. Глобальний дефіцит якісної питної води стає все більш гострою проблемою для всього світу та впливає на понад 40% світової спільноти. Збільшенню дефіциту води сприяють інтенсивні кліматичні зміни, внаслідок яких поступово підвищується середньорічна температура повітря. За даними ПРООН в Україні, у 2011 році 41 країна зіткнулась із проблемою дефіциту якісної питної води, а 10 із них фактично виснажили свої запаси прісної води і тепер змушені використовувати альтернативні джерела водопостачання. За прогнозами учених, до 2025 року дві третини населення землі будуть відчувати постійну нестачу питної води, а до 2050 – постійний дефіцит води впливатиме щонай-

менше на кожного четвертого жителя планети. Крім того, за оцінками експертів ВООЗ, 58% діарейних захворювань, або 842 000 летальних випадків на рік, можуть бути пов'язані із небезпечним водопостачанням, санітарією та гігієною [1].

Актуальність дослідження. Серед країн Європи Україна є однією з найменш забезпечених водою, а від невідповідності питної води нормативам тут страждає кожний п'ятий громадянин [2]. Використання застарілих технологій водопідготовки, зношеності водорозподільних мереж може призводити до надходження у питну воду значної кількості забруднювачів, що, своєю чергою, впливає на стан здоров'я населення України та на тривалість його життя [3]. Для України є також характерним використання підземних джерел для забезпечення потреб населення та галузей економіки. Як правило, вода, яка використовується із підземних джерел, вважається чистою, оскільки залягає глибоко у землі, а тому додаткову очистку такої води зазвичай не проводять. Якість води джерел нецентралізованого водопостачання часто не відповідає вимогам державних стандартів за санітарно-гігієнічними та мікробіологічними показниками. Така ситуація є найбільш характерною для сільських селітебних територій. Проте для присадибних ділянок міста, особливо тих, що знаходяться на його окраїні, характерним є відсутність централізованого водопостачання і водовідведення, а тому місцевим жителям доводиться використовувати воду із приватних колодязів та свердловин, контроль якості якої практично відсутній.

Зв'язок авторського доробку із важливими та практичними завданнями. Досить часто низька якість питної води джерел нецентралізованого водопостачання пов'язана із підвищеним вмістом нітратів, які є найбільш небезпечними антропогенними забруднювачами води. Особливістю вмісту нітратів у воді є те, що вони абсолютно не впливають на її органолептичні властивості, тобто не змінюють запах, смак, прозорість, колір води. Крім того, такі методи доочистки води, як кип'ятіння, відстоювання та фільтрування, не завжди можуть знизити вміст нітратів, особливо у концентраціях, які значно перевищують нормативний вміст [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Небезпека забруднення питної води нітратами пов'язана насамперед із таким негативним явищем для здоров'я людини, як метгемоглобінемія, що призводить до гіпоксії тканин і органів живого організму [5]. Найбільш небезпечним це явище є для немовлят та дітей до 3-х років. Перевищення вмісту нітратів може виступати фактором виникнення і росту дитячої захворюваності на злоякісні новоутворення [6]. Крім того, встановлено високий кореляційний зв'язок (R^2 = 0,7-0,9) між рівнем смертності дітей до 1-го року та вмістом нітратів у воді приватних колодязів [7]. Нітрати у питній воді можуть збільшити ризик розвитку раку прямої кишки через їх перетворення в організмі людини на канцерогенні N-нітрозосполуки [8]. Встановлено, що за вмісту нітратів у питній воді на рівні до 2 ГДК коефіцієнт небезпеки стає більше 1, що може призвести до розвитку шкідливих ефектів в особливо чутливих групах дорослого та дитячого населення [9].

Таким чином, у результаті проведення аналітичного огляду літературних джерел встановлено, що перевищення нормативного вмісту нітратів у питній воді є небезпечним для здоров'я людини та може викликати низку небезпечних захворювань.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується зазначена стаття. Забруднення питної води сполуками азоту є актуальним для всього світу. Не винятком у цьому сенсі є й Україна і Житомирська область зокрема, на території якої постійно фіксується перевищення вмісту нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання. Тому необхідною є оцінка ризику для здоров'я населення різних вікових груп у разі постійного споживання нітратно забрудненої води. Одним з найсучасніших методів оцінки небезпеки, зумовленої дією канцерогенних та неканцерогенних речовин на людину, є встановлення ризику настання небажаних ефектів для населення [10].

Отже, метою дослідження є оцінка ризику у разі постійного споживання води з підвищеним вмістом нітратів на здоров'я різних верств населення Житомирської об'єднаної територіальної громади.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження проходили на території Житомирської об'єднаної громади, до складу якої входить місто Житомир та село Вереси. Зразки води відбирали із приватних колодязів, що розташовані у різних частинах міста. Загалом було відібрано 174 зразки у місті Житомирі та 10 зразків у селі Вереси. Аналітичні дослідження питної води на вміст нітратів здійснювали у Вимірювальній лабораторії Поліського національного університету іонометричним методом.

Для оцінки небезпеки здоров'ю населення різних вікових груп використовували методику оцінки ризику [11]. Значення факторів експозиції, що рекомендовано як стандартні, приймались відповідно до такої методики (табл. 1).

Таблиця 1

Стандартні фактори експозиції [11]

Фактори експозиції	Верстви населення		
	Дорослі	Діти віком 6–18 років	Діти віком до 6 років
Споживання питної води, дм^3/добу	2,0	1,5	0,67–1,0
Маса тіла, кг	70	42	15

Середньодобову дозу надходження хімічної речовини протягом життя людини разом з питною водою розраховували за формулою 1:

$$ADD = C \times IR \times ED \times EF / BW \times AT \times DPY, \quad (1)$$

де ADD – середньодобова доза надходження хімічної речовини протягом життя, мг/кг х доба;

C – концентрація речовини у питній воді, мг/дм^3;

IR – величина споживання води (табл. 1);

ED – тривалість впливу, 30 років; діти – 6 років;

EF – частота впливу, 350 днів/рік;

BW – маса тіла людини (табл. 1);

AT – період усереднення експозиції, 30 років, діти – 6 років;

DPY – кількість днів в одному році, 365 днів/рік.

Ризик можливого розвитку неканцерогенних ефектів оцінювали за показниками коефіцієнтів небезпеки (HQ), який є відношенням середньодобової дози хімічної речовини до її безпечного (референтного) рівня впливу, та розраховується за формулою 2:

$$HQ = ADD / RfD, \quad (2)$$

де ADD – середньодобова доза надходження хімічної речовини протягом життя, мг/кг х доба;

RfD – порогова (референтна) доза, мг/кг х доба [11].

Виклад основного матеріалу. У результаті проведених досліджень, які стосуються вмісту нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання Житомирської громади, встановлено, що перевищення вмісту нітратів зафіксовано у 61% відібраних зразків. Середня концентрація коливається у межах від 34,9 у районі залізничного вокзалу міста до 170,4 мг/дм^3 у селі Вереси. Найбільша концентрація нітратів зафіксована у приватному колодязі на території села Вереси на рівні 660 мг/дм^3, що перевищує норматив у 13,2 раза, а найменша – на рівні 0,75 мг/дм^3 у колодязі мікрорайону Нова Рудня (табл. 2).

Загалом, найменша кількість зразків із перевищенням вмісту нітратів виявлена на території заліз-

Таблиця 2

Вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання Житомирської ОТГ, мг/дм^3

№ з/п	Місце відбору зразків	Середня концентрація нітратів, мг/дм^3	Інтервал значень	Перевищення ГДК, рази
1	Окраїнна селітебна зона, мікрорайон «Крошня»	45,55	3-131,3	–
2	Окраїнна селітебна зона, мікрорайон «Соколова гора»	93,7	14,5-180,4	1,87
3	Окраїнна селітебна зона, мікрорайон «Смолянка»	75,7	21-286	1,5
4	Окраїнна селітебна зона, мікрорайон «Нова Рудня»	122,8	0,75-316	2,26
5	Окраїнна селітебна рекреаційна зона, мікрорайон «Мальованка»	73,7	12-173	1,47
6	Окраїнна селітебна рекреаційна зона, мікрорайон «Корбутівка»	97,95	35-228	1,96
7	Центральна селітебна зона	112,9	6-380	2,26
8	Східний промвузол	70,8	5-291,3	1,42
9	Залізничний вокзал	34,9	1-110,4	–
10	с. Вереси	170,4	1,61-660	13,2

Таблиця 3

Середньодобові дози надходження нітратів із питною водою для різних верств населення Житомирської ОТГ

№ з/п	Місце відбору зразків	Дорослі	Діти віком 6–18 років	Діти віком до 6 років
1	Окраїнна селітебна зона, мікрорайон «Крошня»	1,25	1,56	2,9
2	Окраїнна селітебна зона, мікрорайон «Соколова гора»	2,57	3,2	5,99
3	Окраїнна селітебна зона, мікрорайон «Смолянка»	2,07	2,59	4,84
4	Окраїнна селітебна зона, мікрорайон «Нова Рудня»	3,36	4,19	7,85
5	Окраїнна селітебна рекреаційна зона, мікрорайон «Мальованка»	2,02	2,52	4,71
6	Окраїнна селітебна рекреаційна зона, мікрорайон «Корбутівка»	2,68	3,35	6,26
7	Центральна селітебна зона	3,09	3,87	7,22
8	Східний промвузол	1,94	2,42	4,53
9	Залізничний вокзал	0,96	1,2	2,23
10	с. Вереси	4,69	5,84	10,89

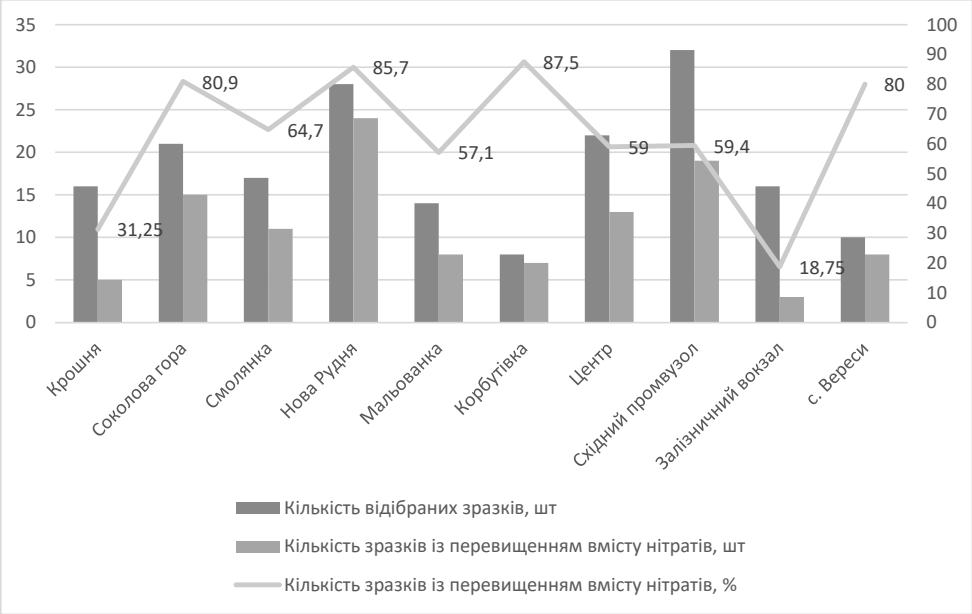


Рис. 1. Показники перевищення вмісту нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання Житомирської ОТГ

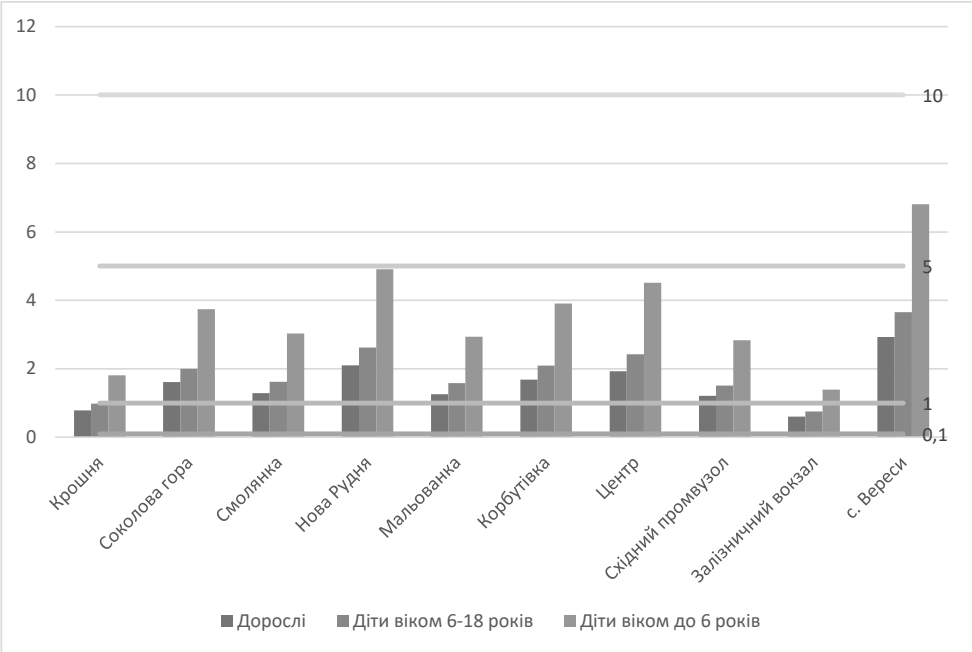


Рис. 2. Коефіцієнт небезпеки впливу питної води з різним вмістом нітратів для населення різного віку Житомирської ОТГ

ничного вокзалу міста та становить 18,75%, найбільша на рівні 87,5% – у рекреаційній зоні міста, мікрорайоні Корбутівка (рис. 1).

Отже, найбільш критична ситуація щодо забруднення питної води нітратами зафіксована у селі Вереси, що є характерним для більшості сільських населених пунктів. Головними причинами перевищення вмісту нітратів у колодязях сільських територій є надходження до джерела стічних вод з дворів, вбиралень, місць утримання худоби, полів, де вносяться мінеральні та органічні добрива, та недотримання власниками санітарних норм під час облаштування колодязів.

Розрахунок середньодобової дози надходження нітратів протягом життя показав, що її величина збільшується із зменшенням маси тіла людини та тривалості впливу. Найбільші величини середньодобової дози розраховано для дітей віком до 6 років, які є високими навіть за нормативного вмісту нітратів. Середньодобова доза на рівні 10,89 мг/кг×доба розрахована для дітей віком до 6 років, що мешкають у с. Вереси (табл. 3).

Відповідно до методичних рекомендацій величина коефіцієнта небезпеки, що характеризує ризик для здоров'я населення від споживання питної води, забрудненої нітратами, ранжується таким чином: величина HQ дорівнює або менше 0,1 – ризик мінімальний, 0,1–1 – ризик низький, 1–5 – середній ризик, 5–10 – високий ризик і більше 10 – критичний ризик.

У результаті розрахунку коефіцієнта небезпеки впливу питної води із різним вмістом нітратів на різні верстви населення Житомирської громади встановлено, що низький ризик зафіксовано лише у мікрорайоні Крошня та у районі розміщення залізничного вокзалу міста для дорослого населення та дітей віком від 6 до 18 років. Високий рівень ризику притаманний для дітей віком до 6 років, що мешкають на території села Вереси. Для решти досліджуваних мікрорайонів міста є характерним середній рівень ризику для всіх вікових категорій населення (рис. 2).

Таким чином, доведено, що величина коефіцієнта небезпеки збільшується із підвищенням концентрації нітратів, а найбільш чутливою групою населення до їх дії є діти віком до 6 років.

Головні висновки. У результаті проведених досліджень, які стосуються вмісту нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання Житомирської громади, встановлено таке:

– перевищення вмісту нітратів зафіксовано у 61% відібраних зразків;

– критичною є ситуація у селі Вереси, де середня концентрація нітратів визначена на рівні 170,4 мг/дм^3, а найбільша їх концентрація становила 660 мг/дм^3, що перевищує норматив у 3,4 раза;

– найбільш сприятлива ситуація була зафіксована у мікрорайоні Крошня та у районі розміщення залізничного вокзалу міста Житомира, де середній вміст нітратів у воді є меншим за гранично допустимий;

– коефіцієнт небезпеки впливу питної води на стан здоров'я населення із різним рівнем вмісту нітратів залежить від їх концентрації, рівня споживання води, віку та маси тіла людини;

– низький ризик встановлено для дорослого населення та дітей віком 6–18 років, що мешкають у мікрорайоні Крошня та у районі розміщення залізничного вокзалу, оскільки величина коефіцієнта небезпеки дорівнює менше 1;

– величина коефіцієнта небезпеки для дітей віком до 6 років, що проживають у селі Вереси, становить 6,81, що визначає високий рівень ризику;

– більшість досліджуваних мікрорайонів міста належать до середнього рівня ризику, а величина коефіцієнта небезпеки коливається від 1,4 для дитячого населення віком до 6 років у районі розміщення залізничного вокзалу до 4,9 для дітей віком до 6 років у мікрорайоні Нова Рудня.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження можуть бути використані представниками сільських, селищних рад та об'єднаних територіальних громад під час затвердження програм з охорони навколишнього природного середовища, а також для інформування місцевих жителів про стан довкілля та демографічну ситуацію Житомирської області.

Література

1. WHO: Diseases and risks. URL: https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/en.
2. Шевчук Ю.Ф., Николаєв А., Шевчук А. Якість питної води нецентралізованого водопостачання в м. Чернівці. *Наукові записки*. 2014. № 1. С. 182–187.
3. Лотоцька О.В., Кондратюк В.А., Кучер С.В. Якість питної води як одна з детермінант громадського здоров'я в Західному регіоні України. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2019. № 1(79). С. 12–18. DOI: 10.11603/1681-2786.2019.1.10278.
4. Lototska O.V., Prokopov V.O. Assessment of the risk of the consumption of drinking water with the increased content of nitrates for the health of the people of the Ternopil Region. *Environment & Health*. 2018. No. 4. C. 20–24. DOI: doi.org/10.32402/dovkil2018.04.020.
5. Bayanova A.A. Monitoring the quality of drinking water of the regional decentralized water supply. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ*. 2019. Sci. 315 052014. DOI: doi:10.1088/1755-1315/315/5/052014.
6. Абдурахманов Г.М., Гасангаджиева А.Г., Даудова М.Г., Гаджиев А.А. Эколого-географическая оценка заболеваемости злокачественными новообразованиями детского населения республики Дагестан. *Экология человека*. 2015. № 08. С. 16–25.
7. Ліхо О.А., Гакало О.І. Особливості водозабезпечення населення Поліських районів Рівненської області. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2015. Вип. 1(69). С. 122–132.
8. Schullehner J., Hansen B., Thygesen M., Pedersen C.B., Sigsgaard T. Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study: Nitrate in drinking water and CRC. *International Journal of Cancer*. 2018. Vol. 143 (1). P. 73–79. DOI: 10.1002/ijc.31306.
9. Romanchuk L.D., Valerko R.A., Herasymchuk L.O., Kravchuk M.M. Assessment of impact of organic Agriculture on Nitrate Content in Drinking Water in Rural Settlements of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No. 11(2). P. 17–26. DOI: 10.15421/2021_71.
10. Герасимчук Л.О. Роль нітратного забруднення овочевої продукції та питної води у формування неканцерогенного ризику для населення с. Лука Житомирського району. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2 (50), т. 1. С. 55–63.
11. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. Москва : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

УДК 611.43-092.9]:616.63:577.161.3
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.23

ВПЛИВ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА (ВАЖКИХ МЕТАЛІВ) НА МОРФОЛОГІЧНІ ТА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕПІФІЗА ЩУРІВ (ОСОБЛИВОСТІ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ)

Гринцова Н.Б.[1], **Карпенко Л.І.**[1], **Романюк А.М.**[1], **Ходорова І.**[2]
[1]Медичний інститут
Сумського державного університету
вул. Санаторна, 33, 40018, м. Суми
natalia.gryntsova@gmail.com;
[2]Університет імені П.Й. Шафарика в Кошицях
вул. Шробарова, 2, 04180, Кошице, Словаччина

Ксенобіотики, в тому числі і солі важких металів, детермінують розвиток патології окремих органів та систем організму. Питання патогенезу, діагностики та корекції мікроелементного балансу в організмі є однією з важливих проблем екологічної морфології. Епіфіз як залоза ендокринної системи відіграє важливу роль у забезпеченні адаптаційної відповіді організму на стресові впливи, і тому його вивчення є актуальною проблемою. У статті представлені результати досліджень щодо вивчення морфологічних та морфометричних перебудов структур епіфіза щурів за умови 30-добового впливу солей важких металів (сульфатів цинку, міді, заліза та марганцю, нітриту свинцю, оксиду хрому) та за умови корекції препаратом-коректором L-токоферолом. Отримані результати дослідження відображають багатофакторність патогенетичних механізмів розвитку морфологічних та морфометричних перебудов в епіфізі щурів під впливом солей важких металів та за умов застосування препарата-коректора L-токоферолу. 30-добовий вплив на організм статевозрілих щурів солей важких металів викликав широкий спектр морфологічних перебудов у всіх структурних компонентах залози (паренхімі, стромі та судинному руслі), що мали неспецифічний поліморфний характер та свідчили про розвиток у паренхімі залози пристосувально-компенсаторних процесів з ознаками напруження функціональної активності. Відбулася зміна кореляційних зв'язків між морфометричними показниками структур епіфіза контрольних та експериментальних тварин. Протекторна дія L-токоферолу викликала в епіфізі низку компенсаторно-пристосувальних процесів, спрямованих на нейтралізацію впливу стресора на епіфіз. Але 30-добовий термін протекторної дії L-токоферолу є недостатнім для повної нейтралізації впливу важких металів на орган. *Ключові слова:* важкі метали, адаптація, епіфіз, L-токоферол.

Influence of aquatic environment pollutants (heavy metals) on morphological and morphometric parameters of the rat pineal gland (features of correlation relationships). Hryntsova N., Karpenko L., Romanyuk A., Hodorova I.

Xenobiotics, including salts of heavy metals, determine the development of individual organs and systems pathology of the body. Questions of pathogenesis, diagnosis and correction of microelement balance in the body is one of the important problems of ecological morphology. The pineal gland, as a gland of the endocrine system, plays an important role in providing the body's adaptive response to stress, and therefore its study is an urgent problem. The article presents the results of studies on the study of morphological and morphometric rearrangements of the rats pineal gland structures under conditions of 30-day exposure to salts of heavy metals (zinc, copper, iron and manganese sulfates, lead nitrite and chromium oxide) and under conditions of correction with a corrector drug L-tocopherol. The obtained results of the study reflect the multifactorial nature of the pathogenetic mechanisms of the development of morphological and morphometric rearrangements in the rats pineal gland under the influence of heavy metals salts and subject to the use of the corrector drug L-tocopherol. A 30-day exposure to the body of sexually mature rats of heavy metals salts caused a wide range of morphological rearrangements in all structural components of the gland (parenchyma, stroma and vascular bed), which had a nonspecific polymorphic character and indicated the development of adaptive-compensatory processes with signs of stress in the parenchyma of the gland functional activity. There was a change in the correlations between the morphometric parameters of the structures of the pineal gland in the control and experimental animals. The protective effect of L-tocopherol in the pineal gland caused a number of compensatory-adaptive processes aimed at neutralizing the effect of the stressor on the pineal gland. But, a 30-day line of protective action of L-tocopherol is insufficient to completely neutralize the effect of heavy metals on the organ. *Key words:* heavy metals, adaptation, pineal gland, L-tocopherol.

Постановка проблеми. Бурхлива урбанізація чинить значне антропогенне та техногенне навантаження на довкілля за рахунок збільшення кількості хімічних елементів у повітрі, ґрунті, водних ресурсах, живих організмах та рослинах [1]. Провідними забруднювачами довкілля є важкі метали, у зв'язку з їх шкідливим впливом на здоров'я живих організмів, токсичністю і здатністю до кумуляції в організмі людини та тварин. Такий негативний вплив детермінує розвиток та перебіг онкологічної патології, розлади гомеостазу організму та морфологічні трасформації в різних тканинах. Ендокринна система разом з імунною та нервовою системами підтримує гомеостаз в організмі. Центральна ланка, зокрема епіфіз, бере участь у запуску стресорної реакції, обмеження її подальшого розвитку із

запобіганням несприятливих наслідків для організму [2]. Основним гормоном епіфіза є мелатонін, що має стрес-протекторний, антиоксидантний ефект, ефект нейропротектора [3]. Епіфіз відіграє важливу роль у забезпеченні адаптаційної відповіді організму на стресові впливи, і тому його вивчення є актуальною проблемою екологічної морфології.

Актуальність дослідження. Порушення мікроелементного балансу є супутником багатьох патологічних станів організму. У медичній практиці підвищений вміст важких металів в організмі призводить до конформації молекул у клітині [4; 5]. Це сприяє розвитку порушень метаболічних реакцій, пошкодженню мембран, послабленню антиоксидантного захисту клітин, порушенню синтезу білка та нуклеїнових кислот, негативно впливає на фізіологічну активність живих організмів [6; 7]. Тому актуальною проблемою екологічної морфології є встановлення механізмів впливу суміші солей важких металів на морфологічний стан епіфіза як центрального стрес-лімітуючого органу, що продукує гормон мелатонін.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Робота виконана в рамках стипендії Уряду Словацької Народної Республіки (2020) та відповідно до плану наукових досліджень Медичного інституту Сумського державного університету і є частиною планової наукової теми кафедри морфології «Морфофункціональні аспекти гомеостазу організму» (№ держ. реєстрації 0118U006611) та патологічної анатомії «Морфогенез загальнопатологічних процесів» (№ держ. реєстрації 013U003315), «Закономірності вікових і конституціональних морфологічних перетворень за умов впливу ендо- і екзогенних чинників і шляхи їх корекції» (№ 0113U001347).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Праці вчених присвячені вивченню проблеми адаптації епіфіза до різних зовнішніх чинників: антипсихотичної терапії і нейролептиків [8], електромагнітного випромінювання [9; 10], світла та випромінювання в експерименті [11; 12], фтору [13].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Згідно з результатами пошуку літературних джерел, відсутні роботи щодо впливу суміші солей важких металів (цинку, міді, заліза, марганцю, свинцю та хрому) на епіфіз статевозрілих щурів. Вибрана концентрація солей у суміші зумовлена наявністю таких концентрацій цих солей у ґрунті та питній воді деяких регіонів України згідно з літературними джерелами [2].

Новизна. На експериментальному матеріалі проведено дослідження морфологічних та морфометричних показників епіфіза, в тому числі із залученням методів кореляційного аналізу.

Методологічне значення. Експеримент проводили на 18 білих статевозрілих самцях щурів вагою 200–250 г у віці 7–8 місяців, які були розподілені на 2 групи (1 контрольна та 2 експериментальні). Дослідження проводили в осінньо-зимовий період. Утримання тварин та маніпуляції над ними проводилися відповідно до національних та міжнародних норм із біоетики. Тваринам експериментальної групи № 1 протягом 30 діб моделювали мікроелементоз шляхом додавання до питної води суміші солей важких металів: цинку (ZnSO4 7H2O) – 5 мг/л, міді (CuSO4 5H2O) – 1 мг/л, заліза (FeSO4) – 10 мг/л, марганцю (MnSO4 5H2O) – 0,1 мг/л, свинцю (Pb (NO3) 2) – 0,1 мг/л та хрому (K2Cr2O7) – 0,1 мг/л. Щури експериментальної групи № 2 протягом 30 діб вживали звичайну питну воду, насичену солями важких металів та отримували препарат-коректор L-токоферол (9,1 мг/кг 10% перорального масляного розчину). До уваги брався перерахунок дози для тварин. Підбір та розрахунок дози препарату здійснювали, виходячи із середньої терапевтичної добової дози для дорослих, що становить 100 мг на добу (30 крапель 10% розчину). Розрахунок дози для щурів проводили з урахуванням рекомендацій Р.С. Риболовлева та Ю.Р. Риболовлева згідно з формулою: доза для щура = r×Доза для людини/R, де r – коефіцієнт видової витривалості для щура, r=3,62, R – коефіцієнт видової витривалості для людини, R=0,57. Групи піддослідних тварин виводили з експерименту після попереднього тіопенталового наркозу (із розрахунку 30-40мг/10г маси тіла) на 30 добу експерименту (Протокол No 8 від 17/11/2020 Комісії з біоетики Сумського державного університету). Предметом дослідження був епіфіз дослідних та контрольних тварин. Для вивчення морфологічних змін структурних компонентів епіфізу використовували звичайні методи мікроанатомічного (гістологічного) методу дослідження. Загальний морфологічний та морфометричний аналіз проводили з використанням світлооптичного мікроскопа "Leica DM 500" з лінзами x4, x10, x40, окуляри 7, 10. Фотодокументація отриманих результатів проводилася цифровою відеокамерою "Leica DM IC C50 HD Camera" (Leica Microsystems, Germany, 2010). Для визначення морфофункціональних особливостей пінеалоцитів епіфіза використовували наступні морфометричні показники: великий та малий діаметри тіл і ядер клітин (мкм), площа перетину пінеалоцитів та їх ядер (мкм²), площа цитоплазми (мкм²), ядерно-цитоплазматичне співвідношення, показник оптичної щільності ядра та цитоплазми пінеалоцитів (у.о.). З метою дослідження співвідношення пінеалоцитів та гліальних елементів в епіфізі визначали абсолютну кількість пінеалоцитів, астроцитарної глії та гліоцито-нейрональний індекс. Для визначення морфологічних перебудов у судинному руслі епіфіза визначали площу судин (мкм²). Статистичну обробку отриманих даних проведено методами варіаційної статистики з використанням програмного пакета STATISTIKA v.10 («StatSoft Inc.»,США). Дані представлені як середнє значення (X) ± стан-

дартне відхилення (SD). Перевірку нормальності розподілу даних проводили за допомогою критерію Краскела-Уоліса та критерію Уілкоксона. Для порівняння двох незалежних виборок, у разі нормального розподілу даних, використовували t-критерій Стьюдента, у разі розподілу даних, який відрізнявся від нормального, використовували U-тест Манна-Уітні. Різницю в показниках вважали достовірною за умови $p<0,05$. Кореляційний аналіз виконували з використанням коефіцієнта кореляції Спірмена (r_s). Інтерпретацію результатів кореляційного аналізу проводили за шкалою Чеддока. При значенні $r\leq0,3$ кореляційний зв'язок вважали слабким, при показниках $0,4<r<0,7$ – помірним. При значенні $r\geq0,7$ взаємозв'язок розцінювали як сильний. На пряму залежність між величинами (прямий, позитивний зв'язок) вказувало додатне значення коефіцієнта, що свідчило про пряму залежність між величинами (прямий, позитивний зв'язок), коли збільшення значення однієї ознаки збільшує значення іншої. Від'ємне значення коефіцієнта вказувало на обернений (зворотний, негативний) зв'язок між досліджуваними показниками, коли зростання однієї ознаки призводить до зменшення іншої.

Виклад основного матеріалу. Після 30-добового терміну впливу комплексу солей важких металів епіфіз щурів експериментальної групи № 1 макроскопічно зберігав свою анатомічну будову. Спостерігалося зменшення довжини та ширини органу, збільшення товщини капсули та ширини міжтрабекулярного сполучнотканинного компонента. Виявлялися також і порушення гемодинаміки, що розпочиналися з порушень кровонаповнення судинного русла, а саме зі зміни просвіту судин, помірного повнокров'я мікроциркуляторного русла, збільшення площі просвіту судин, про що свідчать морфометричні показники. Зазнають морфологічних перебудов і пінеалоцити: збільшуються лінійні показники великого та малого діаметрів, площі ядер та цитоплазми клітин, оптична щільність їх ядер. Абсолютна кількість пінеалоцитів зменшувалася стосовно показників контрольних тварин, а абсолютна кількість клітин астроцитарної глії, навпаки, збільшувалася. Гліоцито-нейрональний індекс зростав та перевищував показники контрольних тварин. У таблиці № 1 представлені показники середніх величин структурних компонентів епіфіза контрольних тварин та тварин двох експериментальних груп.

У тварин експериментальної групи № 2, що отримували разом із сумішшю солей важких металів препарат-коректор (а-токоферол ацетат), збільшувалася виразність стромального компоненета залози. Зі сторони судинного русла епіфіза визначалося збільшення площі просвіту судин, лінійних показників площі ядер та цитоплазми клітин, але оптична щільність ядер та цитоплазми, навпаки, зменшувалися. У залозі відбувається зміна типу секреторної активності. Так, на відміну від тварин групи № 1, що мали в паренхімі епіфіза переважну кількість індолпродукуючих пінеалоцитів, у паренхімі епіфіза тварин групи № 2 переважали пептидпродукуючі пінеалоцити. У таблиці № 2 представлені результати кореляційних зв'язків між морфометричними показниками структурних компонентів епіфіза статевозрілих

Таблиця 1

Результати морфометричного дослідження структурних компонентів епіфіза статевозрілих щурів за умов впливу солей важких металів та корекції L-токоферолом (X±CD)

Показник	Групи лабораторних тварин		
	Щури контрольної групи n=6	Щури експерим. групи I n=6	Щури експерим. групи II n=6
Великий діаметр ядер пінеалоцитів, мкм	2,53 ±0,29	6,62 ±0,44***	3,58 ±0,19***
Малий діаметр ядер пінеалоцитів, мкм	1,34±0,04	4,38±0,3 ***	2,23 ±0,29
Площа перетину ядер пінеалоцитів, мкм^2	4,45±0,13	27,02±8,10***	8,53±0,07***
Великий діаметр тіл пінеалоцитів, мкм	5,26 ±0,14	10,57±0,62***	8,70 ±0,06***
Малий діаметр тіл пінеалоцитів, мкм	4,12 ±0,07	6,98±0,52***	2,63 ±0,02
Площа перетину тіл пінеалоцитів, мкм^2	22,73±0,16	60,41±13,43***	29,00 ±0,14
Площа цитоплазми пінеалоцитів, мкм^2	18,28±0,58	33,39±1,05***	20,47±0,91
Ядерно-цитоплазмат. співвідношення	1:4,1± 0,18	1:1,23± 0,26***	1:2,4± 0,14***
Оптична щільність ядра, у.о.	114,09±1,19	149,42±14,83*	110,76 ±0,52
Оптична щільність цитоплазми, у.о.	154,06 ±0,11	155,14±6,49	110,76±0,55***
Площа судин, мкм^2	58,58 ±0,4	90,27±39,65***	266,56 ±0,98***
Абсолютна кількість **пінеалоцитів**	112,67 ±1,93	87,50±1,87***	90,00 ±1,41***
Абсолютна кількість клітин **астроцитар. глії**	35,97 ±1,95	51,17±9,91	99,83 ±29,68***
Гліоцито-нейрональний індекс	0,336 ± 0,442	0,585 ± 0,839	1,085±1,046

Примітка: *Достовірно при порівнянні з контролем: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001*

Таблиця 2

Кореляційні зв'язки між морфометричними показниками структурних компонентів епіфіза статевозрілих щурів за умов впливу солей важких металів та корекції L-токоферолом (X±CD)

Показники	Контр. тварини		Експерим. тварини групи I		Експерим. тварини групи II	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Площа ядра та оптична щільність ядра	0,261	>0,05	0,542	>0,051	0,874	<0,05
Оптична щільність ядра та цитоплазми	0,775	>0,05	-0,263	>0,05	0,144	>0,05
Кількість пінеалоцитів та астроцитів	0,142	>0,05	0,143	>0,05	-0,612	>0,05
Площа ядра та площа судин	0,096	>0,05	0,317	>0,05	0,096	>0,05
Оптична щільність ядра та площа судин	0,031	>0,05	0,433	>0,05	0,414	>0,05
Площа цитоплазми та площа судин	0,723	>0,05	0,374	>0,05	0,412	>0,05
Кількість пінеалоцитів та площа судин	-0,541	>0,05	-0,372	>0,05	0,583	>0,05
Кількість астроцитів та площа судин	0,095	>0,05	-0,435	>0,05	-0,268	>0,05

щурів за умов впливу солей важких металів та корекції L-токоферолом. Нами встановлено низку зв'язків між морфометричними показниками епіфіза. Згідно з літературними джерелами [14], виявлені кореляційні зв'язки дають змогу визначити ступінь спряженості процесів. Чим менша кількість зв'язків виявляється і слабша спряженість процесів, тим гнучкішою стає система, яка реагує на патологічну зміну середовища. При цьому відбувалися помітні зміни у системі площа ядра – оптична щільність ядра. Якщо в епіфізі контрольних тварин встановлено слабкий позитивний статистично незначущий ранговий кореляційний зв'язок між показниками площі ядра та його оптичною щільністю, то у тварин групи № 1 цей зв'язок стає помірно позитивним статистично незначущим, а у тварин групи № 2 цей зв'язок між показниками посилюється та набував високої сили, ставав позитивним та статистично значущим. Кореляційний зв'язок між показниками оптичної щільності ядра та оптичної щільності цитоплазми в епіфізі контрольних тварин мав високу силу, позитивний статистично незначущий. Але негативний вплив солей важких металів на пінеалоцити епіфіза змінив кореляційний зв'язок між цими показниками до слабкого від'ємного статистично незначущого у тварин групи № 1 та до слабкого позитивного статистично незначущого у тварин групи № 2. Кореляційний зв'язок між показниками площі цитоплазми та площі судин у епіфізі контрольних тварин мав високу силу, позитивний статистично незначущий. Але негативний вплив солей важких металів на пінеалоцити та судинне русло епіфіза змінив кореляційний зв'язок між цими показниками до помірного позитивного статистично незначущого у тварин обох експериментальних груп. Якщо у тварин контрольної групи між показниками площа судин-оптична щільність ядра рангового кореляційного зв'язку не встановлена, то в епіфізі тварин обох експериментальних груп виявлено помірної сили позитивний статистично незначущий ранговий кореляційний зв'язок. Між показниками площа судин-площа ядра епіфіза контрольних тварин та тварин групи № 2 рангового кореляційного зв'язку не встановлено, але в епіфізі тварин групи № 1 виявлено помірної сили позитивний статистично незначущий ранговий кореляційний зв'язок. Якщо у тварин контрольної групи між показниками площа судин-кількість астроцитів рангового кореляційного зв'язку не встановлено, то в епіфізі тварин групи №1 виявлено помірної сили від'ємний статистично незначущий ранговий кореляційний зв'язок, а у тварин групи № 2 цей зв'язок стає слабким від'ємним статистично незначущим. Кореляційний зв'язок між показниками кількості пінеалоцитів та кількості астроцитів у епіфізі контрольних тварин та тварин групи I був слабкої сили, позитивний статистично незначущий. Але негативний вплив солей важких металів на орган разом із вживанням препарата-коректора змінив кореляційний зв'язок між цими показниками до помірного від'ємного статистично незначущого у тварин групи № 2. Між показниками кількості пінеалоцитів та площі судин епіфіза контрольних тварин та тварин групи I встановлено помірної сили від'ємний статистично незначущий ранговий кореляційний зв'язок, але в епіфізі тварин групи № 2 встановлено помірної сили позитивний статистично незначущий ранговий кореляційний зв'язок.

Головні висновки. 1. Отримані результати дослідження відображають багатофакторність патогенетичних механізмів розвитку морфологічних та морфометричних перебудов в епіфізі щурів під впливом солей важких металів та за умов застосування препарата-коректора L-токоферолу.

2. 30-добовий вплив на організм статевозрілих щурів солей важких металів викликав широкий спектр морфологічних перебудов у всіх структурних компонентах залози (паренхімі, стромі та судинному руслі), що мали неспецифічний поліморфний характер та свідчили про розвиток у паренхімі залози пристосувально-компенсаторних процесів з ознаками напруження функціональної активності. Відбулася зміна кореляційних зв'язків між площею судин та площею цитоплазми клітин, ядра та показником оптичної щільності ядра до помірного позитивного

статистично незначущого на відміну від контрольних тварин. Хронічний сумарний вплив солей важких металів на пінеалоцити епіфіза статевозрілих щурів викликав широкий спектр морфологічних змін в ядерному апарату клітин. На це вказувало зростання кореляційного зв'язку у системі площа ядра – оптична щільність ядра до помірного позитивного статистично незначущого, а у системі оптична щільність ядра – оптична щільність цитоплазми, навпаки, зменшувалася від високого, позитивного статистично незначущого в контрольних тварин до слабкого від'ємного статистично незначущого у тварин групи № 1. Це є свідченням зниження активності синтезу РНК та послаблення загального контролюючого впливу ядра на рівень синтетичної активності пінеалоцитів. Наведені перебудови ядра належать до гіпоксичних та пов'язані з генотоксичним впливом солей важких металів на процеси регуляції синтетичної активності клітин та перебіг в організмі загального адаптаційного синдрому. У паренхімі залози спостерігалася незначна ступінь реактивної астроцитарної гліальної реакції, що можна вважати активною адаптивною реакцією нейроглії на дію солей важких металів Згідно з результатами кореляційного аналізу на зміну кількості астроцитів впливало збільшення площі судинного русла. Так, між показниками площа судин-кількість астроцитів, на відміну від контрольних показників, де рангового кореляційного зв'язку не встановлено, виявлено помірної сили від'ємний статистично незначущий ранговий кореляційний зв'язок.

2. Протекторна дія L-токоферолу викликала в епіфізі низку компенсаторно-пристосувальних процесів, направлених на нейтралізацію впливу стресора на орган. Показник площі судин значно та достовірно збільшувався порівняно з показниками контрольних тварин, тварин групи № 1 та і надалі впливав на кореляційний зв'язок між площею судин та площею ядра, кількістю астроцитів та кількістю пінеалоцитів. Спостерігалося посилення кореляційного зв'язку між площею ядер та їх оптичною щільністю, який набував високої сили, ставав позитивним та статистично значущими. Це, безперечно, вказує на поліпшення стану ядерного апарата пінеалоцитів, зменшувалися розміри ядер та показника їх оптичної щільності, що свідчить про значне поліпшення синтетичної активності пінеалоцитів. Відбувалася зміна секреції залози на пептидпродукуючу. Але 30-добовий термін протекторної дії L-токоферолу є недостатнім для повної нейтралізації впливу важких металів на орган, бо негативні перебудови зі сторони структурних компонентів епіфіза негативно впливають на процеси евакуації гормонів у кров, перебіг загального адаптаційного синдрому та відновлення гомеостазу у органі. На це вказує і зменшення інтенсивності кореляційного зв'язку між показниками оптичної щільності ядра та оптичної щільності цитоплазми (слабкий позитивний статистично незначущий), на відміну від високої сили, позитивного статистично незначущого зв'язку у групі контрольних тварин.

Перспективи використання результатів дослідження базуються на проведенні подальших морфологічних, імуногістохімічних та біохімічних досліджень епіфіза щурів за умов довготривалого впливу солей важких металів та корекції виявлених змін.

Література

1. Pollack, L., Ondrasekm, M. R., Calisi, R. Urban health and ecology: the promise of an avian biomonitoring tool. *Current Zoology*. 2017. № 63(2). P. 205–212.
2. Hryntsova, N.B., Timakova, O.O., Romanyuk, A.M. Morphofunctional reconstructions of the epiphysal-parathyroide axis structural components of rats in the period of readaptation after prolonged exposure to heavy metals. *Problems of Endocrine Pathology*. 2020. № 4. P. 106–114.
3. Bahna, S.G., Niles, L.P. Epigenetic regulation of melatonin receptors in neuropsychiatric disorders. British Journal of Pharmacology. 2017. № 2. P. 128–137.
4. Mataba, G.R., Verhaert, V., Blust, R., Bervoets, L. Distribution of trace elements in the aquatic ecosystem of the Thigithe river and the fish Labeo victorianus in Tanzania and possible risks for human consumption. *Science of the Total Environment*. 2016. № 547. P. 48–59.
5. Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., Akash, MSH. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *Journal of Cellular Biochemistry.* 2018. № 119(1). P. 157–184.
6. Bernstein, C., Bernstein H. Epigenetic reduction of DNA repair in progression to gastrointestinal cancer. *World Journal Gastrointestinal Oncology*. 2015. № 7(5). P. 30–46.
7. Wan, D., Han, Z., Yang, J., Yang, G., Liu ,X. Heavy Metal Pollution in Settled Dust Associated with Different Urban Functional Areas in a Heavily Air-Polluted City in North China. *Internatinal Journal of Environmental Research Public Health*. 2016. № 13(11). P. 1119.
8. Volkov, V.P. Functional morphology of the pineal gland in antipsychotic therapy. *Universum: Medicine and Pharmacology electron. scientific*. 2014. № 9 (10). URL: http://7universum.com/en/med/archive/item/1590
9. Бондаренко А.А., Губина-Вакулик Г.И., Геворкян А.Р. Пинеальная железа и гипоталамо-гипофизарно-тиреоидная система: возрастные и хронобиологические аспекты : монография. Харків : Изд-во «С.А.М.», 2013. 262 с.
10. Denisenko, S.A., Gubina-Vakulik G.I. Features of the morphofunctional state of the brain pineal gland of rats-offspring with low-intensity electromagnetic irradiation of their mothers. *Problems of endocrine pathology*. 2009. № 4. P. 112–117.
11. Logvinov, S.V., Gerasimov, A.V., Kostyuchenko, V.P. The morphology of the pineal gland under the influence of light and radiation in the experiment. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2003. № 3. P. 36–43.
12. Pshichenko, V.V. Morphofunctional characteristics of the pineal gland in rats when simulating round-the-clock lighting and acute stress. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2014. № 1(143). P. 150–154.
13. Chlubek, D., Sikora, M. Fluoride and Pineal Gland. Applied Science. 2020. № 10. P. 2885: 1–10.
14. Песоцкая Л.А., Кучук Н.Г., Лакиза Т.В., Евстигнеев И.В., Усенко А.В., Ярчук Е.А. Особенности корреляционных взаимосвязей при железодефицитных анемиях различной этиологии. Системи управління, навігації та зв'язку. 2016. № 1(37). С. 52–57.

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ

УДК 582.57:631.525(477.72)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.24

ПІДСУМКИ ІНТРОДУКЦІЇ *ALLIUM OBLIQUUM* L. У ДЕНДРОЛОГІЧНОМУ ПАРКУ «АСКАНІЯ-НОВА»

Гавриленко Н.О.
Біосферний заповідник «Асканія-Нова» імені Ф.Е. Фальц-Фейна
Національної академії аграрних наук України
вул. Паркова, 15, 75230, смт Асканія-Нова, Херсонська область
askania.park@gmail.com

Allium obliquum L. – реліктовий вид з диз'юнктивним ареалом, занесений до Європейського червоного списку, має статус зникаючого в Україні. Проведено комплексне дослідження його біологічних та екологічних особливостей для визначення оптимальних методів утримання у дендропарку «Асканія-Нова». Встановлено, що фенологічний розвиток виду цілком узгоджується з природно-кліматичними умовами регіону інтродукції. Він добре розвивається, проходить повний життєвий цикл, не ушкоджується абіотичними та біотичними чинниками. За термінами початку вегетації є рослиною ранньовесняного ритмотипу, відростання відбувається наприкінці лютого – на початку березня, має середній за тривалістю цикл розвитку (175–215 діб). За початком цвітіння належить до пізньовесняних видів, за тривалістю цвітіння (34–37 діб) – до рослин тривалого цвітіння, при цьому окремо взята квітка цвіте 4 доби. У багатьох рослин формується другий генеративний пагін. Цвітіння і плодоношення щорічне рясне. Розсіювання насіння відбувається відразу після дозрівання, але через неодночасне дозрівання плодів воно затяжне, триває до 20 діб. Маса 1000 насінин 2,15 г. Доброякісного насіння до 75%, його лабораторна схожість – 40%. У відкритому ґрунті схожість насіння у разі осіннього посіву дуже низька (1–6%), у разі весняного посіву сходів не було; отже, у разі насінного розмноження слід застосовувати осінній (кінець жовтня – початок листопада) посів. Перше цвітіння поодиноких особин реєстрували на третьому році життя. Самосів (іноді поодинокий) формується нечасто, коли складаються сприятливі для проростання насіння погодні умови (тепла волога весна). Вид вирізняється значною стійкістю і не потребує додаткових агротехнічних заходів у культивуванні. Оптимальним для нього є утримання у складі самовідновного угруповання на колекційній ділянці дендропарку та за можливості створення інтродукційних популяцій поза нею. У південному регіоні *Allium obliquum* може бути використана для створення спеціальних колекцій рідкісних та господарсько цінних рослин, а також як декоративна рослина. *Ключові слова:* Allium obliquum L., інтродукційна характеристика, репродуктивна здатність, природне поновлення, способи розмноження, методи утримання.

Results of *Allium obliquum* L. introduction in the Dendrological Park "Askania-Nova". Havrylenko N.
Onion *Allium obliquum* L. is a relict species with a disjunctive range, included in the European Red List, and has the status of endangered in Ukraine. A comprehensive study of its biological and ecological features is carried out to determine the optimal methods of maintenance in the Dendrological Park "Askania-Nova". It is established that the phenological development of the species fit fully with the natural and climatic conditions of the introduction region. It develops well, goes through a full life cycle, and is not damaged by abiotic and biotic factors. In terms of the beginning of the growing season, it is a plant of early spring rhythm type, regrowth occurs in late February – early March, has an average duration of development cycle (175–215 days). According to the beginning of flowering it belongs to the late spring species, under the duration of flowering (34–37 days) – to the plants of long flowering, while a single flower blooms for 4 days. Many adult plants form a second generative shoot. Flowering and fruiting are abundant annually. Seed scattering occurs immediately after ripening, but due to the simultaneous ripening of the fruit, it is prolonged up to 20 days. Weight of 1000 seeds is 2.15 g. Good quality seeds are up to 75%, its laboratory germination is 40%. In the open ground, germination is very low (1–6%) in autumn sowing, in spring sowing there were no seedlings; therefore, autumn (late October – early November) sowing should be used for seed reproduction. The first flowering of single individuals was recorded in the third year of life. Self-seeding (sometimes solitary) is formed infrequently, when favorable weather conditions are turned out for spontaneous seeds germination (warm and humid spring). The species is very stable and does not require additional agronomic measures during cultivation. Keeping a self-renewing group in the collection area of the dendrological park and, if possible, creating introductory populations outside it is optimal for him. In the southern region, *Allium obliquum* can be used to create special collections of rare and economically valuable plants, as well as an ornamental plant. *Key words:* Allium obliquum L., introductory characteristics, reproductive ability, natural renewal, methods of reproduction, methods of maintenance.

Постановка проблеми. Нині людство поставлене перед фактом прискореної втрати біологічного різноманіття. Є нагальна необхідність пошуку шляхів збереження його раритетного складника за межами природних ареалів, одним з яких є опрацювання методів і прийомів культивування та тривалого утримання в колекціях рослин созологічного статусу, їх використання з науковою, природоохоронною та просвітницькою метою.

Актуальність дослідження. *Allium obliquum* L. – реліктовий вид з розірваним ареалом, у межах якого відомо три диз'юнктивні ексклави: Південні Карпати,

Південний Урал, Середня та Центральна Азія. В Україні його виявлено як новий для вітчизняної флори вид у 1979 р. [1], представлений однією популяцією на лівому березі р. Смотрич у Хмельницькій області [2], яка знаходиться під охороною у заказнику місцевого значення «Устянський» (система природоохоронних територій національного природного парку «Подільські Товтри») [3], але чисельність якої у 2015–2016 рр. скоротилася через ерозійні процеси і руйнування рослинного покриву в біотопі [4]. Згодом знайдено нові місцезнаходження популяції виду поблизу с. Вороновиця Чернівецької обл. [5; 6] та поблизу с. Субич Кам'янець-Подільського району Хмельницької області [7]. *Allium obliquum* занесена до Європейського червоного списку [8], має статус зникаючого виду в Україні [2]. Вид включено до Червоних книг кількох суб'єктів Російської Федерації: Республіки Башкортостан [9], Красноярського краю [10], Томської області [11], Оренбурзької області [12], Самарської області [13], Челябінської області [14], що свідчить про наявність серйозних ризиків для його благополуччя по всьому ареалу. Приміром, з часом його чисельність у Томській області стала критичною [15] і там вид вважається, ймовірно, зниклим [11].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження проведено в рамках державної бюджетної науково-дослідної роботи «Розробити наукові основи збереження, оптимізації та раціонального використання фітогенофонду дендропарку «Асканія-Нова» (2016–2020 рр.).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки один з крупних ексклавів *Allium obliquum* знаходиться на території РФ, вид частіше вивчається російськими науковцями. Частина публікацій присвячена його дослідженню в природі і стосується встановлення чисельності в різних місцезростаннях [15; 16]. Лімітуючими біотичними чинниками зазначаються вузька екологічна амплітуда, малочисельність та розрізненість популяцій, специфіка біології розмноження, антропогенними – руйнування біотопів, неконтрольовані випас та викошування, пожежі. Вид культивується в 13 ботанічних садах Росії та в деяких інших країнах [15]. Основною метою інтродукції *Allium obliquum* було збереження виду в культурі [15; 16], поповнення колекцій цибулевих [17], встановлення його перспективності для практичного використання як харчової, зокрема, в умовах Уралу [18; 19; 20] і Сибіру [21], та декоративної рослини [19; 21].

В Україні *Allium obliquum* є в колекціях НБС НАН України ім. М.М. Гришка [22], ботанічних садів ім. акад. О.В. Фоміна Київського національного університету, Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича, Національного дендрологічного парку «Софіївка» [23], ботсаду Кам'янець-Подільського державного аграрно-технічного університету [24], дендрологічного парку «Олександрія» НАНУ [25], а також у дендропарку «Асканія-Нова». Окрім збереження виду ex situ, вітчизняні науковці опрацьовують питання його репатріації [3; 4] та використання як економічно важливої рослини [26].

Метою роботи було вивчення еколого-біологічних особливостей, підсумовування і аналіз результатів інтродукції *Allium obliquum* у південно-степовому регіоні України.

Новизна. Вперше для Півдня України надано інтродукційну характеристику у культивуванні в регіональних природно-кліматичних умовах раритетного виду вітчизняної та євразійської флори *Allium obliquum*. Отримані відомості щодо перебігу життєвого циклу, показників розвитку, особливостей репродукції, поновлення, ефективності насіннєвого розмноження. Визначено оптимальні умови його утримання в дендропарку.

Методологічне або загальнонаукове значення. Збереження рідкісних видів значною мірою залежить від знання діапазону їх екологічної валентності, параметри якої можуть встановлюватися як у природних умовах, так і експериментально, зокрема, в процесі інтродукційних досліджень. *Allium obliquum* належить саме до таких видів, адаптивні реакції якого потребують подальшого вивчення, а встановлені їх параметри будуть сприяти його збереженню в штучно створених осередках.

Методи роботи. У статті наведено підсумки дослідження *Allium obliquum* у 2016–2020 рр. з колекції дендропарку «Асканія-Нова». Сезонний розвиток рослин вивчали за загальноприйнятою методикою стаціонарних фенологічних спостережень [27], визначали також фенологічний лаг від початку цвітіння до повного дозрівання насіння. Якісні показники насіння оцінювали за встановленими нормативами [28]. Наявність самосівного та вегетативного відтворення, збереженість самосійних рослин з'ясовували шляхом перманентних спостережень (періодичність – двічі на тиждень), спроможність рослин до спонтанного поширення внаслідок насіннєвого поновлення – за відстанню між материнськими та самостійними рослинами. У морфометричних дослідженнях рослин визначали їх висоту, довжину та ширину листків, квіток, плодів та насіння, вегетативних діаспор – їх довжину та ширину; для вимірів відбирали 25 особин у фазі цвітіння. Для характеристики плодів використовували розробки Р.Ю. Лєвіної [29]. Описи насіння складали за типовими зовнішніми ознаками – розмір, форма, характер поверхні, забарвлення, насінний рубчик [30], вираховували індекс форми насінини (ІН) – відношення її довжини до ширини. Вивчення морфології насіння проводили з допомогою стереоскопічного мікроскопа MICROmed XS-6220. Оптимальні способи насіннєвого розмноження встановлювали за різних термінів посіву. Обробку фактичних даних здійснювали за

основними математико-статистичними методами, які застосовуються в біологічних дослідженнях [31], з використанням комп'ютерної програми MS Excel.

Виклад основного матеріалу. У дендропарк *Allium obliquum* залучено насінням 2010 р. із ботанічного саду м. Таллінна (Естонія). Вона утримується на колекційній ділянці квітниково-декоративних рослин, де здійснюється регулярне зрошення (до зволоження на глибину залягання коріння, один раз на 8–10 днів, а у спекотну погоду – один раз на 4–5 днів, до настання генеративної фази, надалі кількість поливів скорочується) та обробка ґрунту – рихлення по мірі його ущільнення, у разі появи бур'яну, після поливу чи рясних опадів.

Рослини перебувають у задовільному стані, без ознак пригнічення росту. Їхня середня висота становить 54,2±3,8 см. Листки широкі, лінійні, пласкі, стеблообгортні. Зеленкувато-жовті квітки зібрані в густе кулясте зонтикоподібне суцвіття 3,2±0,3 см завд., 3,9±0,3 см завш. Плід – куляста тригнізда коробочка зі слабко вираженими гранями. У кожному гнізді міститься 1–2 насінини. Насінина тригранна, еліпсоподібна, з двома загостреними кінчиками, ІН 1,83. Поверхня насінини чорна, лускоподібна; насінний рубчик маленький, точковий. Маса 1000 насінин 2,15 г. Цибулина довгаста, масою 10,9±4,2 г. Морфометричні показники вегетативних та генеративних органів наведено в таблиці 1.

Тривалість вегетації *Allium obliquum* становила 175–215 діб, а фенологічний лаг від початку цвітіння до дозрівання насіння – 59–68 діб (табл. 2), тобто вегетаційний сезон в умовах регіону забезпечував дозрівання її насіння (тривалість періоду із середніми температурами повітря вище 0°С у регіоні не менше 280 діб).

Таблиця 1

Морфометрична характеристика вегетативних та генеративних органів *Allium obliquum*

Найменування	Розміри, см	
	ширина	довжина
Висота рослини	54,2±3,8	
Листок	2,06±0,38	28,6±0,7
Квітка (розміри пелюстки)	0,18±0,04	0,34±0,05
Плід	0,42±0,04	0,45±0,05
Насінина	0,18±0,04	0,33±0,04
Цибулина	5,1±0,8	1,6±0,4

За термінами початку вегетації *Allium obliquum* є рослиною ранньовесняного ритмотипу, має середній за тривалістю цикл розвитку. За початком цвітіння належить до пізньовесняних видів, за тривалістю цвітіння – до рослин тривалого цвітіння. Окремо взята квітка цвіте 4 доби. Цвіте щорічно, рясно. Плодоношення вирізняється стабільністю та досить високим рівнем рясності. Розсіювання насіння відбувається відразу після дозрівання, але через неодночасне дозрівання плодів затяжне, триває до 20 діб. Відстань масової дисемінації є незначною – до 0,5 м.

Потенційна насіннєва продуктивність середньовікових генеративних рослин становить 394,9 ± 15,6 шт., фактична – 326,9 ± 14,4 шт., коефіцієнт продуктивності – 82,8%. Доброякісного насіння 75%. Лабораторна схожість насіння – 40%, енергія проростання – 11%, воно починає проростати за 7 діб, проростання триває 49 діб.

Втім доля проросло у штучних умовах насіння була набагато більша такої у відкритому ґрунті. У разі осінніх посівів його польова схожість становила від 1 до 6%, у разі весняних посівів сходів не було. Отже, у разі насінного розмноження слід застосовувати

Таблиця 2

Основні показники сезонного розвитку *Allium obliquum*

Характеристика фенофаз	Характеристика дат					
	сер.	min.	max.	к-ть сер.	к-ть ран.	к-ть пізн.
1	2	3	4	5	6	7
Відростання	28.02	20.02	11.03	–	3	2
Бутонізація	1.04	17.03	10.04	2	1	2
Цвітіння:						
початок	12.05	6.05	17.05	2	1	2
кінець	15.06	8.06	22.06	2	1	2
тривалість, дні	35	34	37	2	1	2
Плодоношення:						
зав'язування плодів	4.06	20.05	22.06	–	3	2
дозрівання перших плодів	11.07	8.07	16.07	3	1	1
Розсіювання насіння:						
початок	12.07	2.07	30.07	3	1	1
кінець	3.08	22.07	20.08	2	2	1
Відмирання	10.09	27.08	20.09	–	2	3
Фенологічний лаг, дні	64	59	68	1	2	2
Тривалість періоду вегетації, дні	195	175	215	–	3	2

Рис. 1. Другий генеративний пагін у Allium obliquum

Рис. 2. Вегетативне поновлення Allium obliquum у дендропарку «Асканія-Нова»

осінній (кінець жовтня – початок листопада) посів. Збереженість молодих рослин висока. В перший рік вегетації висота їх становила 5–10 см, на третій – від 15 см до 63 см. Перше цвітіння поодиноких особин реєстрували на третьому році життя. У однієї з них на четвертому році утворився другий генеративний пагін. Таке явище реєструвалося у багатьох дорослих рослин (рис. 1).

Впродовж періоду досліджень насінне поновлення *Allium obliquum* було дуже слабким. Сіянець виявлено лише одного разу – у 2019 році – безпосередньо поблизу (за 1 см) дорослої особини під час обстеження наприкінці другої декади листопада. Вірогідно, що проросло насіння тогорічної генерації; цьому сприяли погодні умови – впродовж серпня–жовтня склався достатній режим зволоженості за рахунок окремих дощів (по чотирьох декадах опадів випадало від 152% до 529% до норми) і великої кількості туманів, а температура повітря двох осінніх місяців була вищою за середню багаторічну, перші помітні заморозки сталися з 31 жовтня до 3 листопада поспіль. Проте у середині квітня

2021 року, після дощових другої та третьої декади березня, коли випало більше 160% місячної норми опадів, з'явився доволі чисельний самосів.

Відсутність же стабільного насінного поновлення виду ми пояснюємо кількома причинами, передусім, низькою схожістю насіння та високим ступенем випадковості формування сприятливих для проростання насіння погодних умов. До слова, самосів не відзначали у разі інтродукції *Allium obliquum* у Сибірському ботанічному саду Томського університету [15].

В умовах дендропарку вид поновлюється також і вегетативно (рис. 2).

Дослідники зазначають, що тривалість онтогенезу *Allium obliquum* в інтродукції становить 20–25 років [15]; що рослини можуть рости, не випадаючи, десятки років [32], зимостійкі та стійкі до весняних заморозків, не ушкоджуються хворобами та шкідниками. У дендропарку «Асканія-Нова» вид росте на одному місці більше 10 років, його чисельність досягла 120 особин. За час дослідження ми не відзначали його вимерзання чи ушкодження шкодочинними організмами. Загалом, вид вирізняється значною стійкістю і не потребує додаткових агротехнічних заходів у культивуванні.

Головні висновки. *Allium obliquum* виявляє високий ступінь адаптації в умовах культури на Півдні України, стабільно цвіте і плодоносить з високим рівнем рясності. Вид час від часу поновлюється самостійно та спроможний до вегетативного поновлення, завдяки чому є потенціал для спонтанного нарощування чисельності. Зважаючи на добрий життєвий стан рослин, здатність їх до природного поновлення та можливість насінного розмноження можна оцінювати перспективу збереження виду як значну. Оптимальним для нього є утримання у складі самовідновного угруповання на колекційній ділянці дендропарку та за можливості створення інтродукційних популяцій поза нею.

Перспективи використання результатів дослідження. Насінний матеріал *Allium obliquum* з дендропарку «Асканія-Нова» може бути використано в разі необхідності для репатріації в природні умови в межах наявного ареалу, а також для створення спеціальних колекцій рідкісних та господарсько цінних рослин у різних освітніх та просвітницьких закладах – школах, установах позашкільної роботи – не лише південного регіону, а і південного сходу та центру України. Також видається доцільним її подальше розведення як декоративної рослини і використання в озелененні, декоративному садівництві, ландшафтному дизайні. *Allium obliquum* найкраще виглядає у групових посадках як у складі різноманітних квітникових угруповань, так і в комбінаціях з декоративним камінням чи в оформленні «плям» на газонах і галявинах.

Література

1. Дидух Я.П., Камелин Р.В., Куковица Г.С. Allium obliquum (Alliaceae) – новый вид для флоры Украины. *Ботан. журн*., 1982, № 67(4). С. 547–549.
2. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я.П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. С. 53.
3. Любінська Л.Г., Рубановська Н.В. Відновлення рідкісних видів роду Allium L. в умовах Західного Поділля. *Подільські читання Камянець-Подільського національного університету ім. І. Огієнка,* 2016, № 3, с. 224–227.
4. Рубановська Н.В., Солоненко А.М., Соломаха В.А. Динаміка популяції Allium obliquum L. в умовах Західного Поділля. *Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького.* 2016. № 6(3). С. 407–413.
5. Баточенко В.М. Allium obliquum L. – доповнення до списку флори Буковини. *Природозаповідання як основна форма збереження біорізноманіття* : мат. наук.-практ. конф. (20–21 вересня 2012 р.). Кременець : ТОВ Папірус-К, 2012. С. 282–285.
6. Баточенко В.М. Знахідки деяких видів флори, занесених до Червоної книги України, на Волино-Поділлі та Закарпатті. *Знахідки рослин і грибів Червоної книги та Бернської конвенції (Резолюція 6).* Т. 1 / наук. ред. А.А. Куземко. Київ–Чернівці : Друк Арт, 2019. (Серія: "Conservation Biology in Ukraine", вип. 11). С. 24–40.
7. Вашеняк Ю.А., Дідух Я.П., Термена І.Б. Нове місцезнаходження Allium obliquum L. у Дністровському каньйоні. *Знахідки рослин і грибів Червоної книги та Бернської конвенції (Резолюція 6).* Т. 1 / наук. ред. А. А. Куземко. Київ–Чернівці : Друк Арт, 2019. (Серія: "Conservation Biology in Ukraine", вип. 11). С. 162.
8. European Red List of Vascular Plants. European union, 2011. 144 p.
9. Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1: Растения и грибы. Втор. изд., доп. и перераб. / Гл. ред. Б.М. Миркин. Уфа : МедиаПринт, 2011. 384 с.
10. Красная книга Красноярского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов. 2-е изд., перераб. и доп. / Отв. ред. Н.В. Степанов. Красноярск, 2012. 572 с.
11. Красная книга Томской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Отв. ред. А.М. Адам. Томск : Печатная мануфактура, 2013. 504 с.
12. Перечень объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Оренбургской области. Постановление правительства Оренбургской области от 16.04.2014 № 229-п.
13. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов / Под ред. С.А. Сенатора и С.В. Саксонова. Самара : Изд-во Самарской гос. област. академии (Наяновой), 2017. 384 с.
14. Красная книга Челябинской области: животные, растения, грибы / отв. ред. А.В. Лагунов. Москва : Реарт, 2017. 504 с.
15. Амельченко В.П. Редкие и исчезающие растения Томской области (анатомия, биоморфология, интродукция, реинтродукция, кариология, охрана). Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 2010. 238 с. + 8 вкл.
16. Абрамова Л.М., Мулдашев А.А., Шигапов З.Х., Галеева А.Х., Маслова Н.В. Сохранение биоразнообразия редких видов растений Южного Урала методами "ex situ". *Раритеты флоры Волжского бассейна* : докл. участников Рос. науч. конф. Тольятти, 2009. С. 6–13.

17. Гринберг Е.Г., Сузан В.Г. Луковые растения в Сибири и на Урале. Новосибирск, 2007. 224 с.
18. Хайретдинов С.С. Биоморфологические особенности Allium obliquum L. при интродукции в лесостепи Башкирской АССР : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.05. Свердловск, 1984. 18 с.
19. Тухватуллина Л.А. Интродукция, биология и размножение представителей рода Allium L. в лесостепной зоне Башкирского Предуралья : автореф. дисс. … канд. биол. наук : 03.00.05 «Ботаника. Уфа, 2004. 23 с.
20. Сузан В.Г. Создание сортов и совершенствование технологии возделывания луковых культур в условиях Среднего Урала : автореф. дис. … докт. с.-х. наук : 06.01.05 «Селекция и семеноводство», 06.01.06 «Овощеводство». Тюмень : Тюменская гос. с.-х. академия, 2009. 32 с.
21. Фомина Т.И. Перспективные пищевые и декоративные дикорастущие виды *Allium* L. в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. *Вестник Оренбургского гос. пед. ун-та.* 2020. № 1(33). С. 48–53.
22. Гапоненко М.Б., Собко В.Г., Гнатюк А.М. Раритетні види колекційної ділянки «Рідкісні рослини флори України» Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України». *Проблеми експериментальної ботаніки та біотехнології* : збірник наукових праць. Київ : Фітосоціоцентр, 2012. С. 72–84.
23. Каталог раритетних рослин ботанічних садів і дендропарків України : довідковий посібник / за ред. А.П. Лебеди. Київ : Академперіодика, 2011. 184 с.
24. Любінська Л.Г., Рубановська Н.В., Пономаренко Т.М. Рід Allium L. у Кам'янець-Подільському ботанічному саду. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Природничі науки*. Кам'янець-Подільський : ПП Мошинський, 2012. Вип. 4. С. 31–34.
25. Калашнікова Л.В. Представленість раритетних видів роду Allium L. у колекції дендрологічного парку «Олександрія» НАН України. С. 148–149. *Флористичне і ценотичне різноманіття у відновленні, збереженні та охороні рослинного світу* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції 23–25 квітня 2018 р. Київ : Видавництво Ліра-К, 2018. 200 с.
26. Колекційний фонд енергетичних, ароматичних та інших корисних рослин НБС імені М.М. Гришка НАН України / Рахметов Д.Б. та ін. Київ : ПАЛИВОДА А.В., 2020. 208 с.
27. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. Главн. бот. сад АН СССР. Москва : ГБС АН СССР, 1975. 27 с.
28. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138-2002. Київ : Держстандарт України, 2003. 173 с.
29. Левина Р.Е. Морфология и экология плодов. Ленинград : Наука, 1987. 160 с.
30. Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Семя. Ленинград : Наука, 1990. 204 с.
31. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. Москва : Наука, 1990. 296 с.
32. Хайретдинов С.С. Биология цветения лука косого. *Бюлл. Главн. ботан. сада.* 1987. Вып. 145. С. 43–48.

УДК 630*2:504 (477,42/41)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.25

ТЕНДЕНЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОНСОРТИВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПТАХІВ У ВЕСНЯНО-ЛІТНІЙ ПЕРІОД ПІД ВПЛИВОМ НАПІВВІЛЬНОГО УТРИМАННЯ МИСЛИВСЬКИХ ТВАРИН В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ

Климчук О.О., Кратюк О.Л., Власюк В.П.
Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
OleksandraKlymchuk@gmail.com

Стаття присвячена дослідженню основних характеристик функціонування орнітоконсорції сосни звичайної у весняно-літній період під впливом напіввільного утримання мисливських тварин в умовах Центрального Полісся. Для дослідження вибрано вольєр МРК «Рись» на території Пищівського лісництва ДП «Новоград-Волинське ДЛМГ». Видовий склад мисливських тварин вольєра представлений кабаном диким (*Sus scrofa* L.), муфлоном європейським (*Ovis ammon musimon* L.) та козулею європейською (*Capreolus capreolus* L.). У функціонуванні консорції сосни звичайної загалом зафіксовано сімнадцять видів птахів. Панівними видами є дятел звичайний (*Dendrocopos major* L.), вівчарик-ковалик *(Phylloscopus collybita* L.*)* та синиця велика (*Parus major* L.) і їх частка в загальному бюджеті часу консортивних зв'язків із сосною звичайною становить 52,42%, 13,70% та 11,78% DTB відповідно. Домінуючими видами функціональної взаємодії є топічні зв'язки – 54,15% DTB. Для топічної складової сосни звичайної характерне домінування *Dendrocopos major*, сорокопуда тернового (*Lanius collurio* L.) і *Phylloscopus collybita* –32,28%, 9,99% і 25,31% DTB топічних зв'язків відповідно. Найбільшу кількість топічних зв'язків виявили *Phylloscopus collybita* та *Parus major.* Домінуючими трофоконсортами знову зафіксовано *Dendrocopos major* і *Parus major* –76,20% і 14,14% DTB трофічних зв'язків відповідно. Характерною рисою для функціонування консорції сосни звичайної є велика дольова частка видів, які полюють на поверхні стовбура, – 76,93% DTB трофічних зв'язків. Фабричні та форичні зв'язки не виявлено. У топоморфічній структурі переважають дріміофіли – 95,74% DTB, у клімаморфічній – річні види – 79,47% DTB. Трофоморфічна структура орнітоконсорції є повною, з перевагою групи зоофагів, що становить 94,88% DTB. Перевага у складі орнітоконсорції лісових видів свідчить про важливу роль сосни звичайної у формуванні функціональної структури лісових біогеоценозів. Таким чином, отримані результати дослідження закономірностей функціонування орнітоконсортів із сосною звичайною під впливом напіввільного утримання мисливських тварин у майбутньому можуть бути використані для визначення особливостей впливу вольєрного утримання ратичних на лісові біогеоценози. *Ключові слова:* орнітоконсорти, вольєр, бюджет часу, топічні і трофічні зв'язки, топоморфи, клімаморфи.

Tendencies of functioning of concortive relationships of birds in the spring-summer period under the influence of semi-free maintenance of hunting animals of the Central Polissya. Klymchuk O., Kratiuk O., Vlasiuk V.

The article is devoted to the study of the main characteristics of the functioning of the birds-consorts species of Scots pine in the spring-summer period under the influence of semi-free maintenance of hunting animals in the conditions of Central Polissya. The enclosure Rys HFC on the territory of Pyshchiv forestry of Novograd-Volynske RHFC SOE was chosen for the researching. *Wild boar* (*Sus scrofa* L.), *European mouflon* (*Ovis ammon musimon* L.) and *European roe deer* (*Capreolus capreolu*s L.) represent the species composition of hunting animals of the enclosure. Overall, seventeen species of birds were recorded in the functioning of the consortia of Scots pine. The dominant species are *Great Spotted Woodpecker* (*Dendrocopos major* L.), *Chiffchaff* (*Phylloscopus collybita* L.) and *Great Tit* (*Parus major* L.) and their share in the total time budget of consortium relations with Scots pine is 52.42%, 13.70% and 11.78% DTB. The prevailing type of functional interaction with autotroph consists in topic relationships – 54.15% DTB. The topic component of Scots pine is characterized by the dominance of *Dendrocopos major*, *Red-backed Shrike* (*Lanius collurio* L.) and *Phylloscopus collybita* – 32.28%, 9.99% and 25.31% of the time budget of topical relationships accordingly. *Phylloscopus collybita* and *Parus major* found the highest number of topical relationships. *Dendrocopos major* and *Parus major* were again recorded as the dominant trophoconsort – 76.20% and 14.14% of DTB trophic relationships accordingly. The characteristic feature of the functioning of the consortium of Scots pine is the large share of species that hunt on the surface of the trunk – 76.93% DTB trophic relationships. Phoric and phabric relationships are not fixed. Among the topomorphs in the biomorphic composition of Scots pine drimiofiles dominate – 95.74% DTB. Climamorphic composition of consortive relationships of birds is characterized by the dominance of yearlings species – 79.47% DTB. The tropomorphic structure of the ornithoconsortium is complete, with a predominance of the zoophages – 94.88% DTB. The advantage in the composition of the ornithoconsortium of forest species indicates the important role of Scots pine in the formation of the functional structure of forest biogeocenoses. Thus, the results of the study of the patterns of functioning of ornithoconsorts with Scots pine under the influence of semi-free maintenance of hunting animals in the future can be used to determine the characteristics of the impact of enclosure keeping on forest biogeocenoses. *Key words:* birds-consorts species, enclosure, time budgets, topic and trophic relationships, topomorfs, climetforms.

Постановка проблеми. Концепція поняття консорції була незалежно сформульована у 50-х роках XX століття двома східноєвропейськими вченими: В.М. Беклемішевим та Л.Г. Раменським. За сучасними міркуваннями, під консорцією розуміють таку сукупність особин різноманітних видів, у центрі

якої знаходиться особина будь-якого автотрофного або гетеротрофного виду, компоненти якої пов'язані з центром трофічними, топічними, фабричними або форичними зв'язками, і під впливом якої формується специфічне мікросередовище [1].

З'ясування основних тенденції функціонування орнітоконсорцій в умовах впливу напіввільного утримання мисливських тварин неможливе без пізнання особливостей взаємодії орнітоконсортів із середовищем існування. У функціонуванні орнітоконсорції весняний період має важливе значення: основну частину часу птахи витрачають на будівництво гнізд, охорону гніздових територій, насиджування яєць, вигодовування пташенят. Спостерігається рівномірне розміщення комахоїдних птахів і відносна стабілізація їх чисельності [2]. Відповідно, це проявляється в різноманітті консортивних зв'язків.

Актуальність досліджень. Птахи є невід'ємною частиною лісової екосистеми. Наразі досліджено питання складу та щільності населення птахів переважаючих груп і підгруп різних типів лісу переважно Західного регіону України [3]. Проте консортивні зв'язки окремих їх видів із головними лісотвірними породами, в умовах напіввільного утримання мисливських тварин досі є мало вивченими.

Результати досліджень консортивних зв'язків птахів на території вольєрів сприятимуть уточненню видового складу орнітоконсорцій, що найтісніше пов'язані з головними лісотвірними породами. З'ясування цього питання є однією з передумов вивчення питання ролі і місця видів-консортів у функціонуванні лісових біогеоценозів, їх значення в ланцюгах живлення.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Біогеоценотична роль ратичних має фундаментальне середовищетвірне значення і торкається усіх без винятку складників лісових екосистем, особливо у вольєрах. Проблема впливу напіввільного утримання мисливських тварин на лісові біогеоценози має комплексний характер та потребує всебічного аналізу із застосуванням цілого спектра індикаційних методів моніторингу стану лісових біогеоценозів.

Дослідження проводили на базі Поліського національного університету в рамках науково-дослідної роботи кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій «Вплив напіввільного утримання мисливських тварин на лісові біогеоценози Західного і Центрального Полісся України» (номер держреєстрації: 0120U100809).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання вивчення птахів у системі функціонування консорції є неоднозначною. На перших етапах вивчення поняття консорції трактувалось досить вузько, і тому птахів, незважаючи на їх активну взаємодію з вищими рослинами, не включили до складу консорції, бо індивідуальні зв'язки птахів з автотрофними рослинами мають, як правило, тимчасовий характер [4].

В Україні вивченню птахів крізь призму консортивних зв'язків не приділялось належної уваги. Окремі регіональні дослідження стосуються формування консортивних зв'язків птахів у лісостанах Степового Придніпров'я [5–7] та урбанізованого ландшафту Донбасу [8]. Щодо видового аспекту варто зазначити відомості стосовно топічних і фабричних консортивних зв'язків представників роду очеретянок (*Acrocephalus*) [9], а також їх роль у системі консорцій [10]. Крім того, в умовах дібров та соснових лісів Північно-Східної України в системі консорцій також досліджено значення синиці блакитної (*Parus caeruleus* L.) [11] та горобця польового (*Passer montanus*) [12]. Вивчення сезонних аспектів функціонування орнітоконсорцій сосни звичайної та дуба черешчатого в умовах Житомирського Полісся розглянуто в наших працях [13–15].

Варто зазначити, що нині є відомості стосовно консортивних зв'язків ратичних в острівних екосистемах Південного Сходу України з охоронним статусом [16].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Результати досліджень консортивних зв'язків птахів із сосною звичайною дозволяють оцінити ступінь та характер змін структурно-функціональних зв'язків компонентів лісових біогеоценозів у вольєрах. З однієї сторони, насичення вольєрів мисливськими тваринами неодмінно веде до погіршення санітарного стану лісових насаджень, а з іншої – зумовлює розвиток комплексу ентомошкідників, покращуючи кормову базу комахоїдним птахам. Для збалансування мисливськогосподарського впливу та недопущення процесів деградації лісових біогеоценозів необхідний пошук методів діагностики зміни компонентів лісових екосистем, у тому числі орнітокомплексів, під дією напіввільного утримання мисливських тварин.

Новизна. Вперше для території Центрального Полісся проаналізовано зміни функціонування орнітоконсортів в умовах напіввільного утримання мисливських тварин.

Метою роботи є дослідження консортивних зв'язків птахів із сосною звичайною у весняно-літній період під впливом напіввільного утримання мисливських тварин в умовах МРК «Рись».

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати наших досліджень стануть ще одним кроком у розумінні складних процесів взаємодії між компонентами лісових біогеоценозів та дадуть змогу у майбутньому прогнозувати ризики зміни лісових екосистем у вольєрах. Встановивши залежність між розмірами вольєрів, видовим складом мисливських тварин та станом компонентів лісових насаджень можлива розробка невиснажливої моделі раціонального використання не лише мисливських, а й лісових ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Мета дослідження – встановити вплив напіввільного утримання

мисливських тварин на характер функціонування консортивних зв'язків птахів у весняно-літній період.

Об'єктами досліджень є орнітоконсорції сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Модельними групами птахів для вивчення консорції вибрано представників ряду Дятлоподібних *Piciformes* та Горобцеподібних *Passeriformes*.

Дослідження проводили на території вольєра ТОВ «Мисливсько-рибальський клуб «Рись», створеного орієнтовно у 1974–1977 рр. на території тоді ще Новоград-Волинського лісгоспзагу. Тимчасові пробні площі закладали у Пищівському лісництві ДП «Новоград-Волинське ДЛМГ» (квартал 92, виділ 14). Загальна площа вольєра становить 34,6 га. Основні лісівничо-таксаційні показники такі: склад насадження – 7Сз3Дз, вік насадження – 91 років, висота – 29 м, діаметр – 40 см, бонітет – I^a, тип лісу – свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (C_2-гдС), повнота – 0,4, підлісок – ліщина звичайна. Видовий склад мисливських тварин у вольєрі представлений кабаном диким (*Sus scrofa* L.), муфлоном європейським (*Ovis ammon musimon* L.) та козулею європейською (*Capreolus capreolus* L.).

Як основний метод дослідження консорцій використовували хронометрування денного бюджету часу (DTB) птахів на один екземпляр деревної породи [17; 18]. За допомогою візуального спостереження фіксували бюджет часу птахів для кожного екземпляра деревостану (ядра консорції) упродовж усього світлового дня. Користуючись вищенаведеною методикою, ми фіксували вид птаха, вид функціональної взаємодії з автотрофом: трофічні, топічні, фабричні, форичні зв'язки; тривалість функції взаємодії птаха з автотрофом у секундах.

Розподіл птахів за розмірами біоморфічних ланок проводили відповідно до змін, внесених О.Л. Пономаренком [19] у робочу схему біоморф М.П. Акімова [20].

У функціонуванні консорції сосни звичайної під впливом напіввільного утримання мисливських тварин у весняно-літній період зафіксовано сімнадцять видів птахів: яструб великий (*Accipiter gentilis* L.), зозуля (*Cuculus canorus* L.), крутиголовка (*Jynx torquilla* L.), жовна чорна (*Dryocopus martius* L.), дятел звичайний (*Dendrocopos major* L.), дятел малий (*D. minor* L.), сорокопуд терновий (*Lanius collurio* L.), сойка (*Garrulus glandarius* L.), крук (*Corvus corax* L.), вівчарик-ковалик (*Phylloscopus collybita* L.), вічарик жовтобровий (*P.* sibilatrix L.), чикотень (*Turdus pilaris* L.), гаїчка-пухляк (*Parus montanus* L.), синиця блакитна (*P. caeruleus* L.), синиця велика (*P. major* L.), повзик (*Sitta europaea* L.), костогриз (*Coccothraustes coccothraustes* L.).

Домінуючими видами є *Dendrocopos major*, *Phylloscopus collybita* та *Parus major* –52,42%, 13,70% і 11,78% DTB відповідно (рис. 1). *Dryocopus martius*, *Lanius collurio*, *Garrulus glandarius*, *Corvus corax*, *Turdus pilaris*, *Parus caeruleus*, *Sitta europaea*, *Coccothraustes coccothraustes* є субдомінуючими видами, і їх загальний бюджет часу становить 19,2% DTB. Частка другорядних видів (*Accipiter gentilis*, *Cuculus canorus*, *Jynx torquilla*, *Dendrocopos minor*, *Phylloscopus* sibilatrix, *Parus montanus*) становить 2,91% DTB.

Орнітоконсорти брали участь у топічних і трофічних зв'язках (табл. 1). У консорції сосни звичайної у весняно-літній період зафіксовано п'ять видів функціональної діяльності, а саме: один належить до трофічних, чотири – до топічних (поза готовності, відтворення акустичних сигналів, чистка пір'я та педальні переміщення). Форичних та фабричних видів консортивних взаємодій зафіксовано не було.

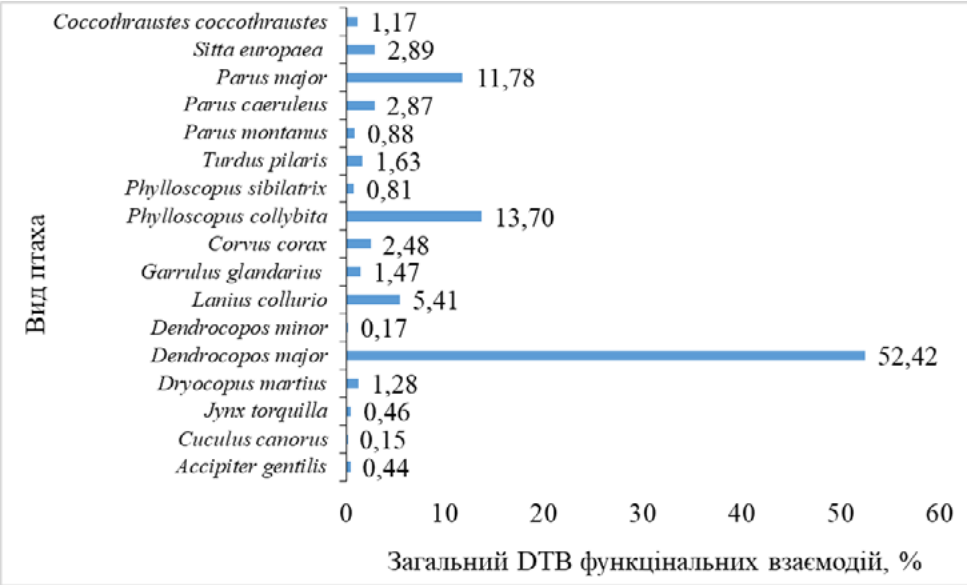


Рис. 1. Загальний бюджет часу консортивних зв'язків із сосною звичайною під впливом напіввільного утримання мисливських тварин у весняно-літній період

Таблиця 1

Характеристика консорції сосни звичайної під впливом напіввільного утримання мисливських тварин у весняно-літній період

Параметри системи зв'язків	Показники
Кількість видів консортів	17
Частка трофічних зв'язків, %	48,85
Частка топічних зв'язків, %	54,15
Частка фабричних зв'язків, %	–
Частка форичних зв'язків, %	–

Переважаючим видом функціональної взаємодії з автотрофом у весняно-літній період є топічні зв'язки – 54,15% DTB. У топічних зв'язках беруть участь шістнадцять видів птахів із сімнадцяти зафіксованих (рис. 2). Для топічної складової частини орнітоконсорції сосни звичайної характерне домінування *Dendrocopos major*, *Lanius collurio* і *Phylloscopus collybita* –32,28%, 9,99% і 25,31% DTB топічних зв'язків відповідно. Своєю чергою *Dryocopus martius*, *Garrulus glandarius*, *Corvus corax*, *Phylloscopus* sibilatrix, *Turdus pilaris*, *Parus major*, *Sitta europaea*, *Coccothraustes coccothraustes* виступають субдомінантами і їх загальний бюджет часу становить 19,44% DTB топічних зв'язків. Другорядними видами є *Accipiter gentilis*, *Cuculus canorus*, *Jynx torquilla*, *Dendrocopos minor*, *Parus caeruleus,* і їх дольова частка є незначною – 3,21% DTB топічних зв'язків.

Найбільшу кількість топічних зв'язків (три види) виявили *Phylloscopus collybita* (поза готовності, чистка пір'я, педальні переміщення) та *Parus major* (відтворення акустичних звуків, чистка пір'я, педальні переміщення). В той же час *Dryocopus martius*, *Dendrocopos major*, *Garrulus glandarius*, *Parus caeruleus*, *Sitta europaea*, *Coccothraustes coccothraustes* виявили по два види залежностей. Решта видів птахів-консортів виявили по одному виду функціонального зв'язку (здебільшого поза готовності). *Parus montanus* не виявила жодного виду топічної функціональної залежності. Таким чином, консорція сосни звичайної у весняно-літній період має досить спрощений характер.

Трофічна складова частина консорції сосни звичайної за видовим складом є біднішою за топічну. У функціонуванні таких зв'язків беруть участь шість видів із сімнадцяти зафіксованих (рис. 3). *Dendrocopos major* і *Parus major* є домінуючими трофоконсортами –76,20% і 14,14% DTB трофічних зв'язків відповідно. Субдомінантами є *Parus montanus* – 1,92%, *Parus caeruleus* – 5,12% і *Sitta europaea* – 1,90% DTB трофічних зв'язків. Частка *Dryocopus martius* несуттєва і становить 0,73% DTB трофічних зв'язків.

Характерною рисою для консорції сосни звичайної є велика дольова частка видів, які полюють на поверхні стовбура (*Dendrocopos major* і *Dryocopus martius*) – 76,93% DTB трофічних зв'язків. Ця особливість свідчить про те, що фітомаса сосни звичайної не є вагомим джерелом трофічної бази для птахів.

Топоморфи консорції сосни звичайної у весняно-літній період представлені убіквістами, дріміофілами та узлісниками. Домінуючими є дріміофіли (*Accipiter gentilis*, *Jynx torquilla*, *Dryocopus martius*, *Dendrocopos major*, *Dendrocopos minor*, *Lanius collurio*, *Garrulus glandarius*, *Phylloscopus collybita*, вічарик жовтобровий, *Parus montanus*, *Parus caeruleus*, *Parus major*, *Sitta europaea*, *Coccothraustes coccothraustes*) – 95,74% DTB. Частка убіквістів (*Corvus corax*) та узлісників (*Turdus pilaris*) становить 2,63 % і 1,63% DTB відповідно (табл. 2) і свідчить про їх випадковий характер.

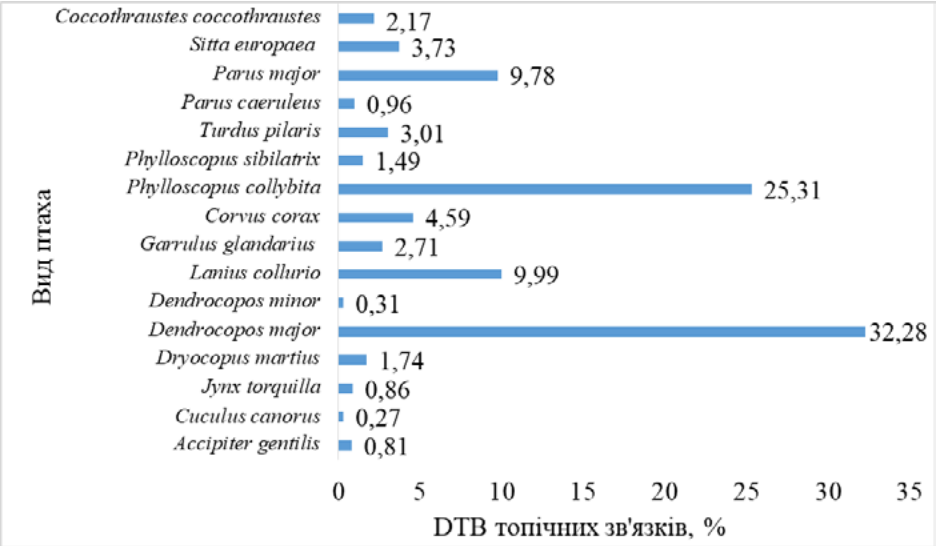


Рис. 2. Частка топічних зв'язків орнітоконсортів з сосною звичайною під впливом напіввільного утримання мисливських тварин у весняно-літній період

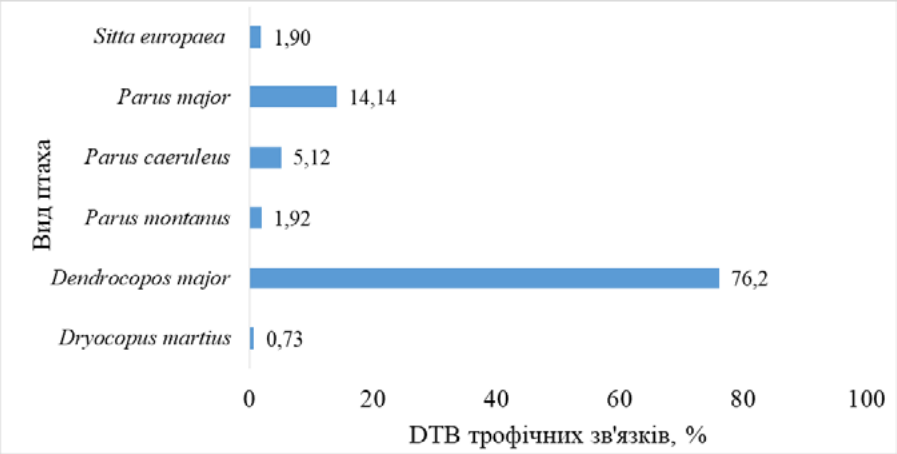


Рис. 3. Частка трофічних зв'язків орнітоконсортів із сосною звичайною під впливом напіввільного утримання мисливських тварин у весняно-літній період

Клімаморфічна структура консорції сосни звичайної у весняно-літній період є повною і представлена річними та сезонними видами. У клімаморфічній структурі консортивних взаємодій домінують річні види (*Accipiter gentilis*, *Dryocopus martius*, *Dendrocopos major*, *Dendrocopos minor*, *Garrulus glandarius*, *Corvus corax*, *Turdus pilari*, *Parus montanus*, *Parus caeruleus*, *Parus major*, *Sitta europaea*, *Coccothraustes coccothraustes*) – 79,47% DTB.

Таблиця 2

Топоморфічна та клімаморфічна характеристики орнітоконсорції із сосною звичайною під впливом напіввільного утримання мисливських тварин у весняно-літній період

Біоморфи II-го порядку	Дольова частка у бюджеті, %
Топоморфи	
Дріміобіонти	95,74
Узлісники	1,63
Убіквісти	2,63
Загалом	100,00
Клімаморфи	
Цілорічні види	79,47
Сезонники	20,53
Загалом	100,00

Дольова частка сезонних видів (*Cuculus canorus*, *Jynx torquilla*, *Lanius collurio*, *Phylloscopus collybita*, *Phylloscopus* sibilatrix) невелика і загалом становить 20,53% DTB. Домінуючим є *Phylloscopus collybita* та становить 13,70% DTB. Така особливість демонструє, що консорція сосни звичайної знаходиться під впливом поступової зміни характеру функціонування із зимового на літній.

Трофоморфічний склад консорції сосни звичайної у весняно-літній період є повним і представлений трьома трофічними групами: фітофагами, зоофагами і всеїдними видами.

Панівними видами є представники групи зоофагів (*Accipiter gentilis, Cuculus canorus*, *Jynx torquilla, Lanius collurio*, *Dryocopus martius*, *Dendrocopos major*, *Dendrocopos minor*, *Phylloscopus collybita*, *Phylloscopus* sibilatrix, *Turdus pilaris, Parus montanus*, *Parus caeruleus*, *Parus major*, *Sitta europaea*, *Coccothraustes coccothraustes*) – 94,88% DTB (табл. 3).

У складі трофоморф I-го порядку наявні насінеїди, оглядальники, нишпорники, глибокі нишпорники, засідники і мисливці. Серед трофоморф II-го порядку найширше представлена група нишпорників (*Jynx torquilla, Phylloscopus collybita*, *Phylloscopus* sibilatrix, *Turdus pilaris, Parus montanus*, *Parus caeruleus*, *Parus major*, *Sitta europaea*), до складу якої увійшли представники першої, другої, третьої, четвертої та п'ятої розмірних ланок. Їх загальна дольова частка становить 22,59% DTB. Найактивнішою виявилась група глибоких нишпорників (*Dryocopus martius*, *Dendrocopos major*, *Dendrocopos minor*) – 53,87% DTB. Найменш активними є оглядальники (*Garrulus glandarius*, *Corvus corax*) – 0,15% DTB.

Серед трофоморф III-го порядку домінуючими є перша (13,70%), друга (16,33%) та п'ята (52,42% DTB) розмірні ланки. Перша розмірна ланка представлена *Phylloscopus collybita* (13,70% DTB), друга – *Phylloscopus* sibilatrix, *Parus montanus*, *Parus caeruleus i P. major* (їх загальна частка становить 20,05% DTB), третя – *Sitta europaea* і *Dendrocopos minor* (3,06% DTB), четверта – *Lanius collurio* і *Jynx torquilla* (5,87 DTB) п'ята – *Dendrocopos major, Turdus pilaris, Coccothraustes coccothraustes* (55,22% DTB), шоста – *Accipiter gentilis, Cuculus canorus*, *Dryocopus martius*, *Garrulus glandarius* і *Corvus corax* (5,82% DTB). Серед трофоморф III-го порядку панівною є п'ята розмірна ланка. До неї входять птахи з вагою тіла від 50,1 до 100 г. Найбільш поширеним представником цієї ланки

Таблиця 3

Трофоморфічна характеристика орнітоконсорції сосни звичайної під впливом напіввільного утримання мисливських тварин у весняно-літній період

Трофоморфи I-го порядку	Трофоморфи II-го порядку	Трофоморфи III-го порядку	Дольова частка у бюджеті часу, %
Фітофаги	насінеїди	5	1,14
	Загалом фітофагів		1,14
Зоофаги	оглядальники	6	0,15
	засідники	4	5,41
	нишпорники	1	13,70
		2	16,38
		3	2,89
		4	0,46
		5	1,63
	глибокі нишпорники	3	0,17
		5	52,42
		6	1,28
	мисливці	6	0,44
	Загалом зоофагів		94,88
Всеїдні види	оглядальники	6	3,95
	Загалом всеїдних видів		3,95
Загалом			100,00

є *Dendrocopos major*. Незначною в складі трофоморф III-го порядку є третя розмірна ланка, що в основному представлена *Sitta europaea*.

Головні висновки. Таким чином, у функціонуванні консортивних зв'язків птахів із сосною звичайною під впливом напіввільного утримання мисливських тварин у весняно-літній період у МРК «Рись» зафіксовано сімнадцять видів птахів-консортів. Трофічні і топічні зв'язки становлять 100% бюджету часу. Форичні та фабричні зв'язки відсутні. Домінанти топічних зв'язків консорції сосни звичайної представлені трьома орнітоконсортами: *Dendrocopos major*, *Lanius collurio* і *Phylloscopus collybita* –32,28%, 9,99% і 25,31% DTB топічних зв'язків відповідно. Функціональний склад птахів консорції сосни звичайної характеризується домінуванням дріміобіонтів (95,74% DTB). У трофоморфічній структурі птахів-консортів переважають зоофаги (94,88% DTB). Консорція сосни звичайної підтримує різноманітну біоморфічну структуру (трофоморфічну II-го і III-го порядків). Домінування лісових видів свідчить про важливу роль сосни звичайної у формуванні функціональної структури лісових біогеоценозів.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати вивчення закономірностей функціонування консортивних зв'язків птахів із сосною звичайною під впливом напіввільного утримання мисливських тварин можуть бути використані для визначення особливостей впливу вольєрного утримання ратичних на лісові біогеоценози.

Література

1. Голубець М.А., Чорнобай Ю.М. Консорція як елементарна екологічна система. *Український ботанічний журнал*. 1983. Т. 40. С. 23–28.
2. Иноземцев А.А. Птицы и лес. Москва : Агропромиздат. 1987. 302 с.
3. Гузій А.І. Просторово-типологічна організація населення птахів лісостанів Західного регіону України : монографія. Житомир : Волинь : ПП «Рута», 2006. 448 с.
4. Арнольди Л.В. Лавренко Е.М.Краткая программная записка по изучению консортивных связей животных и низших растений с доминантными видами высших растений в растительных сообществах. Программно-методические записки по биокомплексному и геоботаническому изучению степей и пустынь Центрального Казахстана. Москва -Ленинград : АН СССР, 1960. С. 5–8.
5. Пономаренко О.Л., Рева О.А. Вплив сезонних кліматичних факторів на динаміку консортивних зв'язків птахів з кленом польовим. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*. Том 48, 2019. С. 67-80.
6. Пономаренко О.Л., Шульман М.В. Вплив сезонних кліматичних факторів на динаміку консортивних зв'язків птахів з дубом звичайним. *Ecology and Noospherology.* 2019. 30(2). С. 85–94.
7. Пономаренко О.Л. Вплив сезонних кліматичних факторів на динаміку консортивних зв'язків птахів з липою серцелистою. *Ecology and Noospherology*. 2020. № 31(1). С. 38–45.
8. Штирц Ю.А., Штирц А.Д. Консортивные связи птиц с древесными автотрофами в условиях урбанизированного ландшафта Донбасса. *Вісник Донецького університету. Серія А: Природничі науки*. 2004. С. 411–415.

9. Закала О.С. Консортивні зв'язки чагарникової очеретянки (*Acrocephalus palustris*) в умовах Західної України. *Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і антропогенних екосистемах* : III міжнародна конференція. Дніпропетровськ, 4-6 жовтня 2005 р. Дніпропетровськ. 2005. С. 419–420.
10. Царик Й., Гнатина О. Очеретянки роду *Acrocephalus* naum. у системі консорцій *Вісник Львівського університету. Серія біологічна.* 2015. Вип. 70. С. 155–161.
11. Юзик Д.І., Чаплигіна А.Б. Консортивні зв'язки польового горобця (*Passer montanus*) в умовах лісових ценозів Північно-Східної України. *Беркут*. 2015. т. 24. вип. 2. С. 142–147.
12. Юзик Д.І., Чаплигіна А.Б. Синиця блакитна (*Parus caeruleus* L.) в системі консорцій в умовах лісових ценозів Північно-Східної України. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень* : Третя міжнародна науково-практична конференція, 13–14 травня 2016 р., смт Путила – м. Чернівці, Україна. Чернівці : Друк Арт. 2016. С. 83–87.
13. Климчук О.О., Кучер І.М., Кратюк О.Л. Особливості функціонування орнітоконсорцій дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в осінній період в умовах Житомирського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2011. С. 104–106.
14. Климчук О.О. Сезонна динаміка консортивних зв'язків птахів з сосною звичайною у березово-соснових насадженнях Центрального Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25.5. С. 61–67.
15. Климчук О.О., Кратюк О.Л. Загальна характеристика орнітоконсорції сосни звичайної у літній період на прикладі Піщівського лісництва ДП «Новоград-Волинське ДЛМГ». *Наукові читання – 2015*. 2016. С. 160–163.
16. Домніч А.В. Ратичні як структурно–функціональний елемент острівних і степових екосистем заповідно–охоронних територій Південного Сходу України : дис. … канд. біол. наук : 03.00.16 «Екологія». Дніпропетровськ. 2015. 232 с.
17. 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 изучения консорций. Пермь : ПГПИ. 1976. С. 274–277.
18. Булахов В.Л. Роль птиц в межбиогеоценозных и межпарцелярных связях в экстразональных лесных экосистемах. *Экология и охрана птиц :* тез. докл. 8-й Всесоюз. орнитолог. конф. Кишенев : Штиница. 1981. С. 34.
19. Пономаренко А.Л. Пространственное распридиление птиц в консорции дуба (*Querrcus robur*) в липово-ясеневых дубравах степного Преднепровья в гнездовой период. *Вестник зоологии. Экология. Морфология. Методика*. 2000. № 14. Ч. 2. С. 107–113.
20. Акимов М.П. Биоценотическая рабочая система жизненых форм – биоморф. *Научные записки ДГУ*. 1955. Т. 51. С. 5–54.

УДК 582.998:[57.085+581.132]
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.26

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У РОСЛИНАХ ДЕЯКИХ ВИДІВ РОДУ *CARLINA* L. ВІД УМОВ ОСВІТЛЕННЯ *IN VITRO*

Кравець Н.Б., Колісник Х.М., Грицак Л.Р., Прокоп'як М.З., Майорова О.Ю., Дробик Н.М.
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, 46027, м. Тернопіль
kravets1979n@ukr.net, kolisnyk@chem-bio.com.ua, hrytsak1972@gmail.com,
maryanamosula@gmail.com, majorova@i.ua, drobyk.n@gmail.com

Досліджено динаміку проростання насіння видів *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl., *Carlina cirsioides* Klokov та *Carlina acaulis* L. в умовах *in vitro.* Встановлено, що оптимальним періодом для схожості насіння був жовтень, коли схожість насіння становила: *C. acaulis* та *C. cirsioides* – 87,5%, *C. onopordifolia* – 91%. Підібрано живильні середовища для росту та вкорінення цих рослин *in vitro*. Визначено, що найефективнішим для процесу вкорінення досліджених рослин роду *Carlina* є попереднє замочування їх насіння в розчині індол-3-масляної кислоти. Проведено порівняльне дослідження вмісту фотосинтетичних пігментів у листках досліджених видів за різних світлових умов культивування *in vitro.* З'ясовано, що пігментний комплекс культивованих *in vitro* рослин суттєво реагує на зміну світлового режиму їх вирощування. Реакція рослин *in vitro* на світлові умови культивування залежить від біологічних особливостей видів, сформованих у результаті тривалої еволюції. Це й пояснює значні відмінності кількісного складу пігментного комплексу рослин *in vitro* досліджених видів за однакових світлових умов культивування. Аналіз показників вмісту та співвідношення пігментів свідчить про реакцію фотосинтетичного апарату рослин роду *Carlina* як на інтенсивність світлового потоку, так і на спектральний склад світла. За світлових умов 1.1 варіанту в рослин усіх видів підвищується вміст пігментів, порівняно з рослинами з природних умов росту. Для *C. acaulis* оптимальними виявилися світлові умови 2.1 варіанту, для виду *C. onopordifolia* – 1.1 варіанту. У той же час світловий режим 2 варіанту найбільше не відповідає природним потребам виду *C. onopordifolia.* Жоден із протестованих варіантів освітлення не відповідав потребам виду *C. cirsioides*, що, очевидно, пов'язано з інтенсивністю їх світлових потоків, яка виходить за межі діапазону значень, властивих для тіньовитривалих видів. *Ключові слова: Carlina* L.*,* проростання насіння, ріст та вкорінення рослин, фотосинтетичні пігменти, *in vitro*, спектральний склад світла.

Dependence of the content of photosynthetic pigments in plants of certain species of the genus *Carlina* L. from *in vitro* lighting conditions. Kravets N., Kolisnyk Kh., Hrytsak L., Prokopiak M., Mayorova O., Drobyk N.
The dynamics of seed germination of species *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl., *Carlina cirsioides* Klokov and *Carlina acaulis* L. *in vitro* was studied. It was found that the optimal period for seed germination was October, when seed germination was: *C. acaulis* and *C. cirsioides* – 87.5%, *C. onopordifolia* – 91%. Nutrient media for growth and rooting of these plants in vitro were selected. It was determined that the most effective for the rooting process of the studied plants of the genus *Carlina* is pre-soaking their seeds in a solution of indole-3-butyric acid. A comparative study of the photosynthetic pigments content in the studied species leaves under different light conditions cultivation *in vitro* was performed. It was found that the pigment complex of *in vitro* cultivated plants significantly responds to changes in the light regime of their cultivation. The plant response *in vitro* to light cultivation conditions depends on the biological characteristics of species formed as a result of long-term evolution. This explains the significant differences in the quantitative composition of the pigment complex of the studied species plants *in vitro* under the same light conditions of cultivation. Analysis of the content and ratio of pigments indicates the reaction of the photosynthetic apparatus of plants of the genus *Carlina* to both the intensity of light flux and the spectral composition of light. Under light conditions of variant 1.1, the pigments content increase in all plants species, compared with plants from natural growth conditions. For *C. acaulis*, the light conditions of variant 2.1 were optimal, for the species *C. onopordifolia* – 1.1 variant. At the same time, the light regime of variant 2 does not meet the natural needs of the species *C. onopordifolia* the most. None of the tested lighting variants met the needs of *C. cirsioides*, which is apparently due to the intensity of their light fluxes, which is outside the range of values inherent in shade-tolerant species. *Key words: Carlina* L., seed germination, plant growth and rooting, photosynthetic pigments, *in vitro*, spectral composition of light.

Постановка проблеми. Зростаюча динаміка погіршення екологічної ситуації та антропогенний вплив на фітоценози призводять до порушення та інколи до повного знищення популяцій. До рослин, яким потрібна охорона на території України, належать види роду *Carlina* L. Вони занесені до Червоної книги України (2009) і мають статус вразливих, а саме: відкасник татарниколистий – *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawł та відкасник осотоподібний – *Carlina cirsioides* Klokov. Також відбувається прогресуюче скорочення чисельності виду *Carlina acaulis* L., який є регіонально-рідкісним [1; 2]. Головним способом збереження та ефективного використання лікарських рослин є введення їх у культуру *in vitro*. Це забезпечує збереження природних запасів і задоволення зростаючої потреби в лікарській рослинній сировині. Проте використання посадкового матеріалу, отриманого за допомогою біотехнологічних методів, у проєктах із відновлення популяцій є обме-

женим. Це пов'язано зі структурно-функціональними змінами рослин *in vitro*, які й ускладнюють їх адаптацію до нових умов росту [3]. Вирішити цю проблему дає змогу використання критеріїв-маркерів, які дозволяють оцінювати морфо-фізіологічний стан рослин *in vitro* та на основі цього оптимізувати їх фізико-хімічні умови культивування. Важливим показником ефективності роботи фотосинтетичного апарату (ФСА) рослин є вміст у листках пластидних пігментів, перш за все хлорофілів [4] Chl *a* і *b* – зелені пігменти, які виступають чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин [5; 6]. Кількість Chl *a* і *b*, їх сумарний вміст (*a* + *b*), співвідношення Chl *a* / *b*, вміст каротину, ксантофілів, суми всіх каротиноїдів, співвідношення зелених пігментів до жовтих можуть використовуватися як фізіологічний показник, що характеризує видові, вікові та онтогенетичні особливості рослин [7].

Актуальність досліджень. Враховуючи вищезазначене, необхідним є дослідження стану фотосинтетичного апарату рослин як одного з основних показників розробки успішної технології культивування рослин *in vitro,* адаптації їх до умов *ex vitro,* а отже, *in situ*.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тематика дослідження відповідає основним напрямам наукової діяльності лабораторії екології та біотехнології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка і може розглядатися як один із підходів до вирішення проблеми збереження видів роду *Carlina*.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Умови культивування рослин *in vitro* характеризуються певною інтенсивністю та якістю освітлення, рівнем відносної вологості, складом живильного середовища, вмістом поживних елементів та регуляторів росту, субстратом для культивування [8]. Загальна дія цих факторів викликає зміну складу ФСА рослин, тобто вмісту світлозбирального пігмент-білкового комплексу та співвідношення фотосистем [9]. Своєю чергою модифікації складу та співвідношення пігментів ведуть до фізіологічних, а з часом і до морфологічних змін [10].

В умовах *in vitro* для культивування рослин перспективним є використання люмінесцентних ламп зі збільшеною часткою хвиль синього та червоного спектрів [11]. Їх поєднання забезпечує необхідні умови для росту рослин. Вплив таких ламп на морфо-фізіологічний стан рослин залежить від співвідношення спектрів та потужності ламп [12].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Створення колекцій рослин *in vitro* є ефективним шляхом збереження їх біорізноманіття *ex situ* та невід'ємною складовою частиною загальної стратегії охорони рослин [13]. Важливим і складним аспектом зазначеного методу є отримання життєздатних рослин та їх успішна адаптація, яка вимагає чітких сприятливих фізичних факторів для ефективного переходу мікропагонів з *in vitro* в природні умови росту видів. Показником фізіологічного стану рослин виступає кількість Chl *a* і *b*, їх сумарний вміст (*a* + *b*), співвідношення Chl *a* / *b*, вміст каротину каротиноїдів [5; 6]. У науковій літературі приділено увагу питанням біоморфологічних особливостей, географічного поширення та введення в культуру *in vitro* видів роду *Carlina* [1; 14–21]. Однак відсутні відомості, які стосуються особливостей впливу освітлення *in vitro* на вміст та співвідношення пігментів досліджуваних видів рослин.

Новизна. У роботі вперше вивчено залежність вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах деяких видів роду *Carlina* від умов освітлення *in vitro,* а також проведено порівняння отриманих показників із вмістом та співвідношенням пігментів у рослинах із природних місць росту.

Методологічне або загальнонаукове значення. Із літературних джерел відомо, що стан асиміляційного апарату листків рослин, характеризується вмістом, складом та коефіцієнтом співвідношення фотосинтетичних пігментів [22]. Тому метою роботи було отримання та вкорінення *in vitro* рослин деяких видів роду *Carlina*, дослідження особливостей функціонування їх фотосинтетичного апарату за різних світлових умов та порівняння цих показників з аналогічними в рослинах із природних місць росту.

Для введення в культуру *in vitro* слугувало насіння *C. cirsioides* та *C. onopordifolia*, зібране на г. Голиці (с. Гутисько, Бережанський район, Тернопільська область, 295 м н.р.м), та *C. acaulis* (с. Лазещина, Рахівський район, Закарпатська область, 714 м н.р.м.).

Для отримання асептичних проростків *C. acaulis, C. onopordifolia* та *C. cirsioides* насіння стерилізували за такою схемою: 1) обробка розчином детергенту протягом 30 хв; 2) промивання проточною водою протягом 30 хв; 3) 2-кратне промивання дистильованою водою; 4) поверхнева стерилізація 96% етанолом протягом 10 секунд; 5) витримування у 15%-му розчині H_2O_2 протягом 35 хв; 6) 2-кратне промивання стерильною дистильованою водою.

Простерилізоване насіння висаджували в стерильні чашки Петрі на агаризоване живильне середовище Мурасіге, Скуга (МС) [23] з половинним вмістом макро- та мікросолей (МС/2) без регуляторів росту. Пророщували на за освітлення 2000 лк та температури +20 – +22°С, вологості 80%.

Для з'ясування особливостей вкорінення рослин визначали відсоток вкорінення за формулою:

$$ВВ = \frac{Nr}{N},$$

де Nr – кількість рослин, на яких утворилися корені, N – кількість висаджених рослин.

Для покращення вкорінення проростки та насіння замочували у розчині регулятора росту – індол-3-масляної кислоти (ІМК). Отримані асептичні рос-

лини відкасників висаджували в живильне середовище МС без регуляторів росту.

Для визначення вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках використовували 4–5-місячні рослини *in vitro*.

Для з'ясування впливу інтенсивності освітлення та спектрів випромінювання на зміну структурно-функціональних параметрів мікроклонально розмножених *in vitro* рослин було використано: люмінесцентні лампи денного світла (ЛД) фірми «General Electric» (Hungary) (спектральний склад: 22,30% – 400–450 нм, 19,5% – 450–500 нм, 22,3% – 500–550 нм, 22,3% – 550–600 нм, 11,8% – 600–650 нм, 3,7% –650–700 нм); люмінесцентні лампи Lumilux 36W 840 холодного білого світла (ЛХБ) та фітолампи Fluora L36W/77 G13 (ФЛ) фірми «OSRAM» (Німеччина). Світловий потік ЛХБ згідно з технічними даними 2700 люмен, його інтенсивність в області ФАР (7,5 Вт/м^2), спектральний склад у діапазоні ФАР: 12,8% – 400–450 нм, 20,1% – 450–500 нм, 12,3% – 500–550 нм, 29,7% – 550–600 нм, 20,2% – 600–650 нм, 4,9% – 650–700 нм [24]). ФЛ мають такі характеристики: інтенсивність в області ФАР – 35,28 Вт/м^2 або 28,22 Вт/м^2 через 5 000 годин, спектральний склад: 15,5% – 400–450 нм, 3,7% – 450–500 нм, 7,4% – 500–550 нм, 9,6% – 550–600 нм, 59,9% – 600–650 нм, 3,9% – 650–700 нм [24]. Застосування цих ламп дозволило спочатку здійснити 3 варіанти корекції спектрального складу (СК), а саме: **1.1 варіант** – інтенсивність світлового потоку в області ФАР 85 Вт/м^2, лампи ЛХБ, сумарний спектральний склад: Ес : Ез : Еч = 33% : 42% : 25%; **2 варіант** – інтенсивність світлового потоку в області ФАР 135 Вт/м^2, співвідношення ламп ЛД до ЛХБ та ФЛ становить 0,6 : 1 : 1, спектральний склад: Ес : Ез : Еч = 29,5% : 32,5% : 38,1%; **2.1 варіант** – інтенсивність 100 Вт/м^2, співвідношення ламп ЛХБ до ФЛ – 0,7:1,0, спектральний склад Ес : Ез : Еч = 25% : 27% : 48%.

Пігменти екстрагували із листкових висічок диметилсульфоксидом [ДМСО, $(CH_3)_2SO_2$] за методикою Б. Х. Межунца [25] при 65°С із наступним визначенням коефіцієнтів екстинкції отриманих розчинів на спектрофотометрі СФ-46 для хлорофілів *a* (*Chl a*), *b* (*Chl b*) і суми каротиноїдів (Carot) за довжин хвиль 663, 645 і 440,5 нм відповідно. Концентрацію хлорофілів вираховували за формулою Макінні-Арнона: $Chl\ a = 12{,}7E_{663} - 2{,}69E_{645}$; $Chl\ b = 22{,}9E_{645} - 4{,}68E_{663}$; суму каротиноїдів – за формулою Веттштейна: $Carot = 4{,}695E_{440{,}5} - 0{,}268\ (a+b)$, де Е – показник спектрофотометра [25]. Вміст пігментів розраховували у мг на 100 г сирої маси листків [26].

Статистичну обробку даних виконано за допомогою програмного забезпечення Prism 6. Критичний рівень значимості під час перевірки статистичних гіпотез у дослідженні приймався рівним 0,05.

Виклад основного матеріалу. Відомо, що схожість насіння залежить від пори року, оскільки за цей період відбуваються закономірні зміни фізичних явищ (температури, освітлення, вологості тощо). Вказані модифікації викликають в еволюції виду річний біологічний ритм проростання насіння. Завдяки такій адаптації проростання насіння пристосовується до найсприятливішої пори року. За літературними джерелами, в природних умовах відкасники розмножуються насінням, яке не має періоду спокою [27].

Перші сходи рослин обох видів з'являлися вже на 7–9 добу, проте інколи проростання відбувалося на 12–16 добу. Нами встановлено, що за умови використання зазначеної вище схеми стерилізації схожість насіння *C. cirsioides* становила 81,1%, *C. onopordifolia* (с. Гутисько) – 82,9%, а для *C. acaulis* – 74,7% (рис. 1).

Відомо, що інтенсивність проростання рослин роду *Carlina* коливається протягом року: найоптимальніший період схожості припадає на весняні та осінні місяці. У результаті нами було визначено, що рослини досліджуваних видів активніше проростають в осінні (жовтень, листопад) та весняні (березень) місяці, порівняно із зимовими (грудень). Також було виявлено вищий ступінь інфікування висадженого насіння у зимові місяці. Проведення тривалішої стерилізації 15%-им H_2O_2 спричинило зниження показників схожості насіння внаслідок пригнічення життєздатності насіння.

Отримані рослини культивували на живильному середовищі МС та МС/2, доповненому такими регуляторами росту: НОК, ІОК, ІМК у концентрації від 0,01 мг/л до 0,1 мг/л. За таких умов відсоток формування у рослин коренів становив менше 50%. Використання рідких живильних середовищ із містками з фільтрувального паперу та з поролоновими дисками не дало позитивних результатів, оскільки через низьку здатність до ризогенезу висаджені рослини відкасників через 2-3 місяці гинули. Тому подальші дослідження були спрямовані на поєднання в живильному середовищі регуляторів росту, що стимулювало б ефективніший ризогенез.

Процес коренеутворення і подальша адаптація до ґрунтових умов є найбільш складними етапами при культивуванні рослин в умовах *in vitro* для будь-якого рослинного матеріалу [28]. Ця проблема стосується і рослин роду *Carlina*, проростки і регенеранти яких характеризуються низьким ризогенезом та адаптаційною здатністю, що пов'язано з особливостями будови кореня [29; 30].

У зв'язку з низькою ефективністю вкорінення, нами продовжено пошук підходів для покращення цього процесу. Стимуляція коренеутворення у проростків відкасників проводили шляхом замочування насіння цих видів перед стерилізацією та проростків *in vitro* у розчині ІМК. Виявлено, що ефективнішим є замочування у розчині ІМК насіння, оскільки воно, на відміну від замочування проростків, не лише забезпечує покращення основних параметрів вкорінення рослин, прискорює розвиток кореневої

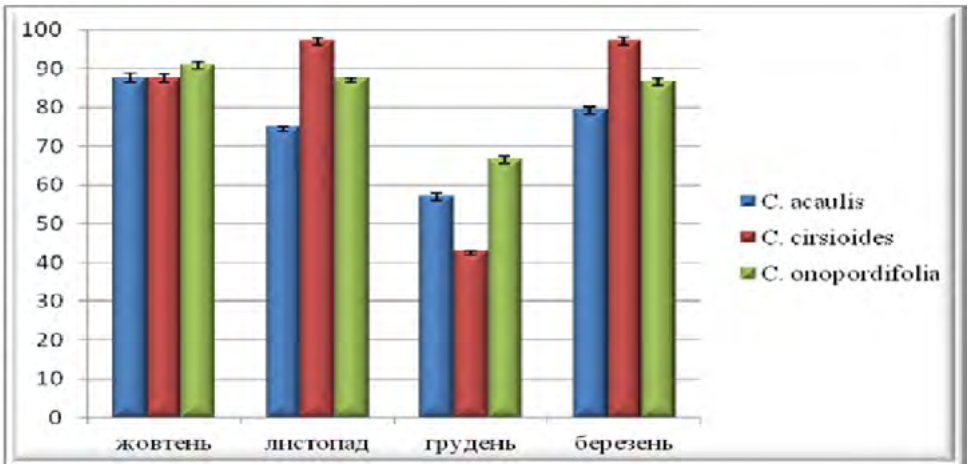


Рис. 1. Схожість насіння C. cirsioides, C. onopordifolia та C. acaulis in vitro

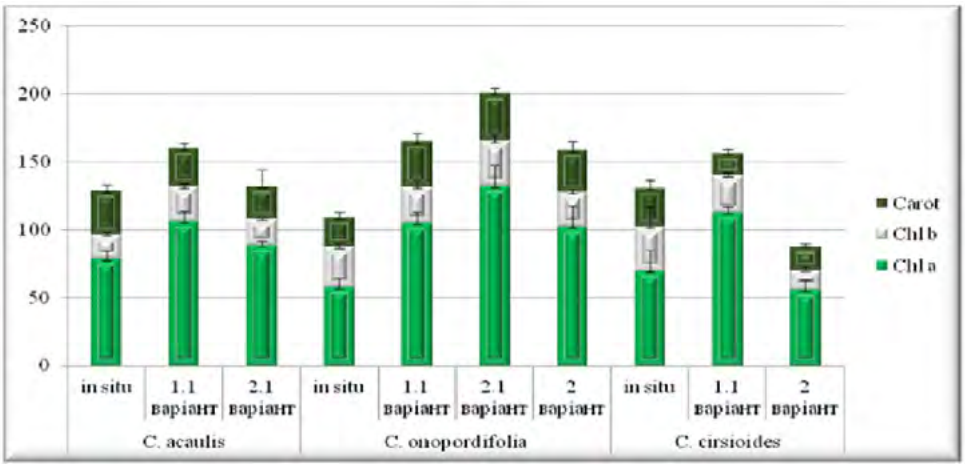


Рис. 2. Вміст пігментів у культивованих in vitro рослинах видів роду Carlina за різних варіантів освітлення

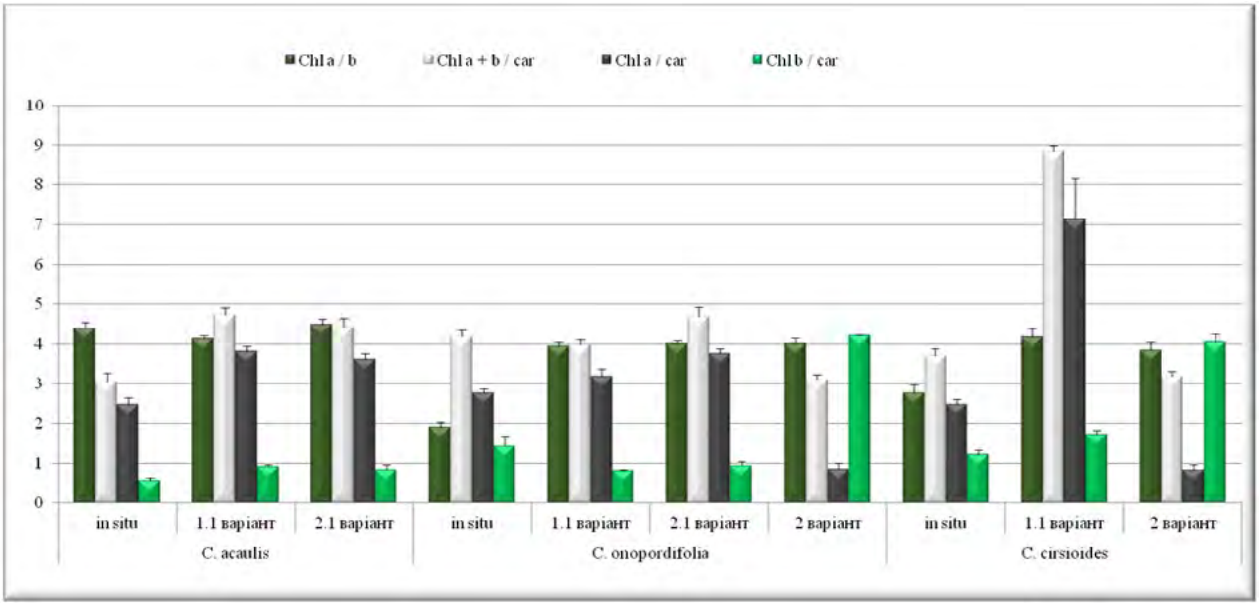


Рис. 3. Відношення пігментів у культивованих рослинах in vitro видів роду Carlina за різних варіантів освітлення

системи, але й спрощує процес пересаджування та вирощування рослин *in vitro* [1, с. 31].

У результаті за попереднього замочування насіння в нестерильному розчині ІМК (1000 мг/л) упродовж 2–4 годин нам вдалося як підвищити відсоток вкорінення рослин *C. cirsioides* та *C. onopordifolia* до 100%, *C. acaulis* до 80%, так і уникнути травмування проростків та змін концентрації розчину ІМК, які можуть виникати під час стерилізації за високих температур.

Як уже зазначалося, світловий режим викликає модифікацію гормонального балансу рослин, який відповідає за процеси росту та розвитку [32]. Умови освітлення чинять значний вплив на структурно-функціональний стан рослин та їх адаптацію загалом. У зв'язку з цим введені в культуру *in vitro* рослини роду *Carlina* в подальшому культивували за різних варіантів освітлення. При цьому важливу роль відіграють якість світла, його інтенсивність та тривалість дії [33; 34].

За результатами наших попередніх досліджень встановлено, що відмінності еколого-географічних і фітоценотичних місць росту видів впливають на загальний вміст пігментів, а також позначаються на вмісті кожної їх групи та співвідношенні відповідно [35].

Проведені дослідження виявили, що пігментний комплекс культивованих *in vitro* рослин суттєво реагує на зміну світлового режиму їх вирощування. Відповідь рослин *in vitro* на світлові умови залежить від біологічних особливостей видів, сформованих у результаті тривалої еволюції. Саме це і є причиною значних відмінностей кількісного складу пігментного комплексу рослин *in vitro* видів, незважаючи на те, що вони перебувають за однакових світлових умов культивування.

В умовах 1.1 варіанту в рослин виду *C. acaulis* на фоні загального зростання вмісту пігментів відбувається незначне зменшення відношення *Chl a*/*b*, що зумовлено збільшенням розміру світлозбирального комплексу фотосистем, а отже, і *Chl b* у зв'язку з низькою інтенсивністю освітлення [36]. У процесі досліджень визначено, що використання ламп 2.1 варіанту веде до зниження кількості загального вмісту пігментів у рослинах *C. acaulis*, тобто до значень, які притаманні рослинам *in situ* (рис. 2). Співвідношення *Chl a*/*b* при вказаних світлових умовах (варіант 2.1) також є близьким до рослин із природних місць росту (рис. 3). Аналіз інших відношень груп пігментів, зокрема *Chl a*/*car,* дозволяє припустити, що перебування в штучних умовах освітлення 2.1 варіанту для рослин є менш стресовим, порівняно з умовами природи. На це вказує й вищий вміст каротиноїдів у рослинах. У комплексі це можна трактувати як значну пластичність пігментного комплексу фотосинтетичного апарату рослин *C. acaulis*, а з іншого боку, як погіршення умов росту цього виду в природі, що може бути пов'язано з посиленням аридності клімату, підвищенням температури тощо.

Аналіз отриманих даних свідчить про підвищення вмісту пігментів у видів рослин *C. onopordifolia* за використання ламп 1.1 варіанту, порівняно із природними умовами (рис. 2). Поряд із цим показники відношення *Chl a*/*b* рослин *in vitro* виду *C. onopordifolia* та *C. cirsioides* зростають, незважаючи на збільшення загального вмісту пігментів (рис. 3), порівняно з особинами видів із природи. Це вказує на те, що зміни кількісного складу пігментів зумовлені не збільшенням розмірів світлозбиральних комплексів фотосистем та, відповідно, вмісту *Chl b*. Вони в усіх видів відбулися за рахунок збільшення вмісту хлорофілу *a*. Ймовірно, співвідношення хвиль Ес : Еч = 33% : 25% у спектральному складі 1.1 варіанту ініціює біосинтез хлорофілу *a*, який має спектри поглинання в обох діапазонах ФАР. При цьому поглинає в синьому діапазоні у 1,3 раза більше енергії, ніж у червоному [37]. Таким чином, аналіз показників свідчить про реакцію пігментного комплексу рослин роду *Carlina* як на інтенсивність світлового потоку, так і на спектральний склад світла.

Культивування рослин *in vitro C. onopordifolia* за впливу світлових умов 2.1 варіанту спричиняє збільшення загального вмісту пігментів, порівняно з рослинами *in situ*. Показники співвідношення *Chl a*/*b* наближаються до значень у рослин із природних місць зростання (рис. 3). Проте збільшується вміст хлорофілу *b* та каротиноїдів, що супроводжується й збільшенням значень *Chl a*/*car* і *Chl b*/*car*, порівняно з рослинами *in situ*. Подальше підвищення інтенсивності світлового потоку до 135 Вт/м^2 (2 варіант) супроводжується зниженням загального вмісту пігментів до значень властивих для рослин із 1.1 варіанту світлового режиму. Проте спостерігається ще більше розбалансуванням відношень *Chl a*/*car* і *Chl b*/*car*, не лише порівняно з рослинами *in situ*, але й з інших варіантів світлових умов їх культивування. Критично низьке (0,85) значення *Chl a*/*car* ознакою перебування рослин в умовах сильного стресу, а аномально високий (4,2) показник *Chl b*/*car* вказує на критично високу частку хвиль Еч діапазону у спектральному складі світла. Відомо, що хлорофіл *b* здатний виконувати функцію терморегулювання. Це пов'язано з тим, що максимум його поглинання знаходиться у більш короткохвильовому Ес діапазоні, кванти якого володіють меншим тепловим ефектом, порівняно із Еч областю. Тому, збільшення частки хлорофіл *b* у пігментному комплексі є адаптивною властивістю, що зменшує небезпеку перегріву рослин. Відповідно, світлові умови 2 варіанту найбільше не відповідають природним потребам виду *C. onopordifolia*, значно більше до них наближений світловий режим 1.1 варіанту.

За культивування рослин *in vitro C. cirsioides* за умов 1.1 варіанту визначено зростання співвідношень хлорофілів до каротиноїдів, порівняно з рослинами природних місць зростання (рис. 3). Застосування 2 варіанту освітлення зумовило зни-

ження *Chl a ma Chl b* порівняно з умовами *in situ*. Аналіз результатів показав, що обидва варіанти умов культивування є стресовими та несприятливими для вказаного виду рослин. Ймовірно, отримані результати досліджень пов'язані з приналежністю *C. cirsioides* до тіньовитривалих рослин, для яких інтенсивність світлового потоку знаходиться в межах 70 Вт/м^2 [38].

Головні висновки. Отже, підібрано умови для отримання та вкорінення рослин *C. acaulis, C. onopordifolia* та *C. cirsioides*. Встановлено, що найвищою схожість насіння цих видів була у жовтні: для *C. acaulis* та *C. cirsioides* – 87,5%, а для *C. onopordifolia* – 91%. Найефективнішим для формування кореневої системи у рослин *C. acaulis*, *C. cirsioides* та *C. onopordifolia* виявилося замочування насіння цих видів перед стерилізацією у розчині ІМК концентрацією 1000 мг/л протягом 2–4 год.

Досліджено вміст пігментів у фотосинтетичному апараті рослин видів *C. acaulis*, *C. onopordifolia*, *C. cirsioides* в умовах *in vitro*. Встановлено, що особливості світлового режиму впливають на вміст пігментів у культивованих рослинах. Реакція рослин на різні умови освітлення *in vitro* залежить, у першу чергу, від еволюційно сформованих особливостей виду. У зв'язку з цим, ідентичні світлові режими викликають різну реакцію, а отже, і співвідношення пігментів у досліджуваних рослин *in vitro*.

Показано, що потребам рослин виду *C. acaulis* в умовах *in vitro* найбільше відповідають світлові умови 2.1 варіанту, для виду *C. onopordifolia* – світловий режим 1.1 варіанту. Водночас жоден із протестованих світлових режимів не відповідає фізіологічним потребам виду *C. cirsioides*, що пов'язано з інтенсивністю їх світлових потоків, яка виходить за межі діапазону значень, властивих для тіньовитривалих видів.

Перспективи використання результатів досліджень. Результати наших досліджень не лише значно поглиблюють знання про особливості введення в культуру *in vitro* рослин *C. acaulis, C. onopordifolia* та *C. cirsioides* та характеристику їх фотосинтетичного апарату, але й можуть бути використаними для успішної реалізації програм зі збереження та відновлення популяцій цих рідкісних таксонів на території України.

Література

1. Кравець Н.Б., Мосула М.З., Тулайдан Н.В., Четирбок М.Б., Дробик Н.М. Особливості вкорінення *in vitro* рослин деяких видів роду *Carlina* L. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Том 20.
2. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я.П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
3. Грицак Л.Р., Дробик Н.М. Розробка технології збереження високогірних видів роду G*entiana* L. із використанням стратегії «Quasi» *in situ* та методів біотехнології. *Екологічні науки*. 2019. № 25. С. 169–176
4. Ліханов А.Ф., Рожко М.С., Клюваденко А.А. Динаміка вмісту пластидних пігментів у листках смородини чорної (*Ribes nigrum* L.). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. № 26.5. С. 73–79.
5. Гродзинский А.М., Гродзинський Д.М. *Краткий справочник по физиологии растений*. Киев : Наук.думка, 1973. 591 с.
6. Oquist G. Effects of low temperature on photosynthesis. *Plant Cell Environ*. 1983. № 6. P. 281–300.
7. Физиология растений: лабораторный практикум для студентов биологического факультета / А. П. Кудряшов [и др.]. Минск : БГУ, 2011. С. 76. URL : http://www.elib.bsu.by.
8. Balla I., Vértesy J., Végváry Gy. Nutrition of the micropropagated fruit trees *in vitro* and *ex vitro* Int. *Journal of Hort. Sci*. 2003. № 9(2). P. 43–46.
9. Melis A. Dynamics of photosynthetic membrane composition and function. *Biochim. Biophys*. *Acta*. 1991. 1058, N 1. P. 87–106.
10. Левчук А.Н. Влияние уровня освещения на пигментнyй состав разнyх типов хлорофильнyх мутантов льна масличного. *Вісник Запорізького національного університету*. 2009. № 2. С. 15–20.
11. Шпак М.Ю., Никонович Т.В. Особенности развития растений-регенерантов земляники садовой (Fragaria × Ananassa Duch.) в культуре *in vitro* при различном освещении. *Вестн. БГСХА*. 2015. № 3. С. 73–78.
12. Федорова Ю.Н., Лебедева Н.В. Влияние света разного спектрального состава на рост растений картофеля *in vitro*. *Известия Великолукской ГСХА*. 2016. № 4. С. 2–7.
13. Андреев Л.Н., Горбунов Ю.Н. Сохранение редких и исчезающих растений *ex situ:* достижения и проблемы. *Изучение и охрана разнообразия фауны, флоры и основных экосистем Евразии*. Москва, 2000. С. 19–23.
14. Манівчук Ю.В. Зміна ролі *Carlina acaulis* L. у сукцесійних процесах лучних біогеоценозів під впливом біогенних добрив. *Науковий вісник УжНУ*: Біологія. 2007. Випуск 20. С. 40–44.
15. Конечна Р.Т., Петріна Р.О., Федорова О.В. Одержання культури тканин відкасника безстеблевого (*Carlina acaulis*) – джерела біологічно активних сполук. *Актуальні проблеми синтезу і створення нових біологічно активних сполук та фармацевтичних препаратів* : національна науково-технічна Інтернет-конференція з міжнародною участю, 23–25 квітня 2013 р.: тези доповідей. Львів, 2013. С. 63–64.
16. Зеленчук Т.К., Зеленчук А.Т. Онтоморфогенез и жизненная форма *Carlina cirsioides* Klok в условиях Западной Подолии. Львів, 1996. 13 с.
17. Скоропляс І.О. Рідкісні види роду *Carlina* L. флори України (географічне поширення, структура популяцій, охорона) : дис. … канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2015. 240 с.
18. Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник / Відп. ред. А.М. Гродзінський. Київ : Видавництво «Українська Енциклопедія» ім. М.П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. 544 с.
19. Pence V.C., Sandoval J.A Controlling contamination during *in vitro* collecting. *In vitro* collecting techniques for germplasm conservation. Rome, 2002. P. 30–40.

20. Бабикова А.В., Горпенченко Т.Ю., Журавлев Ю.Н. Растение как обьект биотехнологии. *Комаровские чтения*. 2007. № LV. С. 184–212.
21. Trejgell A., Bendarek M., Tretyn A. Micropropagation of *Carlina acaulis* L. *Acta Biol*. Cracov. 2009. Vol. 51, № 1. P. 97–103.
22. Злобин Ю.А. Популяционная екология растений: современное состояние, точки роста : монографія. Сумы : Университетская книга, 2009. 263 с.
23. Murashige T.A., Skoog F. Revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962. Vol. 15, №13. P. 473–497.
24. Велит І.А., Ґузик Д.В. Вибір джерел світла для оптичного опромінення рослин томатів, огірків та розсади. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2013. Т. 1, № 25. С. 128–132.
25. Межунц Б.Х., Навасардян М.А. Количественная характеристика фотосинтетических пигментов травяных растений горных экосистем Армении. *Вестник Тюменского государственного университета*. 2012. № 12. С. 220–226.
26. Фізіологія рослин: навчальний практикум / О.В. Войцехівська та ін. Луцьк : Терен, 2010. 420 с.
27. Зеленчук Т.К., Зеленчук А.Т. Насінне розмноження та поновлення *Carlina cirsioides* Klok. на Західному Поділлі. *Укр. ботан. журнал*. 1987. Т. 44, № 2. С. 17–20.
28. Trejgell A., Dąbrowska G., Tretyn A. *In vitro* regeneration of *Carlina acaulis* subsp. *simplex* from seedling explants. *Acta Physiol Plant*. 2009. N 31. P. 445–453.
29. Гавриленко Н.О., Слепченко Л.О. Інтродукція відкасника татарниколистого *Carlina onopordifolia* Bess. ex Szaf., Kulcz. et Pawl в дендропарку «Асканія-Нова». *Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2010. Т. 12. С. 100–106.
30. Єфремова О.О., Скибіцька М.І., Мелешко І.Г., Ган Т.В. Біологічні особливості росту й розвитку видів роду *Carlina* L. *ex situ*. *Лісівництво і Агролісомеліорація*. Харків : УкрНДІЛГА, 2009. Вип. 115. 245 с.
31. Trejgell A., Tretyn A. Shoot multiplication and *in vitro* rooting of *Carlina onopordifolia* Basser. *Acta Biol. Cracov*. 2011. V. 53, N 2. P. 68–72.
32. Карначук Р.А., Гвоздева Е.С. Влияние света на баланс фитогормонов и морфогенез в культуре ткани зародышей пшеницы. *Физиология растений*. 1998. Т. 45, № 2. С. 289–295.
33. Folta K.M., Childers K.S. Light as a growth regulator: controlling plant biology with narrow-bandwidth solid-state lighting systems. *HortScience*. 2008. Vol. 43, Iss. 7. P. 1957–1964. doi: 10.21273/HORTSCI.43.7.1957.
34. Lau O.S., Deng X.W. Plant hormone signaling lightens up: integrators of light and hormones. *Current Opinion in Plant Biology*. 2010. Vol. 13 (5). P. 571–577. doi: 10.1016/j.pbi.2010.07.001.
35. Кравець Н.Б., Грицак Л.Р., Прокоп'як М.З., Майорова О.Ю., Дробик Н.М. Вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах роду *Carlina* L. у природі та культурі *in vitro*. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. 2019. № 4 (78). С. 16–23.
36. Фомішина Р.Н., Сиваш О.О., Захарова Т.О., Золотарьова О.К. Роль хлорофілази в адаптації рослин до умов освітлення. *Український ботанічний журнал*. 2009. Т. 66, № 1. С. 94–102.
37. Маргітай Л., Паляниця Б., Терек О. Аналіз результатів спектрофотометричного дослідження вмісту фотосинтезувальних пігментів у листках рослин із застосуванням комп'ютерних програм. *Вісник Львівського університету. Серія «Біологія»*. 2006. № 41. С. 123–131.
38. Говоров П.П., Велит І.А., Щиренко В.В., Пилипчук Р.В. Джерела світла для вирощування овочів в умовах закритого ґрунту : навчальний посібник для студентів спеціальності «Світлотехніка та джерела світла». Тернопіль : Джура, 2011. 156 с.

УДК 634.662:5812.165
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.27

ВРАХУВАННЯ МОРФОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ПАГОНІВ ЗИЗИФУСУ СПРАВЖНЬОГО (*ZIZYPHUS JUJUBA* MILL.) ПРИ ВЕГЕТАТИВНОМУ РОЗМНОЖЕННІ ЩИТКОМ ВПРИКЛАД

Красовський В.В.
Хорольський ботанічний сад
вул. Кременчуцька, 1/79, 37800, м. Хорол, Полтавська область
horolbotsad@gmail.com

Показано інтродукований в Лісостепу України вид *Zizyphus jujuba* Mill. як плодову культуру, що відповідає вимогам сучасного плодівництва, адже рано вступає в пору плодоношення, стійкий проти хвороб і шкідників, невибагливий до ґрунту за винятком заболочених, до агротехніки вирощування, жаро- та засухостійкий, щорічно плодоносить, має високі адаптивні властивості. Плоди *Z. jujuba* приємні на смак, вживаються у свіжому та переробленому вигляді. У висушеному стані придатні для тривалого зберігання впродовж 2–3 років. У плодах зизифусу визначають досить високий вміст вітамінів С та Р. У зразках рослин Хорольського ботанічного саду вміст вітаміну С становить 399,8 мг / 100 г.

Зазначено що поширення *Z. jujuba* в лісостеповій зоні України стримується через недостатню кількість вирощування місцевого якісного садивного матеріалу.

Доведено, що з випробуваних способів щеплення (весняна поліпшена копуліровка, весняне та літнє окулювання щитком вприклад) найкращі результати одержано в разі окулювання щитком вприклад, виконаного залежно від погодних умов у третій декаді квітня – в першій декаді травня.

За результатами польових досліджень, проведених у Хорольському ботанічному саду, встановлена залежність морфологічної будови пагонів *Z. jujuba* та відомого в садівництві прийому виконання окуліровки щитком вприклад при щепленні відібраних форм, врахування якої в кінцевому результаті позитивно впливає на збільшення виходу окулянтів. Визначена залежність дозволила вдосконалити прийом виконання окуліровки щитком вприклад при розмноженні *Z. jujuba* вегетативним способом. Суть вдосконалення полягає в обмотці еластичною стрічкою щитка у два прийоми, де спочатку здійснюють суцільну обмотку, і це запобігає підсиханню бруньки, а після часткового приживання щитка бруньку обмоткою обходять, що запобігає відшаровуванню щитка і не заважає проростанню бруньки. *Ключові слова:* інтродукція, *Zizyphus jujuba* Mill., пагін, окулювання, щиток, обмотка.

Taking into account the morphological structure of shoots of *Zizyphus jujuba* Mill. and their in vegetative reproduction by shield for example. Krasovsky V.

The species *Zizyphus jujuba* Mill. introduced in the Forest-Steppe of Ukraine is shown as a fruit crop that meets the requirements of modern fruit growing, because it enters the fruiting season early, resistant to diseases and pests, undemanding to the soil except for wetlands, to cultivation techniques, heat and drought resistant, fruiting annually, has high adaptive properties. *Z. jujuba* fruits are pleasant to the taste, they are eaten fresh and processed. Dried fruits are suitable for long-term storage for 2-3 years. There is high content of vitamins C and P in *Z. jujuba* fruits. There is 399.8 mg/100 g. of vitamin C in the plant samples, grown in Khorol botanical garden.

It is proved that the spreading of *Z. jujuba* in the forest-steppe zone of Ukraine is restrained due to insufficient cultivation of local quality of planting material.

It is claimed that among tested methods of vaccination (spring improved copulation, spring and summer budding with a shield, for example), the best results are obtained when budding with a shield, for example, performed depending on weather conditions in the third decade of April – in the first decade of May.

Based on field research in Khorol botanical garden, it was proved the dependence of the morphological structure of the shoots of *Z. jujuba* and known in horticulture reception of budding with a shield, for example, when grafting selected forms. It has a positive effect on increasing of the yield of buds. The determined dependence improved the method of budding with a shield, for example, for reproduction in this way *Z. jujuba*. The essence of the method is to wind the elastic tape in two steps, where the first step is winding, and this prevents the bud from drying out, after partial engraftment of the shield, the bud is bypassed, which prevents peeling of the shield and it does not interfere with bud germination. *Key words:* introduction, *Zizyphus jujuba* Mill., sprout, budding, shield, winding.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку плодівництва в умовах глобальних змін клімату вагоме значення набуває поширення в лісостеповій зоні України адаптованої до місцевих умов середовища, здавна відомої своїми харчовими та лікувальними властивостями цінної плодової культури – зизифусу справжнього.

Зизифус справжній, або унабі (*Zizyphus jujuba* Mill.), – деревовидна листопадна довговічна субтропічна плодова рослина з родини жостерових (*Rhamnaceae* R. Br.), яка відрізняється від традиційних деревних плодових культур Лісостепу України своєю морфологічною будовою, зокрема наявністю чотирьох типів пагонів. Перший із них – ростові, що зумовлюють їх подовження і розвиваються переважно з верхівкової ростової бруньки або із сплячих бруньок, інколи із коротких пагонів – брахібластів.

На ростових пагонах у процесі їх розвитку утворюються бічні відгалуження – колінчасто вигнуті бокові пагони. Такі пагони в довжину ростуть лише

один вегетаційний період і вздовж своєї осі мають від 3 до 15 вузлів вигинів. На вигинах, у кожному вузлі пагона розміщується по одному листку та колючки. Кінцівка бокового пагона довжиною 5–15 мм взимку засихає і відпадає. В наступні роки бокові пагони лише потовщуються.

Ростові та бокові колінчасто вигнуті пагони утворюють скелет дерева. Ростові пагони на початку вегетаційного періоду мають світло-зелене забарвлення, а до кінця літа забарвлюються в червоно-коричневий колір. Завдяки утворенню нових ростових та бокових пагонів відбувається щорічне збільшення об'єму крони дерева.

До третього типу пагонів належать товсті короткі пагони – кільчатки або брахібласти, що схожі на досить великі потовщені бруньки. Брахібласт являє собою шишкоподібний наріст і утворюється на скелетних гілках у місцях їх вигину. Зовні брахібласти вкриті коркоподібними рубцями, які залишаються від опалих у попередні роки репродуктивних пагонів. Тому вони мають бугристу, тріщинувату поверхню. Брахібласти ростуть повільно і на 10–12 рік, а саме стільки вони живуть, мають діаметр до 4 см при довжині 3–4 см.

Четвертий тип пагонів – плодоносні або репродуктивні і за морфологічною будовою схожі на складний листок. Це тонкі прямі пагони зеленого кольору з черговими листками, в пазухах яких по мірі їх росту утворюються бутони. Залежно від форми чи сорту довжина плодоносних пагонів становить від 10 до 45 см. На кожному плодоносному пагоні закладається від 4 до 18 пазушних суцвіть. Репродуктивні пагони утворюються на брахібластах. На однорічному брахібласті закладається 1–2 репродуктивних пагони. З ростом брахібласта їх кількість збільшується і може становити до 12–15 шт.

Восени, після дозрівання, достигання і осипання плодів, репродуктивні пагони впродовж осені – наступної весни опадають. Тому *Z. jujuba* за таку доволі рідкісну біологічну особливість скидати пагони характеризують як гілкопадне дерево.

У дорослих рослин *Z. jujuba*, при значному обрізуванні крони можуть утворюватись і так звані жирові пагони. Бруньки на них слабо розвинені і бокові пагони тривалий час не утворюються.

За низкою господарсько цінних показників рослини *Z. jujuba* відповідають вимогам сучасного плодівництва, адже рано вступають у пору плодоношення, стійкі проти вірусних та грибкових хвороб, не вражаються шкідниками, невибагливі до ґрунту за винятком заболочених і до агротехніки вирощування, жаро- та засухостійкі, щорічно плодоносять, мають високі адаптивні властивості. Плоди *Z. jujuba* приємні на смак, вживаються у свіжому та переробленому вигляді. У висушеному стані придатні для тривалого зберігання впродовж 2–3 років. У плодах зизифусу визначають досить високий вміст вітамінів С та Р. До прикладу, в зразках рослин Хорольського ботанічного саду вміст вітаміну С становив 399,8 мг/100 г, 2018 р.

Плоди, насіння, листя, кору та корені зизифусу справжнього протягом багатьох сторіч застосовують у китайській медицині. За літературними даними, сировина *Z. jujuba* містить комплекс біологічно активних речовин різних груп і потенційно має перспективи для застосування як джерело лікарських засобів із широким спектром фармакологічної дії (імуномодулюючої, нейропротекторної, антидепресантної, антиамнетичної, седативної, антибактеріальної, противиразкової, протисклеротичної, гепатопротекторної, антикоагуляційної, аналептичної, гіпоглікемічної та ін.). Заслуговує на увагу і той факт, що плоди *Z. jujuba* виявляють радіопротекторну та антиоксидантну дію. Тому його плоди варто використовувати в профілактичному харчуванні населення України, яке мешкає на радіаційно забруднених територіях або тих, що зазнають впливу техногенних чинників [1–3].

Незважаючи на численні дослідження, поширення зизифусу справжнього в лісостеповій зоні України стримується через недостатню кількість вирощування місцевого якісного садивного матеріалу. Для розв'язання цієї проблеми важливим практичним завданням є вдосконалення відомих способів вегетативного розмноження *Z. jujuba* з прив'язкою до місцевих кліматичних умов.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано в рамках НДР «Інтродукція субтропічних плодових культур в лісостеповій зоні України», що є згідно з Проєктом організації території Хорольського ботанічного саду (затвердженого Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 01.12.2014 р. № 387) головним напрямом наукової діяльності установи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У результаті багаторічних селекційних досліджень у Хорольському ботанічному саду виділені крупноплідні форми *Z. jujuba* (Хорольський крупноплідний та форма 5–5–17, 2019 р.) придатні до поширення в лісостеповій зоні України, на них є попит, оскільки саме такі рослини цікавлять чимало садівників-аматорів. Для збереження господарсько-цінних ознак, якими є крупноплідність та зимостійкість, відібрані форми в разі поширення в регіоні мають бути розмножені вегетативним способом.

Вегетативно *Z. jujuba* розмножують відомими в садівництві способами – щепленням [4–10], обкоріненням літніх живців [11; 12], як підщепу використовують сіянцеві рослини та кореневу порість, а живці для щеплень заготовляють із плодоносних рослин чи високопродуктивних маточників зизифусу справжнього [13].

З випробуваних нами способів щеплення (весняна поліпшена копуліровка, весняне та літнє окулювання щитком вприклад) найкращі результати одержано

в разі окулювання щитком вприклад, виконаного залежно від погодних умов у третій декаді квітня – в першій декаді травня. Слід зазначити, що в процесі подальших досліджень цього способу розмноження *Z. jujuba* виявили деяку залежність морфологічних особливостей виду та прийому виконання вище зазначеної окуліровки, яка донині не враховувалась, але певною мірою впливає на приживання щитка і проростання бруньки.

Виклад основного матеріалу. Дослідним шляхом доведено, що в кліматичних умовах Лісостепу України в розмноженні культиварів *Z. jujuba* перевагу слід надавати способу окулірування щитком вприклад, яку виконують навесні, через те, що утворені пагони в результаті приживання і проростання бруньки літньої окуліровки не встигають здерев'яніти і це є причиною відпаду окулянтів після зими. Бруньки на щитках літньої окуліровки, що прижились, але не проросли, в зимовий період здебільшого гинуть.

Весняну окуліровку щитком із брунькою проводять переважно на 2-3–річні сіянцеві підщепи в першій декаді травня, але залежно від наявності тепла цей строк може на кілька днів у ту чи іншу сторону зміститись. Варто зазначити, що в лісостеповій зоні України, за багаторічними фенологічними спостереженнями зизифус справжній порівняно з іншими плодовими культурами найпізніше розпочинає вегетувати, і цей час збігається з початком фази цвітіння яблуні домашньої.

Для *Z. jujuba*, як і для інших плодових культур, оптимальною довжиною щитка вважається 25–30 мм. Щиток зрізують таким чином, щоб лезо окуліровочного ножа доходило в корі до камбію, але в деревину не проникало. Як показує довголітня практика, щитки краще брати з однорічного ростового пагона з брунькою в стані спокою, розташованою в місці відгалуження колінчасто вигнутого бокового пагона (рис. 1). Через те, що брунька знаходиться на вершині кута, утвореного двома пагонами, щиток зрізують двома рухами окуліровочного ножа: спочатку лезо ведуть по основі ростового пагона знизу у верх під бруньку, а другий рух – знизу бокового пагона під бруньку, після чого щиток вставляють за язичок надрізу на прищепі. Далі здійснюють обмотку щитка гвинтовим рухом еластичної стрічки, причому обмотка може бути суцільною, з накриванням бруньки та яку через певний час знімають, а щиток по периметру обмазують тонким шаром садового вару, або ж обмотка може бути з відкритою брунькою.

Недоліком суцільної обмотки щитка при весняній окуліровці є те, що бруньку небажано перетримувати закритою, оскільки вона може завмерти. Також після зняття обмотки й відповідної обмазки садовим варом, із настанням спеки щиток часто відшаровується від підщепи через слабке зростання їх тканин. В іншому випадку, де при обмотці брунька залишається відкритою, через її малі розміри, адже вона досить пласка, не розвинена і у діаметрі становить лише 1,5–2 мм, часто починає підсихати ще до початку утворення калюсу і приживання щитка.

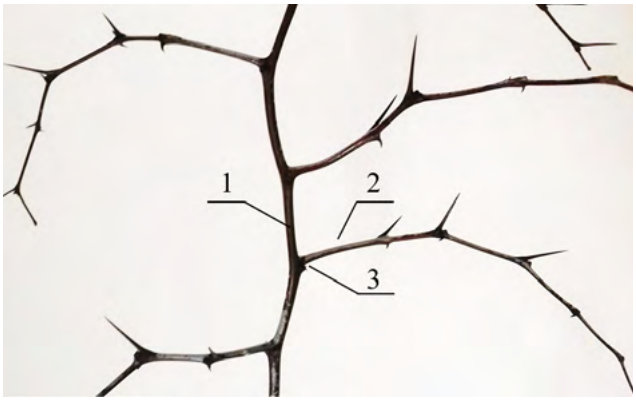


Рис. 1. Пагони Zizyphus jujuba Mill
1 – основний ростовий, 2 – боковий колінчасто вигнутий, 3 – спляча брунька

Враховуючи морфологічну будову пагонів *Z. jujuba* та форму бруньки, в разі вегетативного розмноженя виду щепленням щитком вприклад ми запропонували винахідницьке рішення, що запобігає завмиранню та підсиханню бруньки, а також відшаровуванню щитка від підщепи й на що отримали патент України на корисну модель [14].

За найближчі аналоги корисної моделі взято відомі в садівництві прийоми суцільної обмотки щитка з накриванням бруньки та обмотку, де брунька залишається відкритою. У нашому випадку поставлена задача вирішується шляхом того, що після виконання на підщепі *Z. jujuba* надрізу, зрізання щитка з прищепи, прикладання щитка до надрізу, обмотку спочатку накладають суцільно, накриваючи бруньку щитка, а після утворення на ранових поверхнях підщепи і щитка тонкого шару напливу у вигляді калюсу першу обмотку знімають й одразу при накладанні другої обмотки бруньку обходять.

Як показують дослідження, найбільший вихід окулянтів за вдосконаленого нами прийому окулірування рослин *Z. jujuba* щитком вприклад з обмоткою еластичною стрічкою у два прийоми відбувається в разі зміни суцільної обмотки щитка на його обмотку з відкритою брунькою через проміжок часу в межах десяти діб після виконання окуліровки.

Головні висновки. Зростання попиту та виробництво якісного посадкового матеріалу безпосередньо впливають на поширення цінної плодової культури *Z. jujuba* в лісостеповій зоні України, де вид не лише успішно інтродукований, а й відібрані місцеві крупноплідні форми. За даними польових досліджень, проведених у Хорольському ботанічному саду, встановлена деяка залежність морфологічної будови пагонів *Z. jujuba* та відомого в садівництві прийому виконання окуліровки щитком вприклад, врахування якої в кінцевому результаті

позитивно впливає на збільшення виходу окулянтів. Визначена залежність дозволила вдосконалити прийом виконання окуліровки щитком вприклад у разі вегетативного розмноження *Z. jujuba*. Суть його полягає в обмотці еластичною стрічною щитка у два прийоми: спочатку здійснюють суцільну обмотку, і це запобігає підсиханню бруньки, після часткового приживання щитка бруньку обмоткою обходять, що запобігає відшаровуванню щитка і не заважає проростанню бруньки.

Література

1. Грабовецька О. А. Споживчі та цінні властивості малопоширених плодових: азиміна, зізіфус, хурма. *Досягнення та концептуальні напрями вирощування малопоширених плодово-ягідних культур та переробка їх сировини* : збірник матеріалів Першої Всеук. наук.-практ. конференції. Київ : Інститут садівництва НААН, Центр учбової літератури, 2019. С. 21–23.
2. Жуковский П.М. Унаби (*Zizyphus Mill*.). *Культурные растения и их сородичи.* 1964. С. 558–559.
3. Настас Г.В. Зизифус. Малораспространенные плодово – ягодные растения. Кишинев : Картя Молдовеняскэ, 1987. С. 5–80.
4. Иванова Р.Б. Технология выращивания посадочного материала крупноплодных сортов унаби. *Труды НИИ им. акад. Шредера*. 1976. Вып. 37. С. 107–116.
5. Красовський В.В. Інтродукція унабі (*Zizyphus jujuba* Mill.) в Лісостепу України (Біоекологічні особливості, розмноження, вирощування) : автореф. дис. … канд. біол. наук : 03.00.05 «Ботаніка». Київ, 2007. 19 с.
6. Массовер Б.Л. Унаби. Окулировка. *Садоводство*. 1974. № 11. С. 42–43.
7. Настас Г.В. Рекомендации по размножению зизифуса (унаби) в Молдавии. Кишинев, 1985. 28 с.
8. Рихтер А.А. Совершенствование качества плодов южных культур. Симферополь, 2001. 426 с.
9. Синько Л.Т. Основные способы размножения зизифуса: методические указания. Ялта, 1973. 22 с.
10. Флоря В.Н. Опыт выращивания *Zizyphus jujuba* Mill. в Молдавии. *Растительные ресурсы*. 1984. Вып. 1, т. 20. С. 81–85.
11. Довбиш Н.Ф. Розмноження малопоширених в Донбасі плодово-ягідних рослин стебловими живцями. *Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку.* 1998. С. 190–191.
12. Щербакова Л.Т., Куликов Г.В. Вегетативное размножение зизифуса в искусственном тумане. *Субтропические культуры*. 1972. № 1. С. 94–98.
13. Массовер Б.Л., Мухамедов А.Х. Высокопродуктивный маточник унаби. *Садоводство*. 1982. № 10. С. 30–31.
14. Спосіб окулірування рослин унабі (*Zizyphus jujuba* Mill.) щитком вприклад з обмоткою еластичною стрічкою у два прийоми : пат. 144823 Україна : МПК (2020.01), A01G 7/00, № a 201206747; заявл. 01.06.2020; опубл. 26.10.2020; Бюл. № 20. 2 с.

УДК 635.8:[549.25+549.28]
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.28

ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЇСТІВНИХ ГРИБІВ РОДУ PLEUROTUS У МЕЖАХ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ

Мартенюк Г.М.[1], Герасимчук Л.О.[2], Валерко Р.А.[2], Гладич Н.О.[2]
[1]Житомирський агротехнічний коледж
вул. Покровська, 96, 10031, м. Житомир;
[2]Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
funtikgo@rambler.ru, valerko_ruslana@ukr.net, gerasim4uk@ukr.net

Важкі метали є одними з пріоритетних антропогенних забруднювачів довкілля. Найбільш сильно забрудненню важкими металами піддаються ґрунти урбоекосистем, що є територіями, де безпосередньо локалізовані процеси техногенезу. Населення активно культивує міські ландшафти, а вирощена в їх межах продукція споживається місцевими жителями. Така рослинна продукція з урбоекосистем може містити значні кількості важких металів, та її споживання може створювати ризики для здоров'я населення. Здійснена оцінка забруднення важкими металами плодових тіл *Pleurotus ostreatus* та деревного субстрату, розраховані коефіцієнти біоакумуляції важких металів у плодових тілах грибів, що ростуть на території міста і споживаються місцевими жителями. Дослідження проводили на базі атестованої вимірювальної лабораторії навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Поліського національного університету. Вміст важких металів у грибах і субстраті визначали методом атомно-адсорбційної спектрометрії. Встановлено, що гриби можуть функціонувати за умов техногенного забруднення, нагромаджуючи важкі метали в кількостях, що перевищують їх нормативний вміст у компонентах довкілля. Накопичення важких металів залежить від вмісту металу в субстраті та біодоступності металу. Вміст Cu у плодових тілах грибів перевищував гранично допустимі значення у 3 рази, Zn – у 19,5 раза, Pb – у 3,7 раза, а максимальне перевищення спостерігалося за вмістом Cd – у 488,3 раза. Розраховані значення коефіцієнтів біоакумуляції важких металів (Cu – 1,65, Zn – 1,76, Cd – 4,01) свідчать про їх активне накопичення у плодових тілах *Pleurotus ostreatus* і суттєво перевищують дані для природних екосистем. *Ключові слова:* урбанізовані території, ксилотрофи, плодові тіла, субстрат, коефіцієнти біоакумуляції Cu, Zn, Pb і Cd.

Heavy metal pollution of edible mushrooms of the genus Pleurotus within residential territories. Marteniuk H., Herasymchuk L., Valerko R., Hladych N.

Heavy metals are one of the priority anthropogenic pollutants. The soils of urban ecosystems, which are areas where the processes of technogenesis are directly localized, are most exposed to heavy metal pollution. The population is actively cultivating urban landscapes, and the products grown within them are consumed by locals. Such plant products from urban ecosystems can contain significant amounts of heavy metals and their consumption can pose risks to public health. Heavy metal contamination of fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus* and wood substrate was estimated, bioaccumulation coefficients of heavy metals in fruiting bodies of fungi growing in the city and consumed by locals were calculated. The research was conducted on the basis of a certified measuring laboratory of the Training and Research Center for Ecology and Environmental Protection of Polissya National University. The content of heavy metals in fungi and substrate was determined by atomic adsorption spectrometry. It is established that fungi can function under conditions of man-made pollution, accumulating heavy metals in quantities exceeding their content in the components of the environment. The accumulation of heavy metals depends on the metal content in the substrate and the bioavailability of the metal. The content of Cu in the fruiting bodies of fungi exceeded the maximum allowable values 3 times, Zn – 19.5 times, Pb – 3.7 times, and the maximum excess was observed for the content of Cd – 488.3 times. The calculated values of bioaccumulation coefficients of heavy metals (Cu – 1.65, Zn – 1.76, Cd – 4.01) indicate their active accumulation in the fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus* and significantly exceed the data for natural ecosystems. *Key words:* urban areas, xylotrophs, fruiting bodies, substrate, bioaccumulation coefficients Cu, Zn, Pb and Cd.

Постановка проблеми. До важких металів зараховують більше 40 елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва, густина яких, за даними різних дослідників, перевищує 4,5–5,8 г/см^3, а атомна маса становить понад 40 атомних одиниць маси. Всі важкі метали, за винятком заліза і марганцю, належать до рідкісних і розсіяних у природі хімічних елементів, тобто мікро- та ультрамікроелементів. Значна більшість їх є корисною для рослин, тварин і людини в невеликих дозах і виявляє токсичну дію при значних концентраціях. Вже давно встановлений небезпечний вплив кадмію, ртуті, нікелю, хрому, свинцю, кобальту, міді, цинку, марганцю та інших, більшість з яких є мікроелементами в мікродозах [1].

Але не всі метали характеризуються однаковою небезпекою для живих організмів. Саме свинець, цинк, мідь та кадмій є одними з найбільш пріоритетних забруднювачів біосфери та є характерними забруднювачами для зони Житомирського Полісся [2–7].

Важкі метали посідають нині одне з провідних місць серед антропогенних забруднювачів. Найсильніше піддаються такому забрудненню ґрунти урбоекосистем, що є територіями, де безпосередньо локалізовані процеси техногенезу [2–7].

Актуальність дослідження. У зв'язку із складною екологічною ситуацією в Україні населення культивує міські ландшафти. На територіях міст, що характеризуються високими рівнями антропогенного забруднення важкими металами, влаштовуються грядки і городи, де місцеве населення вирощує зелень та овочі.

Крім того, на території міста збирається і використовується для потреб населення дикоросла продукція: гриби, ягоди, лікарські рослини.

Рослинна продукція з урбоекосистем може містити значні кількості важких металів і її споживання може створювати ризики для населення.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження забруднення важкими металами харчових продуктів із міських екосистем.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконувалось у рамках науково-дослідної роботи «Еколого-соціальна оцінка стану сільських селітебних територій у контексті сталого розвитку» (державний реєстраційний № 0120U104233) та може бути використано представниками Держпродспоживслужби та Управління екології та природних ресурсів для інформування населення про безпечність продуктів харчування та стан навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження міграції важких металів у ґрунті та рослинах розпочалися ще в середині минулого століття [1]. Значна кількість досліджень присвячена оцінці їх вмісту в рослинницькій продукції агроселітебних територій [1–8].

Питанням особливостей акумуляції важких металів різними видами їстівних грибів присвячено низку досліджень [9–11]. Доведено, що гриби здатні біоакумулювати сліди металів із ґрунту завдяки ефективному механізму накопичення цих елементів, а значення вмісту окремих важких металів перевищували рекомендовану межу для споживання [12–15], а накопичення важких металів варіюється залежно від видів грибів, вмісту металу в субстраті та біодоступності металу [14].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, та новизна досліджень. Наявні дослідження зорієнтовані, перш за все, на акумуляцію важких металів грибами в лісових масивах, а не на урбанізованих територіях. Саме тому метою наших досліджень було вивчення забруднення грибів, що ростуть на території міста і споживаються місцевими жителями.

Методологічне значення. Дослідження проводили на базі атестованої вимірювальної лабораторії навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Поліського національного університету. Вміст важких металів у грибах і субстраті визначали методом атомно-адсорбційної спектрометрії. Попередньо зразки піддавались сухому озоленню в муфельній печі з наступним одержанням зольного розчину. Далі проводилось визначення рівнів забруднення важкими металами плодових тіл *Pleurotus ostreatus* та деревного субстрату, розраховувалися коефіцієнти біоакумуляції важких металів у плодових тілах грибів. Всі дані про вміст досліджуваних важких металів у зразках обро-

Рис. 1. Гриби роду Pleurotus на вулиці Покровській, м. Житомир

Рис. 2. Pleurotus ostreatus на вулиці Лесі Українки, м. Житомир

блялися методом описової статистичної обробки на рівні мінімальних і максимальних значень, середніх значень та стандартного відхилення.

Виклад основного матеріалу. Їстівні гриби можна зустріти не лише у лісах, але й на луках і пасовищах, у садах і парках. Маючи високу екологічну пластичність, вони здатні зростати в умовах урбанізованих територій: у зелених зонах міст, на подвір'ях, газонах і клумбах.

Найчастіше на території міст зустрічаються представники гумусових сапротрофів. Гумусові сапротрофи утворюють групу видів, що беруть участь у розкладі гумусу ґрунту. Міцелій їх розміщується в нижньому шарі підстилки і верхньому шарі ґрунту. У природних умовах вони найчастіше зустрічаються на угноєному ґрунті, багатому органікою лісовому і лучному перегної, корі відмерлих дерев і мурашниках. Проте вони можуть рости і на зовсім оголених, позбавлених підстилки ділянках.

Нерідко в містах зустрічаються і представники групи ксилотрофів (дерево руйнуючих грибів). Відомими ксилотрофами є представники роду *Pleurotus*, типовий представник роду – плеврот черепичастий (*Pleurotus ostreatus*) – популярний їстівний гриб. Він поширений у районах із помірним кліматом і добре пристосовується до умов середовища та субстратів. Росте групами, рідше – поодиноко, на пнях, хмизі, сухостійних або ослаблених живих деревах листяних (дуже рідко хвойних) порід у лісах, парках і садах [16].

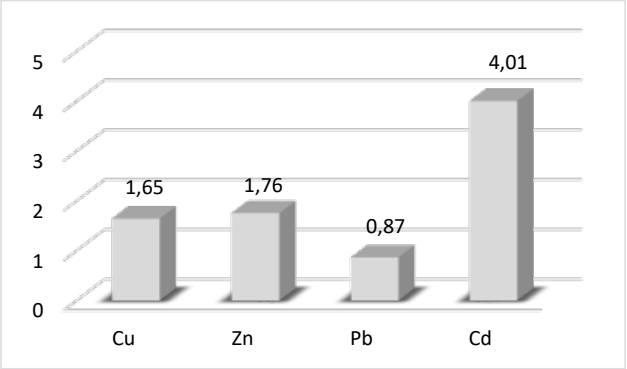


Рис. 3. Коефіцієнти біоакумуляції важких металів у плодових тілах Pleurotus ostreatus

Гриби можуть функціонувати за умов техногенного забруднення, нагромаджуючи важкі метали в кількостях, що перевищують їх нормативний вміст у компонентах довкілля.

Згідно з метою досліджень нами вивчалося накопичення важких металів плодовими тілами плевроту звичайного *(Pleurotus ostreatus)*, що зростає на території м. Житомир. Зразки плодових тіл *Pleurotus ostreatus* відбирали на ділянках зелених насаджень вздовж доріг (рис. 1, 2).

Результати визначення вмісту важких металів у плодових тілах *Pleurotus ostreatus* наведені в таблиці 1.

Вміст важких металів у плодових тілах грибів перевищував гранично допустимі значення: Cu –

Таблиця 1

Вміст важких металів у плодових тілах *Pleurotus ostreatus* і деревному субстраті

	Вміст, мг/кг			
	Cu	***Zn***	***Pb***	***Cd***
Плодові тіла грибів	15,19±1,01	194,685±9,125	1,845±0,055	1,465±0,005
Субстрат (деревина)	9,185±2,375	110,64±13,66	2,11±0,02	0,365±0,095
ГДК	5	10	0,5	0,003

у 3 рази, Zn – у 19,5 раза, Pb – у 3,7 раза. Найбільше перевищення ГДК спостерігалося за вмістом Cd – у 488,3 раза. При цьому варто зазначити, що подібні результати отримані і в інших дослідженнях [9].

Рівні забруднення плодових тіл *Pleurotus ostreatus* важкими металами були значно більшими, ніж в умовах природних екосистем. При цьому вміст важких металів у субстраті (деревині) знаходився на рівні, характерному для умов природних ландшафтів.

На основі отриманих нами даних вмісту Cu, Zn, Pb і Cd були розраховані коефіцієнти біоакумуляції важких металів плодовими тілами грибів (рис. 3).

Значення коефіцієнта біоакумуляці для Cd становило 4,01, що свідчить про активне його нагромадження в плодових тілах і суттєво перевищує дані для природних екосистем. Причиною значного забруднення плодових тіл *Pleurotus ostreatus* Cd може бути також аеральне надходження.

Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження. Рівні забруднення плодових тіл *Pleurotus ostreatus* важкими металами були значно більшими, ніж в умовах природних екосистем, при вмісті у субстраті (деревині) на рівні, характерному для умов природних ландшафтів. Вміст Cu, Zn, Pb і Cd у плодових тілах грибів значно перевищував гранично допустимі значення.

Перспективами подальших досліджень є оцінка можливості споживання грибів на основі оцінки ризику та оцінка їх внеску в щоденне споживання токсичних елементів.

Література

1. Соколов О.А., Черников В.А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Пущино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. 164 с.
2. Валерко Р.А., Мислива Т.М., Герасимчук Л.О. Особливості акумуляції свинцю в урбаноземах і фітоценозах на території м. Житомира. *Вісник ЖНАЕУ.* 2011. № 1, т. 1. С. 179–188.
3. Валерко Р.А. Забруднення важкими металами грунтового покриву і фітоценозів на території м. Житомира та прилеглих до нього агроекосистем. *Вісник ДАЕУ*. 2008. № 1 (22). С. 356–366.
4. Герасимчук Л.О., Валерко Р.А. Екологічна оцінка якості овочевої продукції агроселітебних територій приміської зони м. Житомира. *Агроекологічний журнал.* 2017. № 3. С. 76–82.
5. Мислива Т.М., Онопрієнко Л.О. Важкі метали в урбоедафотопах і фітоценозах на території м. Житомира. *Вісник ХНАУ. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів.* 2009. № 1. С. 89–95.
6. 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. Vol. 8, № 1. P. 927–938. DOI: 10.15421/2018_295.
7. Мислива Т.М., Герасимчук Л.О. Важкі метали в урбаноземах агроселітебних ландшафтів південно-західної частини м. Житомира. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Агрономія*. 2011. Т. 162. С. 155–165.
8. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е.Г. Дегодюк та ін.; за ред. Е.Г. Дегодюка. Київ : Урожай, 1992. 320 с.
9. Білявський Ю.А. Особливості накопичення важких металів їстівними грибами. *Збірник наук. пр. Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2013. № 17, т. 2. С. 303–309.
10. Разанов С.Ф., Врадій О.І. Оцінка інтенсивності забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 1. С. 57–65. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2019.170591.
11. Вінічук М.М., Скиба Г.В., Єльнікова Т.О., Мандро Ю.Н. біоакумуляція окремих металів та неметалів у міцелії та плодових тілах ектомікоризних грибів. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Серія: Екологія.* 2019. № 20. С. 23–31.
12. Sithole S. C., Mugivhisa L. L., Amoo S. O., Olowoyo J. O. Pattern and concentrations of trace metals in mushrooms harvested from trace metal-polluted soils in Pretoria, South Africa. *South African Journal of Botany.* 2017. Vol. 108. P. 315–320. DOI: 10.1016/j.sajb.2016.08.010.
13. Zsigmond A. R., Varga K., Harangi S., Baranyai E., Urak I. Elemental profile of edible mushrooms from a forest near a major Romanian city. *Acta universitatis sapientiae agriculture and environment.* 2015. Vol. 7. P. 98–107. DOI: 10.1515/ausae-2015-0009.
14. Ndimele C. C., Ndimele P. E., Chukwuka K. S. Accumulation of heavy metals by wild mushrooms in Ibadan, Nigeria. *Journal of health and pollution.* 2017. Vol. 7. P. 26–30. DOI: 10.5696/2156-9614-7.16.26.
15. Lalotra P., Gupta D., Yangdol R., Sharma Y.P., Gupta S.K. Bioaccumulation of heavy metals in the sporocarps of some wild mushrooms. *Current research in environmental & applied mycology.* 2016. Vol. 6. 159–165. DOI: 10.5943/cream/6/3/2.
16. Антоняк Г.Л., Калинець-Мамчур З.І., Дудка І.О. Екологія грибів : монографія. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2013. 628 с.

УДК 582.28:635.8(043.5)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.29

ВИВЧЕННЯ РОСТОВИХ ТА МОРФОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МІЦЕЛІЮ *PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.) P. KUMM. ЗА ДІЇ LED-ЛАЗЕРІВ

Решетник К.С., Юськов Д.С., Сімонян Р.В.
Донецький національний університет імені Василя Стуса
вул. 600-річчя, 21, 21021, м. Вінниця
k.reshetnyk@donnu.edu.ua

У статті представлено результати вивчення ростових та морфологічних параметрів міцелію *Pleurotus ostreatus* за поверхневого культивування на агаризованому живильному середовищі за дії лазерного опромінення в умовах різних енергетичних доз опромінення (25,05–102,5 мДж/см^2). Вивчення швидкості росту вегетативного міцелію штамів Р-191, Р-192, Р-6v, Р-154, Р-155, Р-108 гриба *P. ostreatus* проводили на картопляно-глюкозному агарі (КГА). Для вивчення впливу лазерного опромінення на ріст досліджених штамів вегетативний міцелій культивували протягом семи діб на агаризованому середовищі (КГА) у стандартних чашках Петрі (діаметром 9 см). Для лазерного опромінення вегетативного міцелію використовували пристрій, який був сконструйований співробітниками кафедри ботаніки та екології Донецького національного університету імені Василя Стуса. У дослідженнях як джерело світла використовували LED-лазери: BRP–3010–5 із випромінюванням червоного спектра з довжиною хвилі 635 нм; BBP–3010–5 із випромінюванням синього спектра з довжиною хвилі 405 нм та BGP–3010–5 із випромінюванням зеленого спектра з довжиною хвилі 532 нм, на основі яких і працює пристрій. Показано, що максимальна швидкість радіального росту штамів *P. ostreatus* спостерігалася за дії лазерного опромінення довжиною хвилі 532 нм, при цьому найефективнішою була енергетична доза опромінення 51,1 мДж/см^2. Опромінення міцелію тривалістю 5 с, 15 с та 20 с світлом довжиною хвилі 405 нм, 532 нм та 635 нм з енергією опромінення 25,05, 77,3 та 102,5 мДж/см^2 не чинило суттєвого впливу на швидкість радіального росту всіх досліджених штамів *P. ostreatus.* Визначено, що опромінення світлом довжиною хвилі 405 нм, 532 нм та 635 нм міцелію штамів *P. ostreatus* не впливало на основні морфологічні характеристики колоній на картопляно-глюкозному агаризованому середовищі. *Ключові слова:* фотоактивація, швидкість росту, поверхневе культивування, *Pleurotus ostreatus.*

Study of growth and morphological parameters of mycelium *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. under the action of LED lasers. Reshetnyk K., Yuskov D., Simonyan R.

The article presents the results of studying the growth and morphological parameters of the mycelium of *Pleurotus ostreatus* during surface cultivation on agar nutrient medium under the action of laser irradiation at different energy doses (25.05–102.5 mJ/cm^2). The study of the growth rate of vegetative mycelium of strains P-191, P-192, P-6v, P-154, P-155, P-108 of the fungus *P. ostreatus* was performed on potato-glucose agar (PGA). To study the effect of laser irradiation on the growth of the studied strains, vegetative mycelium was cultured for 7 days on agar medium (PGA) in standard Petri dishes (diameter 9 cm). A device designed by the staff of the Department of Botany and Ecology of Vasyl Stus Donetsk National University was used for laser irradiation of the vegetative mycelium. In the studies, LED lasers were used as a light source: BRP – 3010–5, with red spectrum radiation with a wavelength of 635 nm; BBP-3010-5 with blue spectrum radiation with a wavelength of 405 nm and BGP-3010-5 with green spectrum radiation with a wavelength of 532 nm, on the basis of which the device works. It is shown that the maximum rate of radial growth of *P. ostreatus* strains was observed under the action of laser irradiation with a wavelength of 532 nm, with the most effective energy dose being 51.1 mJ/cm^2. Irradiation of the mycelium for 5 s, 15 s and 20 s with light wavelengths of 405 nm, 532 nm and 635 nm with an irradiation energy of 25.05, 77.3 and 102.5 mJ/cm^2 did not significantly affect the radial growth rate of all studied strains *P. ostreatus*. It was determined that irradiation with light of 405 nm, 532 nm and 635 nm mycelium of *P. ostreatus* strains did not affect the main morphological characteristics of colonies on potato-glucose agar medium. *Key words:* photoactivation, growth rate, surface cultivation, *Pleurotus ostreatus.*

Актуальність дослідження. Сьогодні активно зросли дослідження базидієвих грибів з огляду на досить широке їх використання, зокрема для виробництва продуктів харчування, ферментів, харчових добавок та фармацевтичних речовин [1; 2]. Відомо, що з грибів отримують багато біологічно активних сполук з унікальними властивостями. Серед них багато сполук, що знижують холестерин, мають антидіабетичні та імуномодулюючі й інші властивості. Деякі із цих речовин мають не лише фармацевтичні властивості, а й є новим класом харчових добавок або харчових препаратів. Найважливіші фармацевтичні препарати з лікарських грибів включають полісахариди, речовини з антиоксидантними властивостями та лектини [3; 1; 4]. Окрім того, останнім часом спостерігається значний інтерес до використання грибів або грибних екстрактів як дієтичних добавок. Відомо, що у плодових тілах *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. міститься багато біологічно активних речовин, які здатні попереджати і лікувати широкий спектр захворювань. Зокрема, дослідження показали, що високий уміст чистого протеїну (до 47,7%) у плодових тілах *P. ostreatus* сприяє запобіганню та лікуванню гепатиту, виразки шлунка, знижує кількість холестерину в крові, допомагає нормалізувати тиск як у гіпертоніків, так

і у гіпотоніків, надає протипухлинну дію, підвищує імунну стійкість організму [5].

Мета роботи – дослідити швидкість радіального росту та морфологічні особливості міцелію штамів базидієвого гриба *Pleurotus ostreatus* за дії лазерного опромінення різною довжиною хвилі.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано в рамках НДР «Розроблення способів підвищення продуктивності рослин і грибів за допомогою LED-лазерних систем» за номером Державної реєстрації 0120U102962. Тематика дослідження є одним з основних наукових напрямів діяльності кафедри ботаніки та екології Донецького національного університету імені Василя Стуса.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні відомий вплив низькоінтенсивного світла на лінійний ріст та накопичення біомаси різними видами грибів: *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach, *Ganoderma lucidium* (Curtis) P. Karst, *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers., *Inonotus obliguus* (Fr.) Pilat, *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler [6; 7]. Досліджено позитивний вплив опромінення на врожайність гриба *P. ostreatus* [8]. Також було встановлено, що лазерне опромінення в дозах 45–230 мДж/см^2 стимулює проростання спор та ріст міцелію у *H. erinaceus* [9]. За даними Н.Л. Поєдинок, базидієві гриби на різних стадіях онтогенезу є чутливими до червоного (625 та 632,8 нм), синього (463 та 488 нм) та зеленого (522 та 514,5 нм) світла низької інтенсивності у видимому діапазоні довжини хвиль із різними спектральними та енергетичними характеристиками [8]. Окрім того, досліджено, що зміни ростової активності спор і вегетативного міцелію грибів, які викликані короткочасним опромінюванням світлом низької інтенсивності, передаються на наступні фази онтогенезу і не потребують подальшої активізації світлом [8]. Дані літератури вказують на те, що фоторецепторна система грибів адаптована до світла в діапазоні довжин хвиль від 350 до 730 нм [10]. Причому вплив світла на розвиток грибів визначається як видовою, так і штамовою приналежністю [11].

Новизна. Уперше досліджено ростові параметри та морфологічні особливості шести штамів гриба *Pleurotus ostreatus* за дії лазерного опромінення в умовах різних енергетичних доз опромінення (25,05–102,5 мДж/см^2).

Методика досліджень. Вивчення швидкості росту вегетативного міцелію штамів P-191, P-192, P-6v, P-154, P-155, P-108 гриба *Pleurotus ostreatus* проводили на картопляно-глюкозному агарі (КГА). Культивування проводили за температури 26±2°C у термостаті. Диски міцелію діаметром 5 мм вирізали стерильною сталевою трубкою на відстані 8–10 мм від краю активного росту колонії та поміщали у центр чашки Петрі діаметром 90 мм. Радіуси колоній вимірювали в чотирьох взаємно перпендикулярних напрямках на 2, 4, 6, 8, 10 та 12-ту добу культивування. Для розрахунку швидкості радіального росту (V_R, мм/доба) будували криві залежності

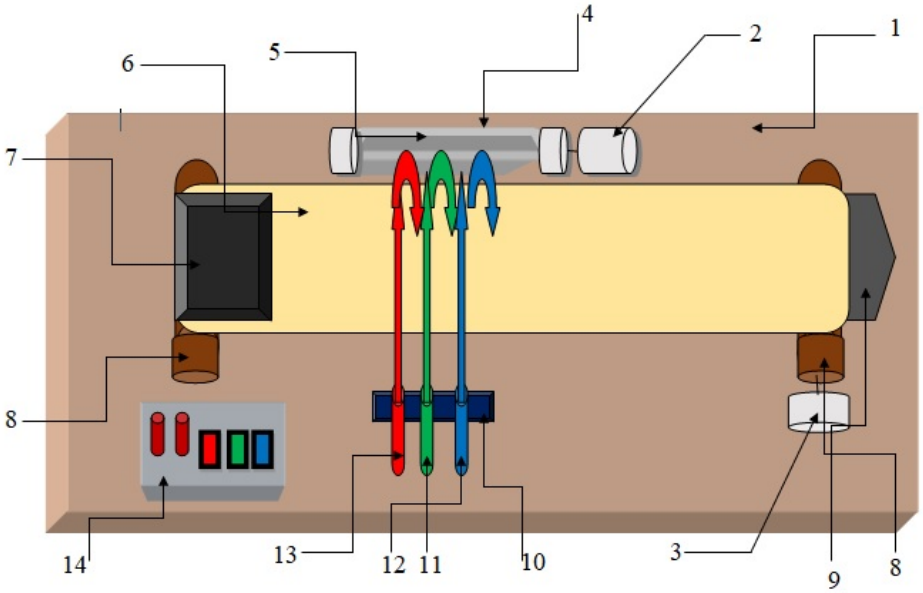


Рис. 1. Пристрій для опромінення міцелію монохроматичним світлом за допомогою LED-лазерів

1 – платформа для кріплення пристрою, 2 – електродвигун 1, 3 – електродвигун 2, 4 – захисна кришка для дзеркальної призми, 5 – дзеркальна призма, 6 – транспортерна стрічка, 7 – бункер для опромінених об'єктів, 8 – валик, який рухає транспортерну стрічку, 9 – платформа для опромінених об'єктів, 10 – штатив для кріплення LED-лазерів, 11 – LED-лазер BGP–3010–5 із випромінюванням зеленого спектру з довжиною хвилі 532 нм, 12 – LED-лазер BBP–3010–5 із випромінюванням синього спектру з довжиною хвилі 405 нм, 13 – LED-лазер BRP–3010–5 із випромінюванням червоного спектру з довжиною хвилі 635 нм, 14 – панель управління

радіуса міцеліальної колонії від часу культивування. У фазі лінійної залежності приросту радіуса від часу визначали швидкість росту за формулою:

$$V_R = \frac{R_1 - R_0}{t_1 - t_0}$$

де R_1 – радіус колонії в кінці фази лінійного росту, R_0 – радіус колонії на початок фази лінійного росту, $t_1 - t_0$ – тривалість лінійної фази росту (доба) [12; 13].

Спостереження за ростом колоній припиняли після повного заростання чашки Петрі міцелієм. Дослідження культурально-морфологічних характеристик колоній проводили кожні два-три дні культивування впродовж 12 діб [14]. Морфологічна характеристика колоній охоплювала опис текстури, забарвлення, щільності, зональності, реверзуму краю колонії та його зовнішньої лінії [15; 16].

Для вивчення впливу лазерного опромінення на ріст досліджених штамів гриба вегетативний міцелій культивували протягом семи діб на агаризованому середовищі (КГА) у стандартних чашках Петрі (діаметром 9 см). Для лазерного опромінення вегетативного міцелію використовували пристрій, який був сконструйований співробітниками кафедри ботаніки та екології ДонНУ імені Василя Стуса. Пристрій складається з восьмигранної дзеркальної призми, що сприймає промінь LED-лазерів: BRP–3010–5 із випромінюванням червоного спектра з довжиною хвилі 635 нм; BBP–3010–5 із випромінюванням синього спектра з довжиною хвилі 405 нм та BGP–3010–5 із випромінюванням зеленого спектра з довжиною хвилі 532 нм (виробник лазерів BOB LASER Co., Китай) і відбиває його на транспортерну стрічку, на якій розміщується чашка Петрі з міцелієм. Потужність кожного лазера становить 100 мВт (рис. 1). Міцелій опромінювали у такий спосіб: відкрита чашка Петрі з міцелієм рухається на транспортерній стрічці під променем світла з установленою довжиною хвилі: 635, 405 та 532 нм, отримуючи необхідну енергетичну дозу опромінення (25,05–102,5 мДж/см^2) залежно від мети нашого дослідження. Опромінення міцелію тривало 5 с (тривалість руху чашки транспортерною стрічкою становила 90 с), 10 с (тривалість руху чашки транспортерною стрічкою становила 180 с), 15 с (тривалість руху чашки транспортерною стрічкою становила 270 с) та 20 с (тривалість руху чашки транспортерною стрічкою становила 360 с). Потім за допомогою стерильної сталевої трубки з колонії міцелію вирізали міцеліальні диски діаметром 5 мм та здійснювали інокуляцію на живильне середовище відповідного складу. Для інокуляції контрольних чашок Петрі застосовували неопромінену культуру.

Опромінення міцелію проводилося у таких режимах (табл. 1).

Статистична обробка проводилася за допомогою пакетів статистичних програм [17]. Повторюваність дослідів трикратна.

Виклад основного матеріалу. Аналіз результатів наших досліджень для штамів гриба *P. ostreatus* показує, що швидкість росту міцелію, який не було опромінено (контроль), для всіх досліджених нами штамів становила 4,2±0,49–6,6±0,61 мм/добу (рис. 2). Ураховуючи загальноприйняті критерії, які використовують під час розгляду життєвих стратегій міцеліальних грибів [18], та дані літератури [13], більшість із наших культур належить до групи штамів, що ростуть із середньою швидкістю росту. Для всіх досліджених штамів *P. ostreatus* нами була встановлена закономірність щодо чутливості міцелію до дії опромінення зеленим, червоним та синім світлом протягом 10 с (енергетична доза опромінення – 51,1 мДж/см^2). Було показано, що швидкість раді-

Таблиця 1

Режими опромінення міцелію досліджених видів грибів

Варіант опромінення	Тривалість опромінення, с			Енергетична доза опромінення, мДж/см^2
	Червоне світло (635 нм)	Синє світло (405 нм)	Зелене світло (532 нм)	
1 (контроль)	0	0	0	0
1	2	3	4	5
2	5	0	0	25,05
3	0	5	0	25,05
4	0	0	5	25,05
5	10	0	0	51,1
6	0	10	0	51,1
7	0	0	10	51,1
8	15	0	0	77,3
9	0	15	0	77,3
10	0	0	15	77,3
11	20	0	0	102,5
12	0	20	0	102,5
13	0	0	20	102,5

ального росту міцелію за дії зеленого світла для всіх штамів гриба *P. ostreatus* (окрім штаму Р-192) зростала в межах від 44±3,1% до 47,9±2,8%, відповідно, у межах статистичної похибки можна констатувати, що реакція штамів була однаковою. Винятком був штам Р-192, швидкість росту якого збільшилася лише на 27,7±2,4% порівняно з контролем. Дія опромінення червоним світлом збільшувала швидкість росту для всіх досліджених штамів *P. ostreatus* в межах від 12,9±3% до 20±3,1%, а для штаму Р-6v цей показник збільшився на 27±2,8%. Опромінення світлом довжиною хвилі 405 нм протягом 10 с викликало зростання швидкості росту міцелію для всіх досліджених штамів цього виду в межах від 7,4±2% до 14,5±2,3% відповідно (рис. 2).

Опромінення міцелію тривалістю 5 с, 15 с та 20 с світлом довжиною хвилі 405 нм, 532 нм та 635 нм з енергією опромінення 25,05, 77,3 та 102,5 мДж/см^2

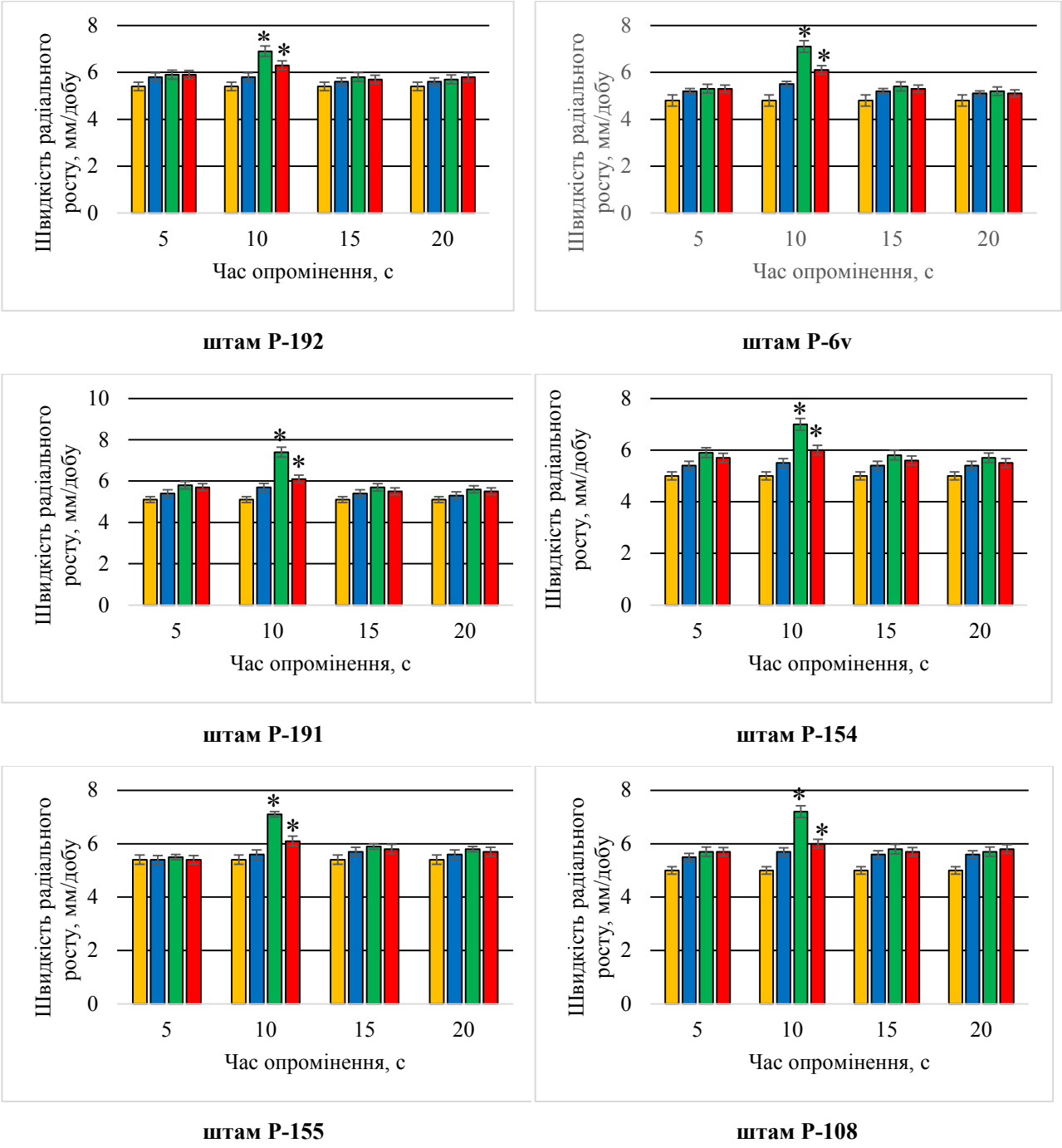


Рис. 2. Вплив лазерного опромінення на швидкість радіального росту міцелію штамів гриба Pleurotus ostreatus на картопляно-глюкозному живильному середовищі:
без опромінення; 405 нм; 532 нм; 635 нм

* – P<0,05, порівняно з контролем

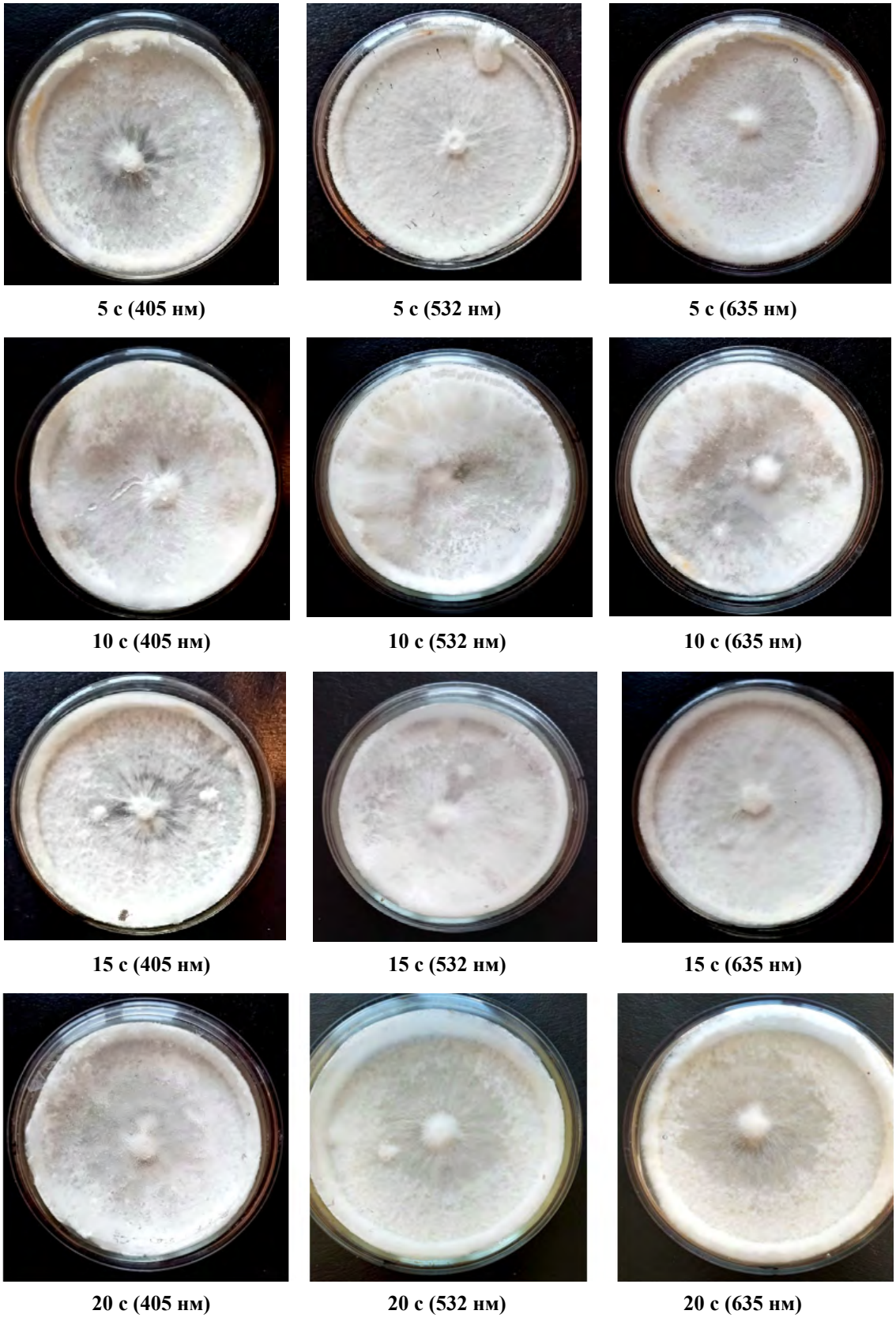


Рис. 3. Колонії гриба Pleurotus ostreatus штам P-6v на агаризованому живильному середовищі (КГА) (12 доба культивування) за дії лазерного опромінення

Контроль (без опромінення)

Продовження рис. 3. Колонії гриба Pleurotus ostreatus штам P-6v на агаризованому живильному середовищі (КГА) (12 доба культивування) за дії лазерного опромінення

не чинило суттєвого впливу на швидкість радіального росту усіх досліджених штамів *P. ostreatus* (рис. 2).

Результати дослідження морфології міцеліальних культур *P. ostreatus* показали, що всі досліджувані штами гриба утворювали пухнасті, ватно-шерстисті, щільні колонії білого кольору, край колонії дещо піднятий, реверзум збігається з кольором середовища. Навколо інокулюма колоній утворювалася зона менш щільного міцелію різного радіусу (8–20 мм), щільно притиснутого до субстрату. Зональність або слабо виражена, або взагалі відсутня. Морфологічні особливості міцеліальних колоній штамів *P. ostreatus* на агаризованому живильному середовищі (КГА) за дії лазерного опромінення були характерні для морфології колоній міцелію цього виду гриба, відмінностей у відомих морфологічних характеристиках колоній *P. ostreatus* [14] за дії лазерного опромінення нами не було виявлено (рис. 3).

Згідно з дослідженнями Н.Л. Поєдинок, опромінення когерентним світлом довжиною хвилі 632,5 нм збільшувало швидкість росту моноспорових ізолятів *P. ostreatus* майже на 180%, під час культивування на агаризованому пивному суслі (7° за Баллінгом) опромінення некогерентним світлом довжиною хвилі 625 нм сприяло пришвидшенню росту міцелію майже на 60%, а опромінення світлом когерентним (488 нм) та некогерентним (463 нм) сприяло поліпшенню росту міцелію моноспорових ізолятів у межах 20%, при цьому була використана енергія опромінення 230 мДж/см^2 [8]. Порівнюючи отримані нами результати з результатами Н.Л. Поєдинок, можна припустити, що міцелій *P. ostreatus* чутливий саме до довжини хвилі когерентного світла 632,5 нм, оскільки наші дані (використана нами довжина хвилі світла 635 нм) значно менші (збільшення на 12,9–27% порівняно з контролем). Окрім того, нами було вперше виявлено реакцію міцелію штамів *P. ostreatus* на когерентне зелене світло довжиною хвилі 532 нм (енергетична доза опромінення – 51,1 мДж/см^2): швидкість росту міцелію зросла на 47,9% відповідно до контролю. Отримані нами результати дослідження щодо впливу лазерного опромінення можна пояснити з погляду теорії про універсальні механізми фотоіндукції [19], відповідно до якої результатом первинних механізмів впливу лазерного випромінювання є зміна біохімічної активності та посилення генерації синглетного кисню і вивільнення NO, який є регулятором активності цитохром-с-оксидази у клітині. Окрім того, включаються і вторинні механізми впливу опромінення, а саме зміни у клітинах, що відбуваються після поглинання кванта (фотона) світла. Вони пов'язані переважно з поглинанням світла у мітохондріях. Наслідком цього є зміни у гомеостазі самих клітин: зростання концентрації АТФ та Ca^{2+}, активізація Na^+, K_+-АТФ-ази і трансмембранних йонних потоків, окрім того, відбувається деполяризація мембрани клітини.

Головні висновки. 1. Досліджено вплив лазерного опромінення на швидкість радіального росту та морфологічні особливості міцелію досліджених штамів гриба *P. ostreatus*. 2. У всіх варіантах дослідів із вивчення впливу лазерного опромінення на міцелій підібрані дози світла різних спектрів з однаковою щільністю енергії. 3. Опромінення довжиною хвилі 532 нм та 635 нм виявилося оптимальним для росту міцелію штамів *P. ostreatus*. Особливих відмінностей морфологічних характеристик колоній *P. ostreatus* за дії опромінення нами не було виявлено.

Література

1. Wasser S. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 2002. Vol. 60. P. 258–274.
2. Cohen R., Persky L. and Hadar Y. Biotechnological applications, and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Appl Microbiol Biotechnol*., 2002. № 58. P. 582–594.
3. Guillot J., Konska G. Lectins in Higher Fungi. *Biochem System Ecol.* 1997. № 3. P. 203–230.
4. Ng T. Peptides, and proteins from fungi. *Peptides*. 2004. № 25. P. 1 055–1 073.
5. Бисько Н.А., Митропольськая Н.Ю., Соломко Э.Ф. Лекарственные грибы – для здоровья и красоты. Киев : Наук. думка, 2003. 40 с.
6. Poyedinok N.L., Buchalo A.S., Negriyko A.M., Potemkina J.V., Mykchaylova O.B. The action of argon and helium-neon laser radiation on growth and fructification of culinary-medicinal mushrooms *Pleurotus ostereatus* (Jacq.: Fr.) Kumm., *Lentinus edodes* (Berk.) Singer, and *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 2003. Vol. 5. P. 293–299.
7. Poyedinok N.L., Potemkina Z.V., Buchalo A.S., Negriyko A.M., Grygansky A.Ph. Stimulation with low-intensity laser light of basidiospore germination and growth of monocaryotic isolates in Medicinal Mashroom *Hericium erinaecus* (Bull.: Fr.) Pers. (Aphyllophoromycetideae). *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 2000. Vol. 2. № 4. P. 339−342.

8. Poyedinok N.L. Influence of low-intensity laser radiation on the growth and development of *Hericiun erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers. and *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. *Int. J. Med. Mushr.* 2001. Vol. 3. № 2(3). P. 199.
9. Поєдинок Н.Л. Биотехнологические основы интенсификации культивирования съедобных и лекарственных макромицетов с помощью света низкой интенсивности : дис. … д-ра биол. наук : 03.00.20. Киев, 2015. 387 с.
10. Corrochano L.M. Fungal photoreceptors: sensory molecules for fungal development and behaviour. *Photochem Photobiol Sci.* 2007. Vol. 6. P. 725–736.
11. Горовой Л.Ф. Влияние света на морфогенез шляпочных грибов. Киев : Институт ботаники им. Н.Г. Холодного, 1989. 44 с.
12. Соломко Е.Ф., Ломберг М.Л., Митропольська Н.Ю. Ріст окремих видів лікарських макроміцетів на поживних середовищах різного складу. *Український ботанічний журнал.* 2000. Вип. 57. С. 119–126.
13. Ломберг М.Л. Лікарські макроміцети у поверхневій та глибинній культурі : дис. … канд. біол. наук : 03.00.21. Київ, 2005. 231 с.
14. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. Киев : Наук. думка, 1988. 144 с.
15. Бондарцев А.С. Шкала цветов. Москва : АН СССР, 1954. 27 с.
16. Stalpers J.A. Identification of wood-inhabiting Aphyllophorales in pure culture. *Studies in Mycology*. 1978. № 16. P. 1–248.
17. Приседський Ю.Г. Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів. Донецьк : ДонНУ, 2005. 84 с.
18. Великанов Л.Л., Сидорова И.И. Некоторые биохимические аспекты в экологии грибов. *Успехи микробиологии.* 1983. № 18. С. 112–132.
19. Кару Т.Й. Универсальный клеточный механизм лазерной биостимуляции: фотоактивация фермента дыхательной цепи цитохромоксидазы. *Голография: фундаментальные исследования, инновационные проекты и нанотехнологии. XXVI школа по когерентной оптике и голографи*. Иркутск : Папирус, 2008. С. 156−175.

РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

УДК 582(1-751.3)(477.43)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.30

ПРОДРОМУС РОСЛИННОСТІ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «МАЛЕ ПОЛІССЯ»

Цибуля М.М.
Національний природний парк «Мале Полісся»
вул. Михельська, 32, 30300, м. Ізяслав, Хмельницька область
marinka-bg111@i.ua

У статті наведено синтаксономічну класифікацію рослинності території національного природного парку «Мале Полісся». Природна рослинність НПП «Мале Полісся» представлена лісовими, лучними, болотними та водними фітоценозами. У лісовому фонді домінують дубово-соснові ліси, значна участь соснових лісів та культури сосни звичайної. Трапляються ділянки дубових лісів. Невеликі площі займають грабово-дубові, а також похідні від цих лісів. На незначних площах зростають чорновільшняки та ліси з участю *Betula pendula* Roth. Серед видів деревних рослин найменшою є участь *Carpinus betulus* L. Лісова рослинність НПП «Мале Полісся» є переважаючою та нараховує 36 асоціації. Вона представлена ценозами трьох класів формацій: *Sylvae aciculares, Sylvae acicularі-latifoliosae, Sylvae foliosae*. Хвойні ліси представлені формацією *Pineta sylvestris*, яка включає дев'ять асоціацій. Широколистяно-хвойні ліси представлені формацією *Pineto-Querceto-Carpineta* та *Querceto-Pineta*, які нараховують вісім асоціацій. Листяні ліси об'єднані формаціями *Querceta roboris, Carpineto-Querceeta, Carpineta betulitis, Alneta glutinosae*, які об'єднали 19 асоціацій парку. Болота НПП «Малого Полісся» представлені всіма типами: евтрофні болота пов'язані переважно із заплавами річок, мезотрофні та оліготрофні – зі заростаючими озерами. Болотна рослинність нараховує 20 асоціацій і представлена ценозами трьох класів формацій: *Paludes eutrophicae, Paludes mesotrophicae, Paludes oligotrophicae*. Лучна рослинність на території НПП «Мале Полісся» не займає значних площ, проте, як і для більшості території України, характеризується високим ценотичним різноманіттям. Різноманітна за ценотичним складом водна рослинність НПП «Мале Полісся» нараховує 26 асоціацій. Загалом у складі рослинності національного природного парку нараховується 97 асоціацій. За результатами досліджень рослинності НПП «Мале Полісся» нами встановлено 21 рідкісний синтаксон, що потребує охорони як на загальнодержавному, так і регіональному рівні. *Ключові слова:* рослинність, фітоценоз, національний природний парк, болото.

Prodromus vegetation of the National Natural Park «Male Polissya». Tsybulya M.
In the article is given a syntaxonomic classification of vegetation in the territory of the National Natural Park «Male Polissya». The natural vegetation of NNP «Male Polissya» is represented by forest, meadow, swamp and water phytocenoses. The forest fund is dominated by oak-pine forests, a significant share of pine forests and Scots pine culture. There are areas of oak forests. Small areas are occupied by hornbeam-oak, as well as derivatives of these forests. Black cherries and forests with *Betula pendula* Roth grow in small areas. Among the species of woody plants, *Carpinus betulus* L. is the smallest. The forest vegetation of NNP «Male Polissya» is predominant and has 36 associations. It is represented by cenoses of three classes of formations: *Sylvae aciculares, Sylvae acicularі-latifoliosae, Sylvae foliosae*. Coniferous forests are represented by the formation – *Pineta sylvestris*, which includes 9 associations. Deciduous and coniferous forests are represented by the formation of *Pineto-Querceto-Carpineta* and *Querceto-Pineta*, which have 8 associations. Deciduous forests are united by the formations *Querceta roboris, Carpineto-Querceeta, Carpineta betulitis, Alneta glutinosae*, which united 19 associations of NNP «Male Polissya». The bogs of the NNP «Male Polissya» are represented by all types: eutrophic bogs are connected mainly with river floodplains, mesotrophic and oligotrophic bogs are connected with overgrown lakes. Wetland vegetation has 20 associations and is represented by cenoses of three classes of formations: *Paludes eutrophicae, Paludes mesotrophicae, Paludes oligotrophicae*. Meadow vegetation on the territory of NNP «Male Polissya» does not occupy significant areas, however, as for most of Ukraine is characterized by high coenotic diversity. Diverse in coenotic composition of aquatic vegetation NNP «Male Polissya», has 26 associations. In total, there are 97 associations in the vegetation of the National Park. According to the results of vegetation research at the NNP «Male Polissya», we have identified 21 rare syntaxons that need protection at both the national and regional levels. *Key words:* vegetation, phytocenosis, national nature park, swamp.

Постановка проблеми. Національний природний парк (далі – НПП) «Мале Полісся» створений Указом Президента України 2 серпня 2013 р. Адміністрація створена 2014 р. За період діяльності НПП здійснено інвентаризацію флори (нараховує 801 вид вищих судинних рослин). Досі не проведена інвентаризація рослинності НПП, у зв'язку з чим виникла необхідність установити її синтаксономічний склад.

Головною **метою нашого дослідження** було проаналізувати «Продромус растительности Украины» [1] та на його основі класифікувати рослинність НПП «Мале Полісся». Об'єктом дослідження є рос-

линність НПП, а предметом – синтаксономічний склад рослинності території парку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більш детальні та систематичні геоботанічні дослідження, що включали сучасну територію НПП «Мале Полісся», розпочалися на початку XX ст. У цей час складаються геоботанічні карти, встановлюється залежність рослинних угрупувань від едафічних та екологічних умов, виділяються рідкісні рослинні угруповання. Вивченням території Малого Полісся займалися наприкінці XIX – на початку XX ст. такі відомі польські вчені, як Б. Блоцький, Ш. Труш, Г. Запалович, В. Шафер [2; 3].

Ботанічні дослідження в Західному, Центральному та Східному Поліссі проводив А.І. Барбарич; геоботанічним вивченням боліт займалися Є.М. Брадіс та Г.Ф Бачуріна; питання геоботанічного районування та стан лісової рослинності досліджував В.О. Поварніцин [2; 3].

До проведення наших досліджень рослинність східної частини Малого Полісся була вивчена лише фрагментарно (Барбарич, 1937, 1953, 1966; Брадіс, 1957; Шеляг-Сосонко, Кузьмичов, 1967; Юглічек, 2002, 2003). Більшість робіт стосувалася Малого Полісся у цілому або його західної частини [4–10].

Геоботанічні та флористичні дослідження регіону проводилися на тлі більш широких питань природного районування України (Шеляг-Сосонко, Куковиця (1971), Брадіс (1961), Брадіс, Андрієнко (1975)). Найбільше охарактеризований рослинний покрив 30-кілометрової зони Хмельницької АЕС, (Шеляг-Сосонко, Дідух, Плюта, Устименко, Коротченко, Юглічек, 2000, 2001). Залишилися не висвітленими в літературі питання про закономірності розміщення, сучасний стан і синтаксономічний склад рослинності, динаміку тощо [5–10].

Методологічне або загальнонаукове значення. Наукові дослідження виконувалися комплексно з використанням загальнонаукових і спеціальних методів біологічних досліджень: польових (детально-маршрутний, метод стандартних геоботанічних описів) і камеральних.

Виклад основного матеріалу. Природна рослинність національного природного парку «Мале Полісся» представлена лісовими, лучними, болотними та водними фітоценозами. Переважає лісова рослинність. У лісовому фонді домінують дубово-соснові ліси, значна участь соснових лісів та культури сосни звичайної. Трапляються ділянки дубових лісів. Невеликі площі займають грабово-дубові, а також похідні від цих лісів. На незначних площах зростають чорновільшняки та ліси з участю *Betula pendula* Roth. Серед видів деревних рослин найменшою є участь *Carpinus betulus* L. На території НПП лучна рослинність не займає значних площ. Вона зосереджена переважно в заплаві р. Горинь. Переважають болотисті, торф'янисті луки типового ценотичного та флористичного складу [2; 3].

Болота НПП «Малого Полісся» представлені усіма типами: евтрофні болота пов'язані переважно із заплавами, мезотрофні та оліготрофні – зі заростаючими озерами. Здебільшого, характер боліт на території парку має багато спільного з болотами Західного Полісся [2; 3].

Лісова рослинність займає найбільші площі та характеризується найбільш високим ценотичним різноманіттям. На території НПП «Мале Полісся» переважають (50–60%) соснові ліси (*Pineta sylvestris*), які займають різноманітні екотопи і приурочені до дерново-підзолистих ґрунтів, рідше – середньо-опідзолених. Характерними є ліси формації звичайнодубово-звичайнососнової (*Querceto (roboris*) – *Pineta (sylvestris*)).

Також досить часто трапляються на території НПП «Мале Полісся» звичайнососново-звичайнодубово-звичайнограбові ліси (*Pineto (sylvestris)-Querceto (roboris)-Carpineta (betuli)*), які займають плакорні ділянки на дернових слабкопідзолистих піщаних або глинисто-піщаних ґрунтах. У складі лісової рослинності рідше зустрічаються звичайнограбово-звичайнодубові ліси (*Carpineto (betuli)-Querceta (roboris)*). У незначній кількості на території НПП «Мале Полісся» трапляються чорновільхові ліси (*Alneta glutinosae*). Вони рівномірно поширені, ростуть на знижених ділянках вододілів та в заплавах річок.

Тип рослинності. Ліси – *Silvae.*

Клас формацій. Хвойні ліси – *Silvae aciculares*.

Група формацій. Світлохвойні ліси – *Silvae laetiaciculares*.

Формація сосни звичайної *Pineta sylvestris*.

Група асоціацій: соснові ліси зеленомохові *Pineta hylocomiosa*.

Асоціації: *Pinetum hylocomiosum*.

Pinetum myrtilloso-hylocomiosum.

Pinetum molinioso-hylocomiosum.

Pinetum ruboso (hirti)-hylocomiosum.

Група асоціацій: соснові ліси орлякові *Pineta pteridiosa*.

Асоціація: *Pinetum pteridiosum*.

Група асоціацій: соснові ліси чорницеві *Pineta myrtillosa*.

Асоціації: *Pinetum myrtillosum.*

Pinetum molinioso-myrtillosum.

Група асоціацій: соснові ліси молінієві *Pineta moliniosa*.

Асоціація: *Pinetum moliniosum*.

Група асоціацій: березво-соснові ліси крушиново чорницеві *Betuleto-Pineta franguloso-myrtillosa*.

Асоціація: *Betuleto-Pinetumfranguloso-myrtillosum*.

Клас формацій. Широколистяно-хвойні ліси – *Silvae aciculari-latifoliosae.*

Група формацій. Широколистяно-світлохвойні ліси – *Silvae laetiaciculari- latifoliosae.*

Формація: дубово-соснові ліси *Querceto-Pineta*.

Група асоціацій: дубово-соснові ліси зеленомохові *Querceto-Pineta hylocomiosa*.

Асоціації: *Querceto-Pinetum hylocomiosum.*
Querceto-Pinetum myrtilloso- hylocomiosum.

Група асоціацій: дубово-соснові ліси ожинові *Querceto-Pineta rubosa (hirti)*.

Асоціація: *Querceto-Pinetum rubosum (hirti).*

Група асоціацій: дубово-соснові ліси чорницеві *Querceto-Pineta myrtillosa*.

Асоціація: *Querceto-Pinetum myrtillosum*.

Група асоціацій: дубово-соснові ліси крушинові *Querceto-Pineta frangulosa.*

Асоціації: *Querceto-Pinetumfrannguloso-myrtillosum.*
Querceto-Pinetum franguloso-lycopodiosum (annotini).

Формація: сосново-дубові-грабові ліси *Pineto-Querceto-Carpineta*

Група асоціацій: сосново-дубові-грабові ліси квасинецеві *Pineto-Querceto-Carpinetum oxalidosa*.

Асоціація: *Pineto-Querceto-Carpinetum oxalidosum*.

Група асоціацій: сосново-дубові-грабові ліси зірочникові *Pineto-Querceto-Carpinetum stellariosa.*

Асоціація: *Pineto-Querceto-Carpinetum stellariosum.*

Клас формацій. Листяні ліси – *Sylvae foliosae*.

Формація дуба звичайного *Querceta roboris*.

Група асоціацій: дубові ліси крушино-осокові *Querceta franguloso-caricosa (brizoiditis).*

Асоціація: *Quercetum franguloso-caricosum (brizoiditis).*

Група асоціацій: дубові ліси крушино-ковалієві *Querceta franguloso-convallariosa.*

Асоціація: *Quercetum franguloso-convallariosum.*

Група асоціацій: дубові ліси ліщиново-зірочникові *Querceta coryloso-caricosa (brizoiditis)*.

Асоціація: *Quercetum coryloso-caricosum (brizoiditis).*

Група асоціацій: дубові ліси ліщиново-ковалієві *Querceta coryloso-convallariosa.*

Асоціація: *Quercetum coryloso-convallariosum*.

Формація: грабово-дубові *Carpineto-Querceeta*.

Група асоціацій: грабово-дубові ліси осокові *Carpineto-Querceta caricosa (brizoiditis).*

Асоціація: *Carpineto-Quercetum caricosum (brizoiditis).*

Група асоціацій: грабово-дубові ліси зірочникові *Carpineto-Querceta stellariosa.*

Асоціації: *Carpineto-Quercetum stellariosum.*
Carpineto-Quercetum aegopodiosum.
Carpineto-Quercetum galeobdolosum.
Carpineto-Quercetum galiosum (odorati).
Carpineto-Quercetum caricosum (pilosae).

Формація граба звичайного *Carpineta betulitis*.

Група асоціацій: грабові ліси зеленчкуові *Carpineta galeobdolosa*.

Асоціація: *Carpinetum galeobdolosum*.

Формація вільхи чорної *Alneta glutinosae*.

Група асоціацій: вільхові ліси безщитникові *Alneta athyriosa*.

Асоціація: *Alnetum athyriosum*.

Група асоціацій: вільхові ліси осокові *Alneta caricosa (brisoiditis).*

Асоціація: *Alnetum caricosum (brisoiditis).*

Група асоціацій: вільхові ліси гадючникові *Alneta filipendulosa (ulmariae*).

Асоціація: *Alnetum filipendulosum (ulmariae).*

Група асоціацій: вільхові ліси кропивні *Alneta urticosa (galeopsifoliae).*

Асоціація: *Alnetum urticosum (galeopsifoliae).*

Група асоціацій: вільхові ліси безщитникові *Alneta athyriosa*.

Асоціація: *Alnetum athyriosum*.

Група асоціацій: вільхові ліси осокові *Alneta caricosa (brisoiditis).*

Асоціація: *Alnetum caricosum (brisoiditis).*

Група асоціацій: вільхові ліси гадючникові *Alneta filipendulosa (ulmariae).*

Асоціація: *Alnetum filipendulosum (ulmariae).*

Група асоціацій: вільхові ліси кропивні *Alneta urticosa (galeopsifoliae).*

Асоціація: *Alnetum urticosum (galeopsifoliae).*

Лісова рослинність НПП «Мале Полісся» є переважаючою та нараховує 36 асоціацій. Вона представлена ценозами трьох класів формацій: *Sylvae aciculares*, *Sylvae aciculari-latifoliosae*, *Sylvae foliosae*. Хвойні ліси представлені формацією *Pineta sylvestris*, яка включає дев'ять асоціацій. Широколистяно-хвойні ліси представлені формацією *Pineto-Querceto-Carpineta* та *Querceto-Pineta*, які нараховують вісім асоціацій. Листяні ліси об'єднані формаціями *Querceta roboris, Carpineto-Querceeta*, *Carpineta betulitis*, *Alneta glutinosae*, які об'єднали 19 асоціацій НПП «Мале Полісся».

Лучна рослинність на території НПП «Мале Полісся» не займає значних площ, проте, як і для більшості території України, характеризується високим ценотичним різноманіттям. У межах Полісся вона приурочена до північних територій, займаючи знижені ділянки прируслової та центральної частин річкових заплав, переважають болотисті, торф'янисті луки типового ценотичного та флористичного складу [2].

Тип рослинності. Луки – *Prata*

Клас формацій. Справжні луки – *Prata genuina*.

Група формацій. *Prata genuina magnograminosa.*

Формація: *Agrostideta gigantean*

Асоціація: *Agrostidetum (giganteae) ranunculosum (repentis).*

Формація: *Alopecureta pratensis*

Асоціація: *Alopecuretum (pratensis) phalaroidosum (arundinaceae).*

Група формацій. *Prata genuina parvigraminosa.*

Формація: *Agrostideta tenuis*

Асоціації: *Agrostidosum (tenuis).*
Agrostidetum (tenuis)-festucosum (pratensis).

Формація: *Poeta pratensis*

Асоціація: *Poeta (pratensis) deschampsiosum.*

Формація: *Festuceta rubrae.*

Асоціації: *Festucetum rubrae purum.*
Festucetum (rubrae) agrostidosum (caninae).

Клас формацій. Болотисті луки – *Prata paludosa*.
Група формацій. *Prata paludosa magnograminosa*.
Формації: *Phalaroideta arundinaceae*
Асоціації: *Phalaroidetum (arundinaceae),*
Phalaroidetum (arundinaceae)-alopecuretum (pratensis),
Phalaroidetum (arundinaceae) caricosum (acutiformis),
Phalaroidetum (arundinaceae) caricosum (vesicaria).
Група формацій. *Prata paludosa parvigraminosa.*
Формація: *Agrostideta stolonifera*
Асоціації: *Agrostidetum stoloniferae purum*
Agrostidetum (stoloniferae)-ranunculosa (repentis).
Формація: *Cariceta acutiformis.*
Асоціації: *Caricetum (acutiformis) caricosum (appropinquatae)*
Caricetum acutiformis purum

Лучна рослинність представлена ценозами *Prata genuina,* яка нараховує 15 асоціацій.

Болотна рослинність у межах НПП «Мале Полісся» поширена в заплавах річок Горині, Гнилого Рогу, їхніх приток та інших невеликих струмків і характеризується високим ценотичним різноманіттям. Болота території Парку перебувають на різних стадіях розвитку – від евтрофної до оліготрофної.

Тип рослинності. Болота – *Paludes*
Клас формацій. Евтрофні болота – *Paludes eutrophicae.*
Група формацій. *Paludes sylvaticae.*
Формація: *Alneta paludosa.*
Асоціації: *Alnetum salicoso (cinerei)-phragmitosum,*
Alnetum scirposum (sylvaticae),
Alnetum caricosum (acutiformis),
Alnetum caricosum (acuta)
Група формацій. *Paludes fruticosae.*
Формація: *Saliceta cinerea.*
Асоціації: *Saliceta (cinereae) caricosa (acutiformis),*
Saliceta phragmitosa (australis).
Група формацій. *Paludes herbosae*.
Формація: *Cariceta vesicariae*
Асоціації: *Caricetum vesicariae,*
Caricetum acutae,
Caricetum (omskiana),
Caricetum (omskiana) typhosum (latifoliae),
Caricetum appropinguatae.
Клас формацій. Мезотрофні болота – *Paludes mesotrophicae*.
Група формацій. *Paludes sylvaticae et rarisylvaticae sphagnosae mesotrophicae.*
Формація: *Pineto (sylvestris)-Sphagneta mesotrophicae, Betuleto (pubescentis)-Pineta Sphagneta mesotrophicae.*
Асоціації: *Pinetum franguloso-sphagnosum*
Pinetum franguloso-myrtylloso-sphagnosum
Pinetum eriphoroso (vaginati)- sphagnosum
Формація: *Betuleto (pubescentis)-Pineta Sphagneta mesotrophicae.*
Асоціації: *Betuleto (pubescentis)-Pinetum (sylvestris) eriophoroso (vaginati)- sphagnosum*
Betuleto-Pinetum phragmitoso (australis)-caricoso (lasiocarpa)- sphagnosum
Група формацій. *Paludes herboso-Sphagnosae.*
Формація: *Phragmiteto-Sphagneta mesotrophicae,*
Асоціації: *Phragmiteto comaroso (palustris)-sphagnosum*
Phragmiteto. calamagrostidosa (canescentis)-sphagnosum
Формація: *Calamagrostideta canescentis-Sphagneta mesotrophicae, Cariceto-Sphagneta mesotrophicae.*
Асоціація: *Calamagrostidetum (canescentis)-Sphagnosum*
Формація: *Cariceto-Sphagneta mesotrophicae.*
Асоціації: *Caricetum (lasiocarpae)-sphagnosum*
Caricetum (rostratae)-sphagnosum
Клас формацій. Оліготрофні болота – *Paludes oligotrophicae.*
Група формацій. *Paludes sylvaticae et sparsosylvaticae sphagnosae oligotrophicae.*
Формація: *Pineto-Spagneta oligotrophica.*
Асоціація: *Pineto. franguloso-moliniosum (caeruleae).*
Група формацій. *Paludes herboso-Sphagnosae oligotrophicae.*
Формація: *Eriophoreto (vaginati)-Sphagneta oligotrophicae,*
Асоціації: *Eriophoretum (vaginati)-sphagnosum,*
Формація: *Ledeto-Sphagneta oligotrophicae.*
Асоціація: *Ledetum eriophoroso-(vaginati)-sphagnosum.*

Болотна рослинність нараховує 20 асоціацій і представлена ценозами трьох класів формацій: *Paludes eutrophicae, Paludes mesotrophicae, Paludes oligotrophicae.* Варто зазначити, що болотна рослинність НПП «Мале Полісся» є репрезентативною для лісової зони України і має багато спільних рис із болотами Малого Полісся та Українського Полісся у цілому.

Різноманітна за ценотичним складом водна рослинність НПП «Мале Полісся» нараховує 26 асоціацій. Вона приурочена до русел річок, озер, ставків, каналів та кар'єрів. У водоймах НПП найбільш типовими є ценози формацій *Nuphareta luteae*, *Nymphaeeta albae*, *Nymphaeeta candidae* та ін.

Тип рослинності. *Vegetatia aquatica.*
Клас формацій. *Vegetatia aquatica.*
Клас. *Lemnetea*.
Асоціації: *Lemnetum minoris,*
Lemnetum gibbae,
Callitricho-Lemnetum minoris,
Lemno minoris-Spirodeletum polyrhizae,
Spirodeletum polyrhizae,
Lemnetum trisulcae,
Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae
Hydrocharitetum morsus-ranae
Ceratophyllo-Hydrocharetum
Клас. *Potametea*
Порядок *Potametalia* W. Koch 1926
Асоціації: *Potametum lucentis,*
Elodeetum canadensis,

Myriophylletum spicati,
Myriophylletum verticillati,
Myriophyllo-Potametum,
Potametum nodosi,
Myriophyllo-Nupharetum,
Potameto-Nupharetum,
Nymphaeetum albo-luteae,
Potametum natantis,
Polygonetum amphibii,
Ceratophylletum demersi,
Ceratophylletum submersi,
Ranunculetum aquatilis,
Batrachietum circinati,
Stratiotellum (aloiditis) hydrocharosum (morsus-ranae),
Stratiotellum hydrocharosum (morsus-ranae)-lemnosa (minoris).

За результатами досліджень рослинності НПП «Малого Полісся» нами встановлено 21 рідкісний синтаксон, що потребує охорони як на загальнодержавному, так і регіональному рівні [11]: асоціації *Pinetum hylocomiosa, Pinetum myrtillosa, Quercetum (roboris) coryloso-caricosum (brizoidis), Quercetum. (roboris) franguloso-caricosum (brizoidis), Carpineto-Quercetum caricosum (pilosae), Carpineto-Quercetum aegopodiosum, Cariceta davallianae, Numpharetum luteae, Numphaeetum candidae, Sparganietum minimi, Pinetum convallarioso-hylocomiosum, Pinetum callunoso-hylocomiosum, Polygoneta (amphybii) utriculariosa (minoris); Pinetum lycopodiosa (annotini), Pinetum franguloso-lycopodiosa (annotini), Betuleto-Pineta lycopodiosa (annotini), Querceto-Pineta franguloso-lycopodiosa (annotini), Betuleto-Pineta oxycoccoso (palustri)-caricoso (lasiocarpa)-sphagnosa, Callaeto (palustris)-sphagnosa; формації Phalaroideta arundinaceae, Pineto-Spagneta olligotrophica.*

Головні висновки. Отже, територія НПП «Мале Полісся» є цінним природно-територіальним комплексом, де найрепрезентативніше представлені добре збережені поліські ландшафти, вкриті здебільшого дубово-сосновими та сосновими лісами. Найчисельнішими ценозами є класи формацій *Sylvae aciculares, Sylvae acicularі-latifoliosae, Sylvae foliosae* та нараховують 36 асоціацій. Болотна рослинність нараховує 20 асоціацій і представлена ценозами трьох класів формацій: *Paludes eutrophicae, Paludes mesotrophicae, Paludes oligotrophicae.* Загалом у складі рослинності НПП «Мале Полісся» нараховується 97 асоціацій, серед яких і ті, що потребують охорони.

Література

1. Продромус растительности Украины / Ю.Р. Шеляг-Сосонко и др. Киев : Наук. думка, 1991. 269 с.
2. Природа унікального краю Малого Полісся / за ред. Т.Л. Андрієнко. Кам'янець-Подільський : ПП Мошинський, 2010. 245 с.
3. Літопис природи національного природного парку «Мале Полісся» за 2014–2015 роки. Т. 1. Ізяслав, 2016. 200 с.
4. Брадіс Є.М. Рослинність східної частини Малого Полісся та питання ботаніко-географічного районування західних областей УРСР. *Український ботанічний журнал.* 1957. Т. XIV. № 4. С. 3–13.
5. Лісова рослинність 30-кілометорвої зони Хмельницької АЕС / Ю.Р. Шеляг-Сосонко та ін. *Український ботанічний журнал.* 2000. Т. 57. № 3. С. 250–256.
6. Трав'яниста рослинність 30-кілометорвої зони Хмельницької АЕС / Ю.Р. Шеляг-Сосонко та ін. *Український ботанічний журнал.* 2000. Т. 57. № 4. С. 380–385.
7. Юглічек Л.С. Нарис рослинності східної частини Малого Полісся. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія «Біологія»*. 2002. № 2(17). С. 31–36.
8. Юглічек Л.С., Онищенко В.А. Грабово-дубові ліси на межі Малого та Житомирського Полісся. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія.* 2003. Вип. 169. С. 151–161.
9. Юглічек Л.С., Онищенко В.А. Соснові та дубово-соснові ліси на межі Малого та Житомирського Полісся. *Рослинність хвойних лісів України* : матеріали роб. Наради, м. Київ, листопад, 2003 р. Київ : Фітосоціоцентр, 2003. С. 233–243.
10. Юглічек Л.С. Водна рослинність східної частини Малого Полісся. *Дослідження малих річок: аналіз, проблеми, пропозиції* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Дослідження, відтворення та охорона малих річок. Хмельницький : Тріада-М, 2005. С. 48–52.
11. Зелена книга України / за заг. ред. чл.-кор. НАН України Я.П. Дідуха. Київ, 2009. 448 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Антонов Анатолій Васильович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри екологічного аудиту та експертизи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Барсукова Олена Анатоліївна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроекології, Одеський державний екологічний університет.

Божко Людмила Юхимівна (Одеса) — кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроекології, Одеський державний екологічний університет.

Борис Олександр Павлович (Київ) – кандидат технічних наук, директор Центру аерокосмічних досліджень, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління(ORCID 0000-0003-1236-7785).

Буглак Олександра Валентинівна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології, екологічного контролю та аудиту, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Валерко Руслана Анатоліївна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, Поліський національний університет.

Веселівський Роман Богданович (Львів)– кандидат технічних наук, доцент кафедри цивільного захисту та комп'ютерного моделювання екогеофізичних процесів, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності**.**

Верховцев Валентин Геннадійович (Київ) – доктор геологічних наук, зав. відділу, Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України.

Власюк Володимир Павлович (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій, Поліський національний університет.

Вольвач Оксана Василівна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроекології, Одеський державний екологічний університет.

Воровка Володимир Петрович (Мелітополь) – доктор географічних наук, доцент, завідувач кафедри екології, загальної біології та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.

Гавриленко Ніна Олександрівна (Асканія-Нова) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Біосферний заповідник «Асканія-Нова» імені Ф.Е. Фальц-Фейна Національної академії аграрних наук України.

Гвоздяк Петро Ілліч (Київ) – доктор біологічних наук, професор, головний науковий співробітник, Інститут колоїдної хімії та хімії води імені А. В. Думанського Національної академії наук України.

Герасимчук Людмила Олександрівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, Поліський національний університет.

Гладич Наталія Олександрівна (Житомир) – студентка І курсу магістратури факультету лісового господарства та екології, Поліський національний університет.

Гринцова Наталія Борисівна (Суми) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри морфології, Медичний інститут Сумського державного університет.

Грицак Людмила Русланівна (Тернопіль) – доктор біологічних наук, доцент кафедри геоекології та методики викладання екологічних дисциплін, старший науковий співробітник НДЛ екології та біотехнології, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Демидов Олександр Анатолійович (с. Центральне) – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, директор, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Денисенко Інна Юріївна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент кафедри екологічного аудиту та експертизи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Домбровський Костянтин Олегович (Запоріжжя) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет.

Дробик Надія Михайлівна (Тернопіль) – доктор біологічних наук, декан хіміко-біологічного факультету, професор кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Дячок Василь Володимирович (Львів) – доктор технічних наук, професор кафедри екології та збалансованого природокористування, Інститут сталого розвитку імені В'ячеслава Чорновола Національного університету «Львівська Політехніка».

Жигайло Олена Леонідівна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроекології, Одеський державний екологічний університет.

Задорожний Дмитро Борисович (Київ) – технік, Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України.

Закорчевна Наталія Борисівна (Київ) – кандидат економічних наук, завідувач кафедри водних екосистем та біоресурсів, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Захаренко Микола Олександрович (Київ) – доктор біологічних наук, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, професор кафедри ветеринарної гігієни імені професора А.К. Скороходька, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Зозуля Владислав Миколайович (Житомир) – студент магістратури І курсу факультету лісового господарства та екології, Поліський національний університет.

Капарник Андрій Ігорович (Полтава) – директор Природоохоронного підприємства «Екологія».

Карпенко Людмила Іванівна (Суми) – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри патологічної анатомії, Медичний інститут Сумського державного університету.

Касіянчук Дмитро Васильович (Івано-Франківськ) – кандидат геологічних наук, доцент кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Климчук Олександра Олександрівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу, Поліський національний університет.

Колісник Христина Михайлівна (Тернопіль) – аспірантка кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Колосовська Валерія Валеріївна (Одеса) – кандидат географічних наук, асистент кафедри агрометеорології та агроекології, Одеський державний екологічний університет.

Копилова Тетяна Валеріївна – старший викладач кафедри екології, загальної біології та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.

Костюкєвич Тетяна Костянтинівна (Одеса) – кандидат географічних наук, асистент кафедри агрометеорології та агроекології, Одеський державний екологічний університет.

Кравець Наталія Богданівна (Тернопіль) – молодший науковий співробітник НДЛ екології та біотехнології, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Красовський Володимир Васильович (Хорол) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, директор, Хорольський ботанічний сад.

Кратюк Олександр Леонідович (Житомир) – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій, Поліський національний університет.

Курбатова Інна Миколаївна (Київ) – доктор біологічних наук, доцент, професор кафедри біології тварин, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Майорова Оксана Юріївна (Тернопіль) – кандидат біологічних наук, асистент кафедри ботаніки та зоології хіміко-біологічного факультету, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Мартенюк Галина Миколаївна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, викладач спеціальних дисциплін, Житомирський агротехнічний коледж.

Медведєв Олександр Валентинович (Львів) – провідний інженер-конструктор філії «Науково-дослідний інститут автомобілебудування «Еталон».

Нагорнева Наталія Анатоліївна (Київ) – директор Центру освітньої та науково-екологічної інформації, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Ольховик Юрій Олександрович (Київ) – доктор технічних наук, завідувач відділу «Науковий центр аналітичних випробувань стану параметрів довкілля», Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища» Національної академії наук України.

Патрушева Лариса Іванівна (Миколаїв) – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

Пикало Сергій Володимирович (с. Центральне) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Польовий Анатолій Миколайович (Одеса) – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри агрометеорології та агроекології, Одеський державний екологічний університет.

Прокопік Наталія Іванівна (с. Центральне) – молодший науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Прокоп'як Мар'яна Зіновіївна (Тернопіль) – кандидат біологічних наук, асистент кафедри ботаніки та зоології хіміко-біологічного факультету, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Решетник Катерина Сергіївна (Вінниця) – старший викладач кафедри ботаніки та екології, Донецький національний університет імені Василя Стуса.

Рибка Катерина Миколаївна (с. Центральне) – кандидат біологічних наук, науковий співробітник лабораторії патентно-кон'юнктурних досліджень, економіки та інтелектуальної власності, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Рильський Олександр Федорович (Запоріжжя) – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет.

Романюк Анатолій Миколайович (Суми) – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри патологічної анатомії, Медичний інститут Сумського державного університету.

Русин Ірина Богданівна (Львів) – кандидат біологічних наук, доцент, докторант кафедри екології та збалансованого природокористування, Інститут сталого розвитку імені В'ячеслава Чорновола Національного університету «Львівська Політехніка».

Сапко Ольга Юріївна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екологічного права і контролю, Одеський державний екологічний університет.

Семененко Євген Володимирович (Дніпро) – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу проблем шахтних енергетичних комплексів, Інститут геотехнічної механіки імені Н. С. Полякова Національної академії наук України.

Сімонян Роман Врежович (Вінниця) – здобувач вищої освіти IV курсу факультету хімії, біології і біотехнологій, Донецький національний університет імені Василя Стуса.

Солошич Ірина Олександрівна (Кременчук) – доктор педагогічних наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки та організації природокористування, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського.

Сущук Катерина Григорівна (Київ) – кандидат геолого-мінералогічних наук, провідний науковий співробітник, Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України.

Телюра Наталя Олександрівна (Харків) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерної екології міст, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова.

Тепла Тетяна Дмитрівна (Дніпро) – аспірант, Інститут геотехнічної механіки імені М. С. Полякова Національної академії наук України.

Тимків Марія Михайлівна (Івано-Франківськ) – інженер І категорії кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Тищенко Юрій Євгенійович (Київ) – кандидат геолічних наук, старший науковий співробітник, Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України.

Трускавецька Ірина Ярославівна (Переяслав) – кандидат історичних наук, доцент кафедри біології і методики навчання, Університет Григорія Сковороди в Переяславі.

Тузяк Ярина Мирославівна (Львів) – кандидат геологічних наук, завідувач Палеонтологічного музею Геологічного факультету, Львівський національний університет імені Івана Франка.

Тупицька Ольга Миколаївна (Київ) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біохімії і фізіології тварин імені акад. М. Ф. Гулого, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Харченко Михайло Володимирович (с. Центральне) – кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Ходорова Інгрід (Кошице, Словаччина) – кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри анатомії, Університет імені Павла Йозефа Шафарика.

Цибуля Марина Миколаївна (Ізяслав) – провідний науковий співробітник наукового відділу, Національний природний парк «Мале Полісся».

Черба Ольга Володимирівна (Харків) – аспірант третього року навчання, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

Шевченко Роман Юрійович (Київ) – кандидат географічних наук, завідувач кафедри екологічного моніторингу та геоінформаційних технологій, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Юрченко Тетяна Василівна (с. Центральне) – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України.

Юськов Дмитро Сергійович (Вінниця) – лаборант лабораторії мікробіології та біології індивідуального розвитку, Донецький національний університет імені Василя Стуса..

Яцентюк Юрій Васильович – доктор географічних наук, доцент, доцент кафедри географії, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського.

Наукове видання

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

3(36)

- ***Загальні проблеми екологічної безпеки***
- ***Екологічний моніторинг***
- ***Екологія водних ресурсів***
- ***Екологія і виробництво***
- ***Екологія та економіка природних ресурсів***
- ***Теоретична екологія***
- ***Біологічна безпека***
- ***Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття***
- ***Розвиток природно-заповідного фонду України***

Адреса редакції:
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;
тел. +380 99 428 67 00;
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, 65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua

Підписано до друку 06.07.2021. Формат 64x84/8.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 22,08. Тираж 100. Замовлення № 0921/328.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета