



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Державна екологічна інспекція Південно-Західного округу

(Миколаївська та Одеська області)

**Управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної
державної адміністрації**

Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, Germany

Південний науковий центр НАН України

Науково-дослідний інститут проблем екології та енергозбереження НУК

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Запорізький національний університет

Національний природний парк «Білобережжя Святослава»

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

XVI Міжнародна науково-технічна конференція

23–24 жовтня 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Державна екологічна інспекція Південно-Західного округу
(Миколаївська та Одеська області)
Управління екології та природних ресурсів
Миколаївської обласної державної адміністрації
Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, Germany
Південний науковий центр НАН України
Науково-дослідний інститут проблем екології та енергозбереження НУК
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Запорізький національний університет

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

XVI Міжнародна науково-технічна конференція
23–24 жовтня 2025 року

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, Україна*

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2025

УДК 620.9:502/504:005.745

П78

ОРГАНІЗАТОРИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Державна екологічна інспекція Південно-Західного округу

(Миколаївська та Одеська області)

Управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної
державної адміністрації

Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, Germany

Південний науковий центр НАН України

Науково-дослідний інститут проблем екології та енергозбереження НУК

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Запорізький національний університет

Матеріали публікуються за оригіналами, які представлені авторами.

Претензії щодо змісту та якості матеріалів не приймаються.

Відповідальний за випуск:

к.т.н., доцент

Магась Н. І.

Проблеми екології та енергозбереження : матеріали XVI Міжнародної

П78 науково-технічної конференції. – Миколаїв : НУК, 2025. – 491 с.

ISBN 978-966-321-491-7

У збірнику наведені матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції
«Проблеми екології та енергозбереження».

Збірник становить інтерес для наукових працівників, управлінців і викладачів,
інженерів та студентів.

ISBN 978-966-321-491-7

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2025

Шановні учасники та гості конференції!

Щиро вітаємо всіх, хто долучився до XVI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екології та енергозбереження»!

Минуло вже майже три десятиліття відтоді, як наукова спільнота вперше зібралася для обговорення актуальних викликів у сфері екології та енергоефективності у стінах Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. За цей час конференція стала сталим майданчиком для фахового діалогу, обміну досвідом, презентації наукових здобутків та пошуку ефективних рішень для збереження довкілля.

Сьогодні, в умовах воєнних викликів, особливо гостро постає необхідність урахування екологічних аспектів збройних конфліктів та їхнього довгострокового впливу на природне середовище. Саме зараз важливо формувати бачення післявоєнного відновлення України, яке має ґрунтуватися на принципах енергоефективності, зменшення екологічних ризиків та розвитку стійких екосистем. Сьогодні має бути також усвідомлення необхідності збереження та підтримки об'єктів природно-заповідного фонду Півдня України, які функціонують у жорстких умовах постійного впливу воєнних дій.

Ми переконані, що об'єднані зусилля науковців, освітян, представників влади, бізнесу та громадськості здатні створити реальні механізми для збереження природних ресурсів та сталого розвитку нашої держави. Нехай ця конференція стане платформою для народження нових ідей, партнерств і практичних рішень, які сприятимуть екологічній безпеці та енергетичній незалежності України.

Бажаємо всім учасникам плідної роботи, змістовних дискусій, професійного натхнення та нових наукових звершень. Дякуємо, що ви сьогодні з нами. Разом ми здатні змінювати майбутнє на краще!

З повагою
завідувачка кафедри екології та природоохоронних технологій
НУК імені адмірала Макарова Ганна ТРОХИМЕНКО

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

УДК 504

ОСОБЛИВОСТІ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ

Сафранов Т. А., д.г.-м.н., професор¹,

Дьяченко М. Ю., аспірант²

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Україна, Одеса

¹ORCID: 0000-0003-0928-5121, safranov@ukr.net

²maksymdiachenko@yahoo.com

Екосистемні послуги (ЕСП) – це всі корисні ресурси та вигоди, які сучасне людство може отримати від природи. Саме від ЕСП залежить задоволення потреб людства в середовищі існування й продуктах харчування, а також рівень та якість його життя, тому їх називають «прямим та непрямим внеском у благополуччя людей» [1]. Оцінка ЕСП окремих територій (акваторій) України є актуальною проблемою, а тому метою роботи оцінка особливостей екосистемних послуг (корисних властивостей) природних систем північно-західного шельфу Чорного моря.

Територія прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я розміщена (ПЗП) у Степовій, частково – у Лісостеповій природних зонах помірно-континентальним кліматом (теплим літом і прохолодною, але м'якою зимою). Особливістю клімату є постійні вітри, змінна кількість опадів та різкі коливання температури повітря. Кліматичний режим формується, в основному, під впливом моря, сонячної радіації і циркуляції атмосферних течій. Атмосферний вплив проявляється у тому, що з повітряними масами до морського басейну заносяться забруднюючі речовини, а також біогенні речовини; останні сприяє розвитку процесів евтрофікації та негативно впливає на стан морських вод, донних відкладів та аеробних гідробіонтів. Вплив теплового морського басейну поширюється углиб суші на 140–280 км, тобто регулює кліматичні умови всієї прибережної зони ПЗП. Певну роль у формуванні мезокліматичних умов і забруднення повітряного басейну в прибережній смузі відіграє бризові циркуляції повітряних мас.

Дослідження біокліматичних ресурсів показали, що за характером просторово-часового розподілу значень радіаційно-еквівалентно-ефективна температура на узбережжі Чорного моря влітку перевищує комфортні

значення. Найближчі до комфортних умови характерні для Білгород-Дністровська в липні. Найсприятливішим часом для геліотерапії є травень, червень і вересень у переважній більшості населених пунктів. Найкомфортніші умови для відпочинку в теплий період спостерігаються в Одесі, Чорноморську та Білгород-Дністровську» [2].

Важливою складовою ЕСП постачання є ресурси вуглеводневої сировини. Вважається, що українська частина Чорного моря містить близько 2,3 трлн м³ природного газу. До анексії Росією Кримської автономії в 2014 р. на балансі ПАО «Чорноморнафтогаз» знаходилося 17 родовищ, з яких 11 газових, 4 газоконденсатних і 2 нафтових. Сумарні запаси цих родовищ становили: по природному газу – 58,56 млрд м³, по газовому конденсату – 1231 тис. т, по нафті – 2530 тис. т. В 2013 році добуток виріс до 1,65 млрд м³, а у 2015 році добуток був повинен досягти 3 млрд м³, за рахунок завершення облаштування Одеського і Безіменного родовищ з ресурсними запасами до 35 млрд м³ природного газу. Після анексії Криму Росією Україна втратила можливість добути вуглеводнів на низці родовищ, а також продовження пошуково-розвідувальних робіт на других перспективних ділянках. Вважається, що на українському шельфі Чорного моря розвідано до 30 % загальних запасів вуглеводневої сировини, тобто лише 4 % прогнозних запасів вуглеводневої сировини.

Найбільш інтенсивний кругообіг біогенних (поживних) речовин відбувається в гирлах річок, що впадають у північно-західну частину Чорного моря (пригирлові зони). Ці речовини надходять із неорганічних джерел або переробляються з органічних речовин.

ПЗШЧМ та прилеглі лимани забезпечують судноплавство, функціонування морегосподарських комплексів, технічне водопостачання, середовище існування гідробіонтів, рибальство, марикультуру, рекреацію тощо. Оскільки солоність морських вод знаходиться в інтервалі 14–16 ‰, то на більшій частині ПЗШЧМ знижується ефект «внутрішньо-шкірної ін'єкції» та формування «сольового плащу», що в меншій мірі обмежує можливості бальнеотерапії, насамперед у опріснених пригирлових зонах Дунаю і Дністра. Екстремально високі значення солоності характерні для окремих лиманних вод, ізольованих від морського басейну, де можливо бальнео-терапевтичне використання ропи. Температура морської води достатньо комфортна для водних та інших процедур протягом купального сезону у ПЗШЧМ який триває близько 120 днів.

Гідробіонти Чорного моря представлені 5600 видами, у тому числі: фітопланктон – 2800, мікроводорості – 453, ракоподібні – 390, риби – 200,

морські гриби – 175; налічується чотири види морських ссавців: тюлень-монах звичайний (*Monachus*), афаліна звичайна (*Tursiops truncatus*), фочена звичайна (*Phocoenaphocoena* L.) та дельфін білобокий (*Delphinus delphis*); всі вони занесені до Червоної книги України, однак їх популяції продовжують скорочуватися внаслідок заплутування у рибальських сітках. ПЗШЧМ є важливим районом рибальства. Масовими та цінними промисловими видами є хамса, шпрот, тюлька, оселедці, хоча раніше іхтіофауна була також представлена осетровими (*Acipensersp.*), кефаллю (*Mugilsp.*), скумбрією (*Scombersp.*) та іншими цінними видами риб. За даними Державного агентства рибного господарства України у 2020 році в Чорному морі було видобуто 9800 т біологічних ресурсів, у тому числі в причорноморських лиманах – 64 т, у пригирлових зонах Дунаю – 349 т, у Дніпровсько-Бузькій зоні – 2787 т. У 2021 році вилов риби Україною в Чорному морі становив 7669 т, у причорноморських лиманах – 107 т, у пригирлових зонах Дунаю – 504 т, у Дніпровсько-Бузькій зоні – 1157 т. Крім того, істотним джерелом надходження тваринного білка є розвиток аквакультури; у 2020 році було отримано 18 570 т продукції аквакультури, значна частина якої припадає на прибережні екосистеми. Процеси евтрофікації зумовили розвиток гіпоксії і навіть аноксії, що, у свою чергу, спричинило загибель риб, мідій та інших «фільтраторів» води. Тільки у 1973–1990 роки у межах ПЗШЧМ втрати становили 60 млн т (зокрема 5 млн т риби). У 1990-х роках екологічна ситуація дещо покращилася, а замори риб та двостулкових стали відбуватися рідше і на менших площах» [3].

Для ПЗШЧМ характерними є унікальні ресурси водоростей-макрофітів, домінуючими видами серед яких є червоні водорості виду *Phyllophoracrispa*. Оскільки понад 50 років здійснювався інтенсивний промисловий видобуток філофори задля промислового отримання агар-агару, а також внаслідок антропогенного впливу на ПЗШЧМ, відбулося зменшення генетичної різноманітності організмів філофорного поля. Крім того, зниження прозорості води уповільнило активність процесу фотосинтезу та призвело до загибелі значної частини бентосних водоростей на глибинах 20–60 м; площа філофорного поля з 11 тис. км² у 1950-х роках скоротилася до 0,5 тис. км² у 1980-х роках, а біомаса зменшилася з 10 млн т до 0,2 млн т відповідно. Слід зазначити, що такі природно-антропогенні зміни призвели до деградації специфічних видів безхребетних та риб з червоним забарвленням, тобто частини «філофорного біоценозу». Останніми роками відзначається слабо виражена тенденція до відновлення філофорного поля – ботанічного заповідника загальнодержавного значення.

Днопоглиблювальні роботи та дампінг ґрунтів в акваторіях морських портів сприяють розвитку судноплавства, проте призводять до забруднення водної товщі і донних відкладів, а також негативного впливу на біологічні ресурси на окремих ділянках. На бентос та інші гідробіонти несприятливо впливають і роботи з розробки будівельних матеріалів, покладів вуглеводневої сировини та інших корисних копалин. Скидання зворотних вод з сільськогосподарських угідь, промислово-міських агломерацій, морегосподарських комплексів та інших джерел антропогенного забруднення призводить до евтрофікації та забруднення морського середовища, що негативно позначається на стані абіогенних та біогенних компонентів морської екосистеми.

Дренажний стік є джерелом надходження біогенних речовин; при цьому слід зазначити, що всі місця скидання дренажних вод приурочені до пляжної зони та знаходяться у незадовільному технічному стані; крім того, через дренажну систему періодично здійснюється скидання стічних вод від невстановлених джерел.

Деякі види антропогенної діяльності вкрай негативно вплинули на відтворення цінних осетрових порід риб. Берегоукріплювальні споруди перешкоджають руйнуванню берегів, але вони сприяють створенню застійних гідродинамічних зон між ними та береговою лінією, а також сприяють їх забрудненню при скиданні зворотних вод, зокрема дренажних вод.

Неефективна система управління та поводження з твердими побутовими відходами, неконтрольована рекреаційна діяльність у прибережній смузі призвела до утворення стихійних звалищ, які є джерелом формування морського сміття, що трансформується у морському середовищі та негативно впливає на біоту. Наприклад, відходи пластикових виробів (макропластик), потрапляючи у морське середовище, поступово руйнується, перетворюючись на величезну кількість мікрочастинок, які вкрай небезпечні для стану морського середовища і біоти [4].

Відомо, що морське середовище поглинає, знезаражує та переробляє різноманітні відходи виробництва та споживання, а природні системи прибережної зони виконують функцію захисту від природних потрясінь (повеней та штормів). Наприклад, прибережна рослинність може пом'якшити потенційно руйнівні ефекти приливних хвиль. У той же час, на біологічне різноманіття негативно впливають процеси навмисної і випадкової інтродукції. Оскільки на значній частині узбережжя розташовані численні техногенні об'єкти, які нерідко є береговими джерелами забруднення, вони також занижують рекреаційні можливості морського середовища.

Водно-болотні, які широко поширені в прибережній зоні ПЗП, виступають у ролі регулятора таких процесів, як акумулювання та зберігання прісної води, фільтрації води, поглинання з атмосфери та накопиченні вуглецю, поверненні до атмосфери кисню, регулюванні поверхневого стоку, стабілізації рівня ґрунтових вод, участі у формуванні кліматичних умов (опадів, вологості та температури повітря), запобігання та стримування ерозійних процесів, підтриманні та збереженні біологічної різноманітності, формуванні місць зростання та проживання різних видів рослин та тварин (у тому числі рідкісних та червонокнижних), а також підтримання максимальної біологічної продуктивності аквальних природних систем. Крім того, їх роль важлива для ЕСП постачання (продукція, вода, корми, деревина, паливо, інша сировина).

Довжина морського і лиманного узбережжя лише від гирла річки Дунай до Тилігульського лиману сягає 300 км. Узбережні утворення регулюють конфігурацію берегової лінії, зв'язок морського басейну з прилеглими лиманами, і також є важливими рекреаційними ресурсами. Комфортні біокліматичні умови, значна протяжність пляжної зони та інші природні фактори дозволяють говорити про перспективність прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я для різних форм рекреації, включаючи таласотерапію. Однак, відносно низька солоність, евтрофованість і підвищена забрудненість морської води, особливо в пригирлових зонах, обмежують можливості таласотерапії, але наявність ропи, лікувальних грязей і комфортні біокліматичні умови в зонах поширення окремих лиманів обумовлюють їх значні рекреаційні можливості. У прибережній смузі ПЗШЧМ є поклади лікувальних грязей у багатьох лиманах, але лише грязі Куяльницького та декілька інших лиманів поки що використовуються для грязелікування та вироблення медичних препаратів.

До прибережної ПЗП приурочено різноманітні території і об'єкти природно-завідного фонду (ПЗФ) України, які сприяють збереженню природної різноманітності ландшафтів, генетичного фонду флори і фауни, підтриманню загального екологічного балансу, а також є унікальними ресурсами для наукової, еколого-просвітницької та рекреаційної діяльності. З одного боку, вони є природними територіями й об'єктами, а з іншого – господарськими суб'єктами, діяльність яких зумовлюється не тільки соціально-економічними, але й екологічними параметрам.

У результаті проведених досліджень можна зробити такі **висновки**:

– наведені дані дають уявлення лише щодо окремих ЕСП регулювання, підтримування, постачання та культурних послуг, але вони підкреслюють наявність багатьох корисних властивостей ПЗШЧМ;

- можливості використання ЕСП обмежуються антропогенним впливом на ПЗШЧМ, а з лютого 2022 року – ще й військовою діяльністю та бойовими діями;
- у післявоєнний час використання ЕСП на ПЗШЧМ стане одним із ключових складових відновлення держави.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and Human Well-being: Current State and Trends Assessment. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [2] Сафранов Т.А., Чугай А. В., & Берлінський М. А. (2017). *Стан і якість природного середовища прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я*: монографія Харків: ФОП Панов А. М., 2017. 298 с.
- [3] Сафранов Т. А., Берлінський М. А., Юссеф ель Хадрі, Сліже М. (2022). Оцінка екосистемних послуг північно-західної частини Чорного моря: стан, проблеми та перспективи. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. Вип. 56. С. 255–263.
- [4] Сафранов Т. А., Берлінський М. А., Змієнко Д. М. (2020). Пластик твердих побутових відходів прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я як складова морського сміття. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. Вип. 23. С. 57–66.

Safranov T., Diachenko M.

Features of Ecosystem Services of the Northwestern Black Sea Shelf

FRAMEWORK TO STUDY DAM DESTRUCTIONS DUE TO WARFARE IN UKRAINE: THE CASE OF KAKHOVKA

Shumilova O. O., PhD

Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB)

Germany, Berlin

oleksandra.shumilova@igb-berlin.de

In the last decades, the number of armed conflicts has increased drastically throughout the world. Together with climate change they represent new unprecedented threat to natural ecosystems and in particular to water resources.

Rivers and floodplains are used as frontlines, while waters of reservoirs as weapons of war [1]. In 2022 in Ukraine, several dams have been damaged along the Irpen, Oskil and Inhulets rivers, while the most dramatic event happened on the 6th of June 2023 when the dam of the Kakhovka reservoir has collapsed following repeated attacks. It caused the drainage of one of the Europe's largest reservoirs, resulting in catastrophic flooding and pollution of the river, estuarine and Black Sea environments. Although immediate attention was given to economic and social impacts of this tragic event, the legacy of environmental consequences is no less important. The ongoing nature of conflict and limited access to the field data has limited evaluation of environmental impacts only to early rapid assessments. The necessity to provide a fundamental analysis of both short- and long-term environmental consequences of the Kakhovka dam collapse has motivated an international team of scientists from Germany, Ukraine, the Netherlands, Belgium and the USA to develop a framework that can be used for assessment of intended dams' destructions due to warfare. This work was initiated by our previous research about impacts of war on water resources and infrastructure of Ukraine, which predicted dangers imposed by attacks on the large reservoir cascade along the Dnieper river [1]. The joint workshop held in Berlin in October 2023 has further fostered that research and resulted in a publication in the Science journal [2].

In the developed framework, we have combined results of pre- and post-destruction field surveys, numerical modelling and remote-sensing to outline spatial-temporal scales of the disaster and predicts trends in re-establishment of altered ecosystems (Fig. 1).

To analyze hazards to humans due to flooding, we adopt the US Bureau of Reclamation approach [3], which relates loss of human life to values of DV index, where D and V are maximum flow depth and velocity, respectively. We extended this analysis by developing an approach to estimate impacts on populations of rodents, which is based on a species-area relation and evaluates population losses as a ratio between the area of danger for swimming animals and the total inundated area. To calculate spatial patterns of DV , a hydrodynamic model of the lower Dnipro was developed with a computational domain (mesh size 16×16 m) based on bathymetric data derived from field and photogrammetric surveys and the water surface pattern remotely sensed during the peak of the flood. Modeling indicated that the reach-averaged DV between Kakhovka and Kherson was approximately $10 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (Fig. 2), which is classified as a hazard of medium severity according to [3] and considering that 84 human lives were officially lost [4]. Predicted flow velocities ranged between 1 and 4 m s^{-1} on the floodplain and in the main channel. Estimating hazards to floodplain rodents suggests

a 20 to 30 % reduction of the total population, which likely affected populations of canids and birds.

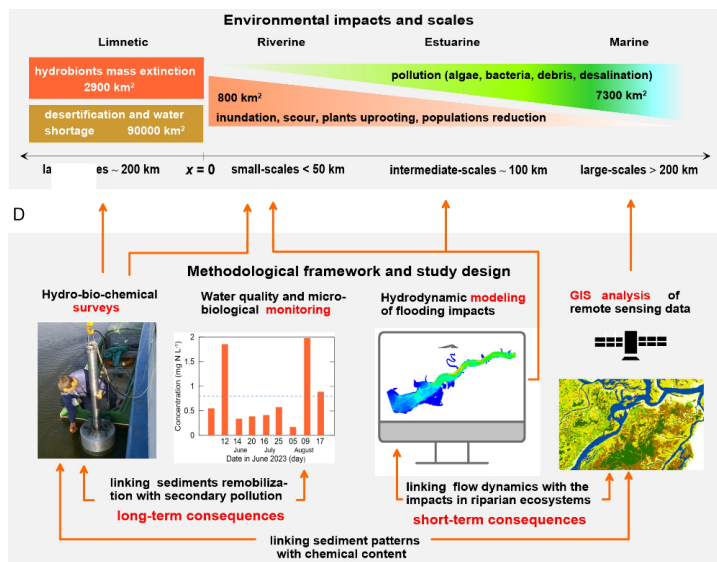


Fig. 1. Conceptual framework of the study. Top panel: Environmental impacts and characteristic scale of the Kakhovka Dam disaster; Bottom panel: Methodology, components, interrelations, and relevance to spatial and temporal scales (adopted from [2])

Consequences of the Kakhovka dam damage were the most dramatic for the former reservoir area. Drainage exposed 1944 km² of the reservoir bottom and ~80 % of the reservoir biomass was lost (Fig. 3).

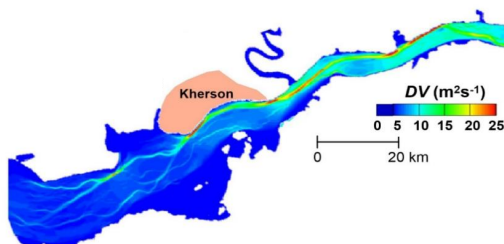


Fig. 2. Modeled depth-average values of DV downstream of the Kakhovka dam at maximal water stage

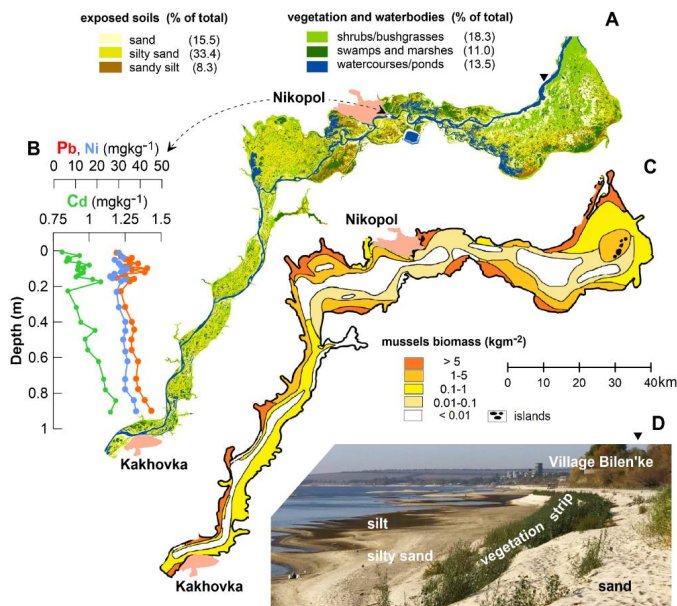


Fig. 3. The area of the former Kakhovka reservoir. (A) Landcover based on Sentinel-2 satellite images (19 August 2023). (B) Concentration of heavy metals in the sediments (mg kg⁻¹ dry weight) sampled in 2020 (dashed arrow line indicates sampling location). (C) Spatial patterns of zebra mussels (*Dreissena* sp.) biomass reconstructed from field surveys in the period from 2000 till 2021. (D) The view of the former reservoir near the village of Bilen'ke(adopted from [2])

Pre-disaster field surveys reveal that the lakebed contained a layer of sediment 0.3 to 1.5 m thick (total volume based on reservoir morphology ~ 1.3 to 1.7 km³). Sorption, hydrolysis, settling, and biological consumption mediated the adsorption of contaminants (heavy metals, nitrogen, and phosphorus) from the water column to the sediment. Our results show that draining of the reservoir exposed lakebed sediment cumulatively containing around 83.3 thousand tonnes of highly toxic heavy metals (Pb, Cd, Ni), of which <1 % was likely released during the drainage. Remaining heavy metals can affect human populations in the region because river water is widely used by households to compensate for shortages in municipal water supply. Contaminants can be further remobilized due to erosion of sediment by surface runoff and by seasonal floods, which was recorded in August 2023 and spring 2024 (up to 888.5 km² were inundated).

We have also analyzed the dynamics of riparian vegetation establishment to gain a comprehensive understanding of self-organizing ecosystem processes driven by flow-soil-plant interactions. By mid-August 2023, pioneer riparian vegetation had become established over approximately 18 % of the new floodplain area. Our analysis indicates that wind contributed only 25 % to recolonization and water played the major role (75 %), amplified by self-organization processes in soils. Seeds of willows and poplars were dispersed by wind on the water surface and then deposited at margins of the ebbing water during drainage of the reservoir. Moist cracks that developed in the drying sediment trapped seeds, ensuring access to wet soil. Flow-plant interactions during spring floods led to emergence of patterns in initially randomly seeded vegetation. Subsequent floods further increased complexity of habitats due to uprooting of vegetation and formation of erosional channels. At the same time, erosion increase release of contaminants.

Our research provides thorough scientific basis for decision-making strategies on the future of the former Kakhovka Reservoir and the total affected area of about 92,900 km² – three times larger than the territory of Belgium. Presently, key debates of Ukrainian decision makers and the general public are centered around the question whether to reconstruct the reservoir and promote economic recovery of the region, or leave it to naturally re-establish to a semi-natural state. While the first option will require years of efforts, the second neglects the risks of heavy metals pollution and their spread through food webs. In our paper, we suggest that contaminant releases can be controlled by two 15-km-long temporary barriers. These barriers should separate the main channel from the two large boggy areas that contribute most to heavy metal releases and thus pollution during seasonal floods within the former reservoir bed. Apart from that, our detailed research on understanding ecosystem re-establishment will provide valuable insights for dam removal practices, therefore keeping boundaries of freshwater and land-use changes in a balance with bio-sphere integrity on a continental scale.

LIST OF SOURCES

[1] Shumilova O., Tockner K., Sukhodolov A., Khilchevskiy V., De Meester L., Stepanenko S., Trokhymenko G., Hernández-Agüero J., Gleick P. (2023) Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*, 6, 578–586.

[2] Shumilova O. et al. (2025) Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*, 387, 1181–1186.

[3] “Dam failure and flood event case history compilation” (RCEM, U. S. Bureau of Reclamation, 2015).

[4] Spears BM et al. (2024) A rapid environmental risk assessment of the Kakhovka Dam breach during the Ukraine conflict. *Nature Ecology and Evolution*, 8, 834–836.

УДК 502.4/502.7

НАСЛІДКИ РОСІЙСЬКОЇ ОКУПАЦІЇ В ЗООПАРКУ «АСКАНІЯ-НОВА»

Корінець Н. О., к.с.-г.н.

Біосферний заповідник «Асканія-Нова» імені Ф. Е. Фальц-Фейна НААН
Україна, Київ

E-mail: korinets.nata@gmail.com

Унікальною особливістю Біосферного заповідника «Асканія-Нова» є наявність у його складі дендрологічного і зоологічного парків. Колекція тварин зоологічного парку «Асканія-Нова» віднесена до Переліку наукових об'єктів, що становлять Національне надбання України. Загальна чисельність колекції тварин зоопарку за результатами інвентаризації станом на 1 січня 2022 року становила 3597 особин (з них 1623 копитних), у тому числі види, занесені до регіонального охоронного списку, Червоної книги України, Європейського Червоного списку, Червоного списку МСОП та міжнародних природоохоронних угод – Вашингтонська конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (CITES), Бернська конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі, Рамсарська конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовища існування водоплавних птахів, Боннська конвенція про збереження мігруючих видів диких тварин [1, 2].

Мета дослідження – дослідити і проаналізувати негативні впливи російської окупації на колекцію тварин зоопарку «Асканія-Нова».

З 24 лютого 2022 року заповідник знаходиться на тимчасово окупованій території. У перші дні широкомасштабного вторгнення установа не постраждала від військових дій. До фактичного захоплення заповідника 20 березня 2023 року за 13 місяців перебування в окупації було збережено колекції дендрологічного і зоологічного парків, обладнання, бібліотеку,

архіви, остеологічну колекцію, музейні експонати, колекцію половецьких скульптур, заготовлено і придбано корми для тварин, ветеринарні препарати, запчастини для техніки, зроблено реконструкцію ставка у дендропарку «Асканія-Нова», збудовано теплицю. Бюджетні асигнування на утримання колекцій заповідника фактично зупинилися у лютому 2022 року, проте за благодійні кошти, які надійшли з підконтрольної території України, країн ЄС та США (за посередництва ГО «Українська природоохоронна група») придбано продукції на суму понад 7,5 млн гривень [2]. На час фактичного захоплення заповідника окупаційною владою ситуація була контрольованою. В зоопарку на 1.01.2023 року нараховували 3318 тварин, з них 1693 ссавців [3]. Окупанти час від часу проводили обшуки в заповіднику, в т. ч. в зоопарку, що становило загрозу для лякливих копитних і птахів.

Однією з небезпек для тварин зоопарку «Асканія-Нова» є можливі спалахи небезпечних захворювань. Упродовж десятиліть завдяки проведенню відповідних заходів (ізоляція, карантин, вакцинація тощо) в зоопарку не відмічали випадків серйозних заразних захворювань, які зустрічаються у копитних і птахів (в т. ч. свійських) даної зони. 3 січня 2023 року росіяни розмістили військову техніку на території орнітологічної секції і господарської частини зоопарку. Російські військові і їх техніка безконтрольно переміщувалися територією зоопарку, порушуючи всі вимоги щодо дотримання карантинних заходів. Вже у лютому 2023 року загинули 28 безкілових птахів зоопарку, за висновками Чаплинської районної ветеринарної лікарні – від пташиного грипу. Після пожежі 22 серпня 2023 року у загонах ділянки «Великий Чапельський під» (далі ВЧП) знайшли залишки 100–150 сайгаків, які загинули раніше, можливо, від брадзоту. Раніше це захворювання у копитних зоопарку не виявляли. В умовах окупації в регіоні заповідника не проводяться належним чином заходи з вакцинації диких і свійських тварин на сказ. Після вилучення окупантами зброї у співробітників служби державної охорони стало неможливо відстрілювати серйозно травмованих і хворих копитних тварин, щоб припинити їх страждання, а при появі тварин, хворих на сказ – елімінувати також їх. Втім, окупаційна адміністрація не замислюється про безпеку загибелі тварин від захворювань. Так, восени 2024 року в зоопарку було понад 70 свійських свиней, яких утримували для забезпечення керівництва м'ясом. Будь-яких свиней в зоопарку утримувати недоцільно через безпеку спалаху африканської чуми свиней. У такому разі в установі було б оголошено карантин і, вірогідно, тимчасово заборонено

вивозити будь-яких тварин і здійснювати екскурсійну діяльність. Втім, власні інтереси окупаційна адміністрація ставить вище за збереження колекції зоопарку і загалом заповідника [4].

Для копитних, які впродовж всього року знаходяться на території ВЧП, найбільшу небезпеку становили прольоти російських військових гелікоптерів і літаків на висоті кількох метрів над землею, а також ракет. Було відмічено зависання гелікоптерів над загонами і випуск теплових пасток над територією ВЧП. Тварини боялися дуже сильного шуму, переміщувалися у межах загонів. Внаслідок таких прольотів у стані стресу самець антилопи нільгау розбився об огорожу, було зафіксовано абортатії у кобил коня Пржевальського і кулана туркменського. Ще однією з небезпек для копитних зоопарку є руйнування огорож. Тварини за межами ВЧП можуть бути вбитими російськими військовими, загинути від відсутності води, на замінованих ділянках тощо. Більшість куланів, сайгаків, оленів, ланей і муфлонів неможливо буде загнати назад у загони без втрат. Влітку 2022 року російські військові двічі руйнували огорожу загону № 9, після чого частина тварин вийшла з нього. Після цього в даному загоні припинили утримувати копитних. Це збільшило пасовищне навантаження на решту території ВЧП. На навантаженні також несприятливо позначилася пожежа 22 серпня 2022 року, коли вигоріло 344,53 га на території загону № 6. Причиною пожежі міг бути позаштатний схід авіаційного боєприпасу [5]. Згоріла суха трава, якою харчуються копитні, які живуть на території ВЧП упродовж всього року. Враховуючи посуху 2023, 2024 і 2025 року та збільшення чисельності деяких крупних копитних через відсутність продаж за останні 3,5 роки, пасовищне навантаження у ВЧП значно збільшилося. Це негативно впливає як на збереження рослинності цілинного степу, так і на стан копитних та інших тварин, які зустрічаються на цій території. Так, значна смертність молодняку бізонів влітку 2025 року викликана відсутністю достатньої кількості трави і низькою якістю води у загонах ВЧП.

Після вимушеного звільнення більшості науковців лабораторії збереження різноманіття диких тварин і багатьох досвідчених працівників зоопарку науковий супровід колекції тварин унеможливлено. Внаслідок некомпетентності і злочинної бездіяльності окупаційної адміністрації, працівників ветеринарної служби зоопарку і деяких інших співробітників загинули багато тварин, наприклад, козеріг сибірський, як свійський, чотири буйволи африканські, такін тощо. Зокрема, стадо буйволів африканських не загнали вчасно в приміщення восени 2023 року і вони загинули від переохолодження і стресу. У ряді випадків працівники ветеринарного

сектору не надавали допомогу хворим тваринам. З другої половини 2024 року в зоопарку взагалі відсутні кваліфіковані ветеринарні лікарі і фельдшери. Загалом окупаційна адміністрація не покращила суттєво умови утримання тварин. Так, в лютому 2024 року були значні проблеми з кормами. Є загроза відключення заповідника від електромереж внаслідок несплати мільйонних боргів за електроенергію.

Однією з найбільш загроз для збереження колекції зоопарку є викрадення тварин. Окупаційна адміністрація на чолі з Д. Мещеряковим 1 грудня 2023 року здійснила незаконний «обмін» тварин зоопарку «Асканія-Нова» з Державним природним біосферним заповідником «Ростовський» та Асоціацією зі збереження та відновлення рідкісних та зникаючих видів тварин «Жива природа степу» (м. Ростов-на-Дону). В росію вивезли сім особин копитних тварин: дві зебри Чапмана, двоє бізонів американських, двоє коней Пржевальського, олень Давида (ще один олень загинув під час вилову або транспортування). В березні 2024 р. з колекції зоопарку «Асканія-Нова» на територію тимчасово окупованого Криму вивезли три особини сірої української породи великої рогатої худоби, 23 квітня 2024 р. – три і 27 червня – 7 зебр Чапмана в рамках «обміну» тварин з приватним Ялтинським зоопарком «Казка» та Парком левів «Тайган». В зоопарк «Асканія-Нова» завезли деяких інших копитних та мозолоногих тварин, птахів, їжатців (дикобразів), котячих лемурів, носух [4]. Втім в більшості випадків замість цінних рідкісних копитних завезли свійських тварин – кіз, овець, верблюдів. Єдиним по справжньому позитивним наслідком цієї діяльності є завезення антилоп канна і народження самця в 2025 році.

Серед інших ризиків для колекції зоопарку на тимчасово окупованій території є загибель тварин під час вилову і транспортування, військові дії поблизу або на території заповідника, знищення тварин окупантами. Втім, до цього часу не зафіксовано випадків вбивства тварин зоопарку «Асканія-Нова» російськими військовими. Окупанти використовують зоопарк «Асканія-Нова» і заповідник загалом для пропагандистських цілей. У 2024 і 2025 роках тут проводили екскурсійну діяльність. Втім, порівняно з показниками 2021 року, чисельність відвідувачів мізерна. Для туристів у 2024 році на території орнітологічної частини зоопарку збудували два будинки для відпочинку з басейнами. Ще чотири знаходяться неподалік на вулиці Фальц-Фейна (поблизу загонів № 8 і № 5 та дендропарку). Це так звана «Асканія Віладж». Окупаційна адміністрація не враховує ризики перебування сторонніх в зоопарку і їх вплив на птахів, які тут мешкають [4].

Висновки. За 13 місяців діяльності Біосферного заповідника «Асканія-Нова» як української установи на тимчасово окупованій території співробітниками було зроблено все можливе в тих умовах для збереження колекції зоопарку «Асканія-Нова». На момент фактичного захоплення заповідника тварини були забезпечені кормами, здійснювався науковий супровід, ветеринарне обслуговування. Під час перебування установи під контролем окупаційної адміністрації колекція зоопарку зазнала значних втрат. Відсутні кваліфіковані працівники. Серед найбільших загроз для колекції – загибель тварин в результаті некомпетентних дій, злочинної бездіяльності, халатності окупаційної адміністрації і обслуговуючого персоналу; спалахи інфекційних захворювань; вивезення і вбивство копитних і птахів, загибель їх від стресу; руйнування інфраструктури і обладнання, відсутність кормів і води належної якості; пожежі; військові дії поблизу заповідника і на його території.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Літопис природи Біосферного заповідника «Асканія-Нова». Том 39 за 2021 рік. (2022). Асканія-Нова, 312 с. № держреєстрації ДР 0121U108395.

[2] Шаповал, В. В. (2023). Біосферний заповідник «Асканія-Нова» імені Ф. Е. Фальц-Фейна: хроніка подій окупації. *Традиції заповідної справи, сучасні проблеми збереження та повсякденного відновлення територій природно-заповідного фонду* : збірка наукових праць за матеріалами всеукраїнського круглого столу, присвяченого 160-й річниці із дня народження Фрідріха Фальц-Фейна, вченого у галузях акліматизації, тваринництва, рослинництва, заповідної справи, природокористування (8 квітня 2023 року, Екологічна дослідницька станція «Глибокі Балики», с. Балико-Щучинка) / за ред. В. В. Шаповала. Чернівці : Друк Арт, 207–230. (Серія: “Conservation Biology in Ukraine”. Вип. 32).

[3] Літопис природи Біосферного заповідника «Асканія-Нова». Том 40 за 2022 рік. (2023). Асканія-Нова, 259 с. № держреєстрації ДР 0121U108395.

[4] Літопис природи Біосферного заповідника «Асканія-Нова». Том 42 за 2024 рік. (2025). Асканія-Нова, 208 с. № держреєстрації ДР 0121U108395.

[5] Шаповал, В. В., Біатов, А. П., Василюк, О. В. (2023). Пожежі в Біосферному заповіднику «Асканія-Нова» в період російської окупації. *Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття на природно-заповідних територіях* : матер. конф., присвяченої 100-річчю Канівського природного заповідника (21–23 вересня 2023 р., м. Канів, Черкаська

область) / ред. В. М. Грищенко. Чернівці : Друк Арт, 172–180. (Серія: “Conservation Biology in Ukraine”. Вип. 36).

Korinets N.
***Impact of the Russian Occupation
on the Zoological Sector of the Askania-Nova Reserve***

УДК 532.5-029:51

**УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ РІЧКОВОГО БАСЕЙНУ
ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Каштан С. С., к.т.н., доцент

Національний університет водного господарства та природокористування
Україна, Рівне

E-mail: s.s.kashtan@nuwm.edu.ua

ORCID: 0009-0002-0726-7325

У сучасному світі управління водними ресурсами набуває все більшого значення через зростаючий попит на воду, зміни клімату та антропогенне навантаження на довкілля. Для ефективного управління важливо розуміти річковий басейн як цілісну природну систему. Річковий басейн – це територія, з якої всі поверхневі та підземні води стікають до певної річки чи водного об’єкта. Це складна природна система, де всі компоненти тісно взаємопов’язані. Розуміння річкового басейну як цілісної системи та вміння моделювати процеси в ньому – це фундамент сучасного управління водними ресурсами [1].

Основним джерелом води в системі річкового басейну є опади, розподіл яких залежить від багатьох факторів. Перш за все, на розподіл опадів впливає рельєф території. На навітряних схилах випадає більше опадів, ніж на підвітряних. Висота місцевості також має значення – зазвичай кількість опадів збільшується з висотою. Сезонність опадів є ключовим фактором для управління водними ресурсами. В Україні більшість річкових басейнів характеризується нерівномірним розподілом опадів протягом року. Літні опади часто мають зливовий характер, що може призводити до паводків, тоді як зимові опади формують сніговий покрив, танення якого забезпечує весняну повінь.

Поверхневий стік формується з води, яка рухається по поверхні землі, формуючи струмки та річки. Він починається, коли інтенсивність опадів перевищує здатність ґрунту поглинати воду. На формування поверхневого стоку впливає характер опадів (інтенсивність, тривалість), рельєф місце-

вості (крутизна схилів, їх довжина), типи ґрунтів та їх водопроникність, рослинний покрив, наявність водонепроникних поверхонь.

Підземний стік – це та частина води, що просочилася крізь ґрунт і породи. Це найбільш стабільний компонент річкового стоку, який забезпечує живлення річок у посушливі періоди. Підземний стік рухається значно повільніше за поверхневий, його швидкість може становити від кількох сантиметрів до кількох метрів на добу.

При проведенні водогосподарських заходів необхідно враховувати всі ці компоненти як єдину систему. Моделювання процесів річкового басейну дозволяє відповісти на основні питання, зокрема: який об'єм водних мас? який вплив гідроспоруд на водні ресурси? які території можуть бути затоплені під час паводку та/або катастроф? Маючи відповіді на ці та подібні питання, управлінці можуть приймати обґрунтовані рішення щодо водокористування, будівництва гідротехнічних споруд та захисту від небезпечних гідрологічних явищ реагувати на катастрофи та/або катаклізми, передбачати їх наслідки, працюючи на випередження.

Щоб керувати водними ресурсами та прогнозувати річкові потоки, гідрологи прагнуть зрозуміти, як вода переміщується з опадів через водозбірні басейни в річкові русла. У роботі [2] зазначено, що недостатньо фундаментальної інформації про просторовий розподіл та фізичні механізми глобальних гідрологічних процесів та показано, що посушливість передбачає глибину шляхів стоку води, а рельєф місцевості та біоми передбачає переважання шляхів бічного стоку. Це дозволяє досліджувати нові закономірності, які пов'язують організацію ландшафту з гідрологічною функцією.

У дослідженні [3] підкреслено, що практика управління водними ресурсами, така як забір підземних та поверхневих вод і скидання стічних вод, впливає на базовий стік річкового басейну. Внесення цієї інформації до гідрологічних наборів даних, дозволить здійснити якісний аналіз та прогнозування базового стоку та інших показників/заходів.

Для гідрологів важливим є зв'язок між опадами та величиною їх стоку (поверхневого, підземного), адже це дозволяє прогнозувати водність річок, оцінювати ризики підтоплення територій, розраховувати обсяги водозабору, планувати заходи з регулювання як базового стоку річкового басейну, так і його складових. Наприклад, створення водосховищ дозволяє перерозподіляти стік у часі, забезпечуючи водою посушливі періоди за рахунок накопичення води під час повеней; побудова гідротехнічних споруд (гребель, дамб) дозволяє зменшити фільтраційні витрати водного об'єкту, захистити навколишні території від заболочення та/або підтоплення;

надмірне відкачування підземних вод може призвести до виснаження водоносних горизонтів та зменшення базового стоку річок.

Отже, дослідження таких процесів є важливим з погляду екології, збереження і захисту біорізноманіття та керування водними ресурсами. Відповідне математичне моделювання дає змогу проаналізувати характер процесів, які впливають на стан водного басейну, передбачити їхній розвиток у майбутньому, що є важливим під час прийняття управлінських рішень. У багатьох випадках практики формули для знаходження характеристик середовища потребують задання функції швидкості. В реальних фізичних задачах, зокрема в задачах гідрології, фільтрації, часто це зробити або неможливо, або дуже складно. Математичне моделювання фільтраційних і гідравлічних процесів є невід'ємною частиною сучасних гідрологічних досліджень водних об'єктів. У цій роботі започатковано вивчення зазначеної проблеми і запропоновано вплив як поверхневих так і підземних вод, що живлять основну течію (наприклад, притоки до водойми, скиди у водойму) або живляться за рахунок основної течії (наприклад, водозабірні насоси, стоки підземних/грунтових вод), на початковому етапі моделювати як ділянки (джерела) поперечних збурень базового стоку [4].

У роботах [5 – 7] широко використано метод обернених крайових задач (конформних відображень) для побудови гідродинамічної сітки потенційних та квазіпотенційних полів різних процесів та поля швидкості з паралельним розрахунком різних інших характеристик (витрат, величин перетоків тощо). Як відомо [7], за допомогою введення функції течії $\psi = \psi(x, y)$, комплексно спряженої до шуканого потенціалу $\phi = \phi(x, y)$, задачі в областях, обмежених лініями течії та еквіпотенціальними лініями, зводяться до конформного відображення $\omega = \omega(z) = \phi(x, y) + i\psi(x, y)$ фізичної області на відповідну область комплексного потенціалу – внутрішність многокутника з вертикальними та горизонтальними ділянками його границі.

Загальна постановка задачі. Розглядається водний об'єкт – водойма (зокрема, річка) з притоками, як однозв'язна криволінійна чотирикутна область G_z ($z = x + iy$), обмежена чотирма гладкими кривими $AB = \{z: f_1(x, y) = 0\}$, $BC = \{z: f_2(x, y) = 0\}$, $CD = \{z: f_3(x, y) = 0\}$, $DA = \{z: f_4(x, y) = 0\}$, які в точках A, B, C, D перетинаються під прямими

кутами, за таких умов: $\phi|_{AB} = \phi_*$, $\phi|_{CD} = \phi^*$, $\frac{d\phi}{dn}\bigg|_{L_*} = \frac{d\phi}{dn}\bigg|_{L^*} = 0$, де $\vec{n}$ – нормаль

до відповідної кривої, $L_L^* = BC \setminus \bigcup_{k=0}^s M_{2k+1} N_{2k+1}$, $L_n^* = AD \setminus \bigcup_{k=1}^r M_{2k} N_{2k}$.

Оскільки течію вважаємо ідеальною, то, як відомо [7], швидкість руху можемо описати законами $\vec{v} = \text{grad } \varphi(x, y)$, $\text{div } \vec{v} = 0$. А ділянки $M_k N_k$ впадання приток на лівому ($k = 1, 3, \dots, 2s + 1$) та правому ($k = 2, \dots, 2r$) берегах ототожнюються з джерелами збурень вихідного потоку водних мас вздовж граничних ліній BC та AD основної течії відповідно (рис. 1). Причому, притік до русла можна розглядати як гідравлічний, так і фільтраційний, а потенціал φ можна визначити через напір та гідравлічну провідність або коефіцієнт фільтрації відповідно (для зручності викладок вважатимемо, що ці коефіцієнти дорівнюють одиниці).

Нехай на цих ділянках (притоках) $M_k N_k$ маємо потенціали $\varphi|_{M_k N_k} = \varphi_k^\circ$, причому $\varphi_* < \varphi_k^\circ < \varphi^*$. Залежно від їхніх значень та співвідношень між ними можливі різні випадки формування структури течії у фізичній області G_z (водному об'єкті), які, зокрема, характеризуються положенням ліній розділу ділянок потоків водних мас, що при цьому утворюються [4–7].

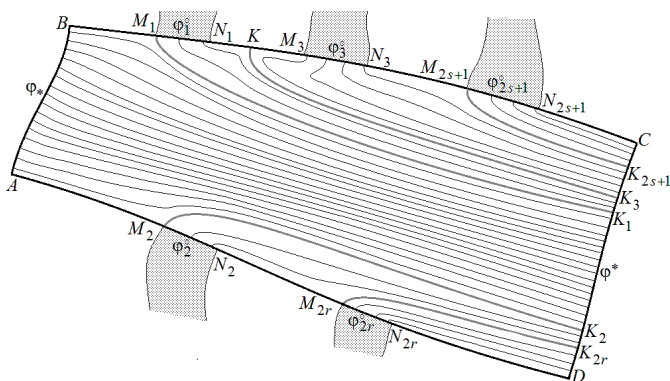


Рис. 1. Фізична область G_z – водойма з притоками

Аналогічно до [5, 6], задача полягає у знаходженні характеристичної функції течії, що забезпечує можливість паралельного знаходження комплексного потенціалу, повної витрати потоку, величин різних перетоків, побудови у розглядуваній області гідродинамічної сітки руху та кривих розділу водних мас, розрахунку поля швидкості руху.

Розглядається один з можливих випадків [4] формування структури течії у водному об'єкті – області G_z , а саме проміжний випадок, коли $\varphi_* < \varphi_1^\circ < \varphi_3^\circ < \varphi^*$, при цьому область комплексного потенціалу G_ω матиме вигляд, наведений на рис. 2.

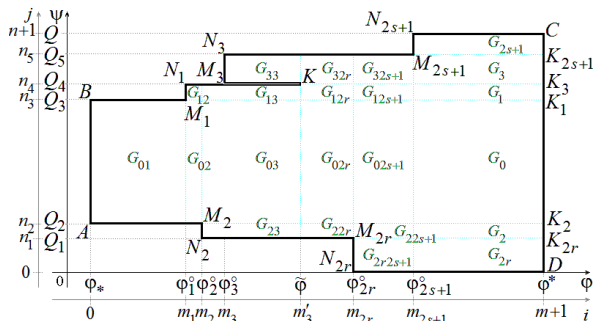


Рис. 2. Область комплексного потенціалу G_m та параметри її апроксимації

Обернена нелінійна крайова задача на конформне відображення області G_{ω} на область G_z для невідомих $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q, \tilde{\varphi}$ у диференціальній формі запишеться у вигляді [4]:

$$\left\{ \frac{\partial y}{\partial \psi} = \frac{\partial x}{\partial \varphi}, \quad \frac{\partial x}{\partial \psi} = -\frac{\partial y}{\partial \varphi}, \quad (\varphi, \psi) \in G_{\omega}; \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1(x(\varphi_*, \psi), y(\varphi_*, \psi))=0, \quad Q_2 \leq \psi \leq Q_3, \\ f_2(x(\varphi, Q_3), y(\varphi, Q_3))=0, \quad \varphi_* \leq \varphi \leq \varphi_1^\circ, \\ f_2(x(\varphi_1^\circ, \psi), y(\varphi_1^\circ, \psi))=0, \quad Q_3 \leq \psi \leq Q_4, \\ f_2(x(\varphi, Q_4 - 0), y(\varphi, Q_4 - 0))=0, \quad \varphi_1^\circ \leq \varphi \leq \tilde{\varphi}, \\ f_2(x(\varphi, Q_4 + 0), y(\varphi, Q_4 + 0))=0, \quad \tilde{\varphi} \geq \varphi \geq \varphi_3^\circ, \\ f_2(x(\varphi_3^\circ, \psi), y(\varphi_3^\circ, \psi))=0, \quad Q_4 \leq \psi \leq Q_5, \\ f_2(x(\varphi, Q_5), y(\varphi, Q_5))=0, \quad \varphi_3^\circ \leq \varphi \leq \varphi_{2s+1}^\circ, \\ f_2(x(\varphi_{2s+1}^\circ, \psi), y(\varphi_{2s+1}^\circ, \psi))=0, \quad Q_5 \leq \psi \leq Q, \\ f_2(x(\varphi, Q), y(\varphi, Q))=0, \quad \varphi_{2s+1}^\circ \leq \varphi \leq \varphi^*, \\ f_3(x(\varphi^*, \psi), y(\varphi^*, \psi))=0, \quad Q \geq \psi \geq 0, \\ f_4(x(\varphi, 0), y(\varphi, 0))=0, \quad \varphi^* \geq \varphi \geq \varphi_{2r}^\circ, \\ f_4(x(\varphi_{2r}^\circ, \psi), y(\varphi_{2r}^\circ, \psi))=0, \quad 0 \leq \psi \leq Q_1, \\ f_4(x(\varphi, Q_1), y(\varphi, Q_1))=0, \quad \varphi_{2r}^\circ \geq \varphi \geq \varphi_2^\circ, \\ f_4(x(\varphi_2^\circ, \psi), y(\varphi_2^\circ, \psi))=0, \quad Q_1 \leq \psi \leq Q_2, \\ f_4(x(\varphi, Q_2), y(\varphi, Q_2))=0, \quad \varphi_2^\circ \geq \varphi \geq \varphi_*, \end{array} \right. \quad (2)$$

де Q – сумарний потік, що виходить із області G_z через ділянку границі CD ,
а $Q_1, Q_2-Q_1, Q_3-Q_2, Q_4-Q_3, Q_5-Q_4, Q-Q_5$ – величини потоків, що

входять в область G_z через ділянки $M_{2r}N_{2r}$, M_2N_2 , AB , M_1N_1 , M_3N_3 , $M_{2s+1}N_{2s+1}$ відповідно.

Задача (1), (2) зводиться до задачі відшукування розв'язку рівнянь Лапласа в області G_ω за нелінійних крайових умов (2) та умов Коші–Рімана (1) на границі області G_ω .

Наближений розв'язок цієї задачі отримується за допомогою алгоритму, побудованого на основі [4, 7], який ґрунтується на почерговій параметризації величин конформних інваріантів, граничних і внутрішніх вузлів сіткової області G_z з використанням ідей методу блочної ітерації.

Висновки. Управління ресурсами річкового басейну є надзвичайно важливим елементом сталого розвитку, особливо в умовах кліматичних змін та зростаючого антропогенного навантаження. Математичне моделювання дає можливість зрозуміти гідрологічні процеси, розрахувати їх показники/параметри, планувати водогосподарську та гідротехнічну інфраструктуру, прогнозувати ризики та ухвалювати обґрунтовані рішення щодо водокористування та захисту екосистеми річкового басейну.

На основі модифікованого в цій роботі числового методу комплексного аналізу розв'язання конкретних типів задач на конформні відображення L -подібних областей комплексного потенціалу (з вертикальними та горизонтальними розрізами) на відповідні фізичні області з криволінійними ділянками границі, побудовано алгоритм, що забезпечує можливість знаходити потенціали та характеристичну функцію течії, а отже і поля швидкості руху, будувати лінії розділу течії та гідродинамічну сітку руху, обчислювати різні інтегральні параметри (перетоки, витрати тощо), передбачати наслідки певних видів катастроф, підтоплень тощо, приймати відповідні обґрунтовані рішення.

Напрямом майбутніх досліджень є узагальнення запропонованих підходів до вивчення більш глобальних процесів руху поверхневих і підземних вод у неоднорідних, анізотропних, схильних до деформацій середовищах, зокрема, басейнах річок та морів з урахуванням взаємодії підземних ґрунтових вод і поверхневих водних мас.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Державне агентство водних ресурсів України. Взято з <https://www.davr.gov.ua/>.

[2] McMillan, H., Araki, R., Bolotin, L., Kim, D.-H., Coxon, G., Clark, M., & Seibert, J. (2025). Global patterns in observed hydrologic processes. *Nature Water*, 3 (4), 497–506. doi: 10.1038/s44221-025-00407-w.

[3] Bloomfield, J. P., Gong, M., Marchant, B. P., Coxon, G., & Addor, N. (2021). How is Baseflow Index (BFI) impacted by water resource management practices. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25 (10), 5355–5379. doi: 10.5194/hess-25-5355-2021.

[4] Bomba, A. Y., & Kashtan, S. S. (2025). Methods of Comprehensive Analysis for Forecasting Controlled Flows of Surface and Filtration Waters. *Cybernetics and Systems Analysis*, 61 (5). doi: 10.1007/s10559-025-00807-6.

[5] Бомба, А. Я., & Каштан, С. С. (2002). Нелінійні обернення крайових задач на конформні відображення з потенціалом керування. *Математичні методи та фізико-механічні поля*. 45 (3), 69–76. Взято з <http://journals.iapmm.lviv.ua/ojs/index.php/MMPMF/article/view/2925>

[6] Bomba, A. Y., Kashtan, S. S., & Skopetskii, V. V. (2004). Nonlinear inverse boundary-value problems of conformal mapping with a controlling potential. *Cybernetics and Systems Analysis*. 40 (1). 58–65. doi: 10.1023/B:CASA.0000028100.70341.57.

[7] Бомба, А. Я., Каштан, С. С., Пригорницький, Д. О., & Ярошак, С. В. (2013). *Методи комплексного аналізу*. Рівне: НУВГП.

Kashtan S.

Management of river basin resources using mathematical modeling

УДК 502/504:556.5(477.73)

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ОХОРОНИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Магась Н. І.¹, к.т.н., доцент, Туз Р. В.², начальник відділу водного кадастру та техногенно-екологічної безпеки

¹ Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

² Регіональний офіс водних ресурсів у Миколаївській області

Україна, Миколаїв

ORCID: 0000-0002-2579-1465¹, nataly.magasy@gmail.com¹,

mk_vodres@davr.gov.ua²

Водні ресурси Миколаївської області є стратегічно важливими для забезпечення господарських, соціальних та екологічних потреб регіону. Проте їхній стан зазнає суттєвого погіршення під впливом кліматичних змін, надмірного водокористування та інших форм антропогенного

навантаження. Збереження та відновлення річкових екосистем потребує комплексного підходу, що поєднує природоохоронні, технічні та управлінські заходи. У цьому контексті особливої актуальності набуває розробка стратегій, спрямованих на досягнення доброго екологічного стану водних об'єктів відповідно до національних та європейських екологічних стандартів.

Упродовж останніх десятиліть спостерігається стійка тенденція до зменшення водності річок, яка у поєднанні з інтенсивним використанням водних ресурсів та недостатньою ефективністю їх охорони призводить до деградації водних екосистем. У цих умовах невідкладним є проведення наукового дослідження, спрямованого на оцінку сучасного стану водних ресурсів та пошук шляхів їхнього відновлення.

Метою дослідження є комплексний аналіз сучасного стану водних об'єктів Миколаївської області в умовах кліматичних змін та антропогенного навантаження, а також обґрунтування системи заходів щодо їхнього збереження та відновлення.

Миколаївська область, розташована у межах басейнів Південного Бугу (59,5 %), Дніпра (23,5 %) та річок Причорномор'я (17 %), характеризується низькою густотою річкової мережі, яка становить 0,15–0,16 км/км² (середній по Україні показник – 0,25 км/км²) та підвищеною вразливістю до кліматичних змін [1].

Основна частина стоку формується під час весняного водопілля, однак унаслідок зміни клімату цей процес втрачає стабільність. Зими стають коротшими та теплішими, а літо – спекотнішим, що призводить до відсутності снігових запасів і, відповідно, до зменшення весняного стоку. Коливання рівнів води відбувалось за рахунок випадіння опадів та зарегульованості річок Південний Буг, Синюха, Інгулець. Амплітуда підйому рівнів води на постах становила 0,07–1,12 м з врахуванням роботи ГЕС. У 2025 році весняне водопілля було слабо вираженим, а в літньо-осінній період зафіксовано маловоддя з водністю менше 20 % від норми [2, 3].

Низька водність спричиняє замулення русел, заростання очеретом, пересихання малих річок і ставків. Це створює умови для застійних явищ, цвітіння води та погіршення санітарно-епідеміологічного стану водойм. Водночас річки активно використовуються для питного, промислового та сільськогосподарського водопостачання, що посилює їхнє навантаження.

Однією з головних проблем є забруднення поверхневих вод стічними водами. У 2024 році в області було скинуто понад 56 млн м³ зворотних вод,

з яких майже третина – забруднені. Основними забруднювачами залишаються комунальні підприємства, очисні споруди яких часто працюють із перевищенням нормативів [4]. Додатковим джерелом забруднення є скид високомінералізованих шахтних вод Кривбасу до річки Інгулець, що погіршує якість води не лише для зрошення, а й для питного водопостачання [5].

Ще одним вагомим чинником деградації водних екосистем Миколаївської області є надмірна зарегульованість річкової мережі. За результатами інвентаризації водних об'єктів, на території області нараховується 1194 штучні водойми, серед яких 44 водосховища та 1150 ставків. Більшість із них створені у 1960–1970-х роках, переважно як елементи меліоративної та сільськогосподарської інфраструктури. Водночас їхній сучасний технічний стан є незадовільним: із 1191 облікованої греблі або дамби 981 одиниця (82,4 %) залишаються безхазайними, що унеможливорює їхнє належне утримання та контроль за експлуатацією.

Особливо проблемним є той факт, що 877 водойм (73 % від загальної кількості) мають глухі греблі, які не забезпечують регулювання стоку. Лише 317 водойм (26,5 %) обладнані спорудами, що дозволяють здійснювати контрольований скид води. Це призводить до порушення природного гідрологічного режиму річок, зменшення проточності та посилення процесів замулення. Більшість ставків мають площу водного дзеркала до 5 га та глибину 0,5–1,5 м, що сприяє їхньому швидкому прогріванню, заростанню вищою водною рослинністю та втраті водоутримуючої здатності.

Крім того, значна частина ставків нині перебуває у стані часткового або повного пересихання. Це зумовлено як низькою водністю річок упродовж останніх років, так і зміною режиму зрошення: у минулому багато ставків поповнювалися за рахунок скидів води із зрошувальних каналів у зимово-осінній період, однак нині такі практики майже припинені. У результаті водні об'єкти втрачають свою екологічну та господарську функціональність, а річкові системи зазнають додаткового навантаження через фрагментацію течії та зниження природної водності.

Сільське господарство залишається одним із найпотужніших чинників антропогенного тиску на водні ресурси Миколаївської області. Інтенсивне розорювання земель, зокрема прибережних захисних смуг і заплав, призводить до руйнування природних буферних зон, які відіграють ключову роль у фільтрації поверхневого стоку та затриманні забруднюючих речовин. За даними регіональних екологічних спостережень, у багатьох громадах області розорювання здійснюється без дотримання вимог Водного кодексу

України [6], що створює умови для прямого надходження змитого ґрунту та агрохімікатів у водні об'єкти.

Особливо небезпечним є застосування мінеральних добрив і пестицидів без урахування агроекологічних норм. У періоди інтенсивних опадів значна частина нітратів і фосфатів вимивається з орних земель і потрапляє у річки та ставки. Це зумовлює підвищення концентрації біогенних елементів у воді, що перевищує гранично допустимі норми у 1,5–2 рази, спричиняючи процеси евтрофікації. У результаті відбувається масове «цвітіння» води, зниження вмісту розчиненого кисню та деградація іхтіофауни.

Додатковим фактором є ерозійні процеси на схилах долин і водозбірних площ. Під час літніх злив у річки потрапляють значні обсяги змитого ґрунту: за оцінками фахівців, щороку з одного гектара розораних схилів може змиватися від 10 до 20 тонн ґрунту. Це призводить до швидкого замулення русел, зменшення їхньої проточності та погіршення санітарно-епідеміологічного стану водних об'єктів.

Більшість річок в області, у зв'язку з тим, що замулені та заболочені, потребують проведення робіт з розчистки русел, впровадження заходів щодо відновлення їх природної водності та поліпшення санітарно-епідеміологічного стану [7–9].

Очевидно, що розчищення русел річок без усунення першопричин їхнього замулення не дає довгострокового ефекту. Тому стратегія відновлення водних об'єктів має ґрунтуватися на інтегрованому управлінні водними ресурсами. Вона повинна поєднувати модернізацію очисних споруд, впровадження замкнутих систем водоспоживання, відновлення природної рослинності у заплавах і на водозбірних площах, а також поступову ліквідацію застарілих гідротехнічних споруд.

Основною стратегією покращення водності та боротьби із замуленням русел річок насамперед має бути раціональне ведення сільського господарства, відновлення та збереження у заплавах, на схилах долин і на водозбірних площах річкових басейнів чагарниково-деревної та лучно-степової природної рослинності, широке і своєчасне втілення комплексних проти-ерозійних і водоохоронних заходів, зменшення зарегульованості річок, оптимізації структури площ сільськогосподарських угідь за рахунок ревіталізації (відновлення) русел малих річок та струмків, встановлення водоохоронних зон та прибережних захисних смуг, що в цілому забезпечували б нормальне функціонування екосистеми водозбору [10–12].

З метою досягнення доброго екологічного стану масивів поверхневих та підземних вод, а також доброго екологічного потенціалу штучних або

істотно змінених масивів поверхневих вод необхідно забезпечити виконання наступних заходів спрямованих на вирішення головних водно-екологічних проблем на території Миколаївської області:

1. Будівництво нових, реконструкція та модернізація діючих очисних споруд каналізації комунальних та промислових підприємств з метою недопущення забруднення водних об'єктів області органічними, біогенними та небезпечними речовинами, які погіршують якість води, спричиняють евтрофікацію вод та інші негативні наслідки.

2. Створення суб'єктами господарювання комплексів безстічних і замкнутих систем водоспоживання, запровадження підприємствами питного водопостачання та централізованого водовідведення водооборотних циклів та повторного використання нормативно очищених вод та дощових вод (після очищення) для технічних потреб.

3. Будівництво очисних споруд дощової каналізації в місті Миколаєві та інших населених пунктів області.

4. Встановлення уловлюючих решіток на усіх видах зливової каналізації, не обладнаних системами попереднього очищення.

5. Запровадження систем попереднього (локального) очищення на суб'єктах господарювання, в установах та організаціях, що здійснюють скидання забруднюючих речовин у складі стічних вод у міські системи централізованого водовідведення; впровадження біогазових установок у процесі очищення міських і промислових стічних вод, а також відходів, виробниками яких є сільськогосподарські підприємства.

6. Запобігання забрудненню із сільськогосподарських джерел шляхом затвердження (визначення) зон, уразливих до накопичення нітратів; правил щодо забезпечення родючості ґрунтів і застосування окремих агрохімікатів; плану заходів щодо поетапного зниження рівня забруднення поверхневих та підземних вод нітратами із сільськогосподарських джерел, зокрема зон, уразливих до (накопичення) нітратів; обов'язкових планів заходів для всіх сільськогосподарських виробників, які працюють у зонах, уразливих до накопичення нітратів сільськогосподарського походження.

7. Здійснення комплексних заходів екологічного оздоровлення та ревіталізації (відновлення) річок та струмків області з метою збереження їх водності та охорони від забруднення, засмічення: очищення русла річок, роздамбування, заліснення берегів, берегоукріплення, ліквідація несанкціонованих сміттєзвалищ, несанкціонованих скидів стічних вод, благоустрій пляжних зон та прибережних захисних смуг тощо.

8. Відновлення гідроморфологічного стану водних екосистем та заплавлених земель шляхом відновлення безперервності течії, поліпшення проточності, попередження та ліквідація замулення водойм, поступова ліквідація гребель, ставків, строк експлуатації яких завершився; інвентаризації існуючих гідротехнічних споруд, їх відновлення, ремонту, модернізації або демонтажу.

9. Винесення в натуру прибережних захисних смуг та водоохоронних зон, дотримання режиму їх охорони; забезпечення відновлення та належного облаштування водоохоронних зон, у тому числі шляхом їх залуження та заліснення; запровадження системи заходів із запобігання розвитку ерозійно-гідрологічних процесів.

10. Створення на суспільному телебаченні цільових програм, соціальної реклами та роликів, спрямованих на роз'яснення прав і ролі кожної людини в охороні природних водних екосистем, з метою формування небайдужого ставлення до нагальних екологічних проблем і боротьби з порушенням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища.

11. Проведення постійних інформаційних заходів з метою підвищення екологічної освіти у частині ощадливого використання та охорони від забруднення водних об'єктів.

Висновки:

1. Проведений аналіз свідчить, що водні ресурси Миколаївської області перебувають у критичному стані під впливом поєднання кліматичних та антропогенних чинників. Зарегульованість річок у Миколаївській області є системною проблемою. Вона не лише знижує стійкість водних екосистем до кліматичних змін, але й ускладнює реалізацію заходів з відновлення природного гідрологічного режиму. Подолання цієї проблеми потребує інвентаризації та паспортизації гідротехнічних споруд, визначення об'єктів, що підлягають модернізації або демонтажу, а також передачі безхазайних гребель у власність територіальних громад для забезпечення їхнього належного утримання.

2. Екстенсивне сільськогосподарське використання земель не лише знижує якість води, але й прискорює деградацію річкових екосистем. Подолання цієї проблеми потребує впровадження ґрунтозахисних технологій, суворого дотримання режиму прибережних захисних смуг, оптимізації структури посівних площ та переходу до екологічно орієнтованих систем землекористування.

3. Комплексний підхід до відновлення водних об'єктів передбачає поєднання технічних, екологічних та управлінських рішень, підкріплених кількісними орієнтирами. Реалізація таких заходів дозволить не лише зменшити обсяги забруднених скидів і втрати водності, але й відновити природні механізми саморегуляції річкових екосистем, що є ключовою умовою для досягнення доброго екологічного стану вод відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Письменний С. М., Грищенко А. В., Туз Р. В. (2018). Водний фонд Миколаївської області: довідкове видання третє. Миколаїв: ФОП Швець В. М. 167 с.

[2] Оперативна інформація Українського гідрометеорологічного центру про водність основних річок України. Український гідрометеорологічний центр (УкрГМЦ). Інформаційна довідка № 161 від 02.10.2025 р.

[3] Оперативна інформація Миколаївського обласного центру з гідрометеорології про проходження весняного водопілля 2025 року. Миколаївський ЦГМ. Інформаційна довідка № 9913-1-571/9913 03 від 16.04.2025 р.

[4] Дані державного обліку водокористування за формою № 2ТП – водгосп (річна). Державне агентство водних ресурсів України. Взято з <https://e-services.davr.gov.ua/>

[5] Регіональна доповідь про стан навколишнього природно середовища в Миколаївській області у 2024 році. Управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної державної адміністрації. Миколаїв. Взято з <https://ecolog.mk.gov.ua/ua/ecoreports/regionalreport/>

[6] Водний кодекс України: прийнятий Верхов. Радою України від 06.06. 1995 р. № 213/95-ВР. *Відом. Верхов. Ради України*. 1995.

[7] План управління річковим басейном Дніпра на 2025–2030 роки. Затверджено розпорядженнями Кабінету Міністрів України від 1 листопада 2024 року . № 1077-р. Взято з <https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-dnipra1>

[8] План управління річковим басейном Південного Бугу на 2025–2030 роки. Затверджено розпорядженнями Кабінету Міністрів України від 1 листопада 2024 року. № 1078-р. Взято з <https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-pivdenного-bugu>

[9] План управління річковим басейном річок Причорномор'я на 2025–2030 роки. Затверджено розпорядженнями Кабінету Міністрів

України від 1 листопада 2024 року. № 1079-р. Взято з <https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-richok-prichornomorya1>

[10] Водна стратегія України на період до 2050 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 9 грудня 2022 року. № 1134-р. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>

[11] Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-p#Text>

[12] Туз Р. В. (2021). Основні принципи охорони та відновлення малих річок Миколаївської області. *Організація та забезпечення благоустрою сучасного міста як умова створення сприятливого для життєдіяльності людини довкілля* : матеріали XIV Миколаївських міських екологічних читань «Збережемо для нащадків». Миколаїв : ФОП Румянцева Г. В. 72 с.

Magas N., Tuz R.

***Development of Measures for the Protection and Restoration
of Water Bodies in the Mykolaiv Region***

UDC 502.131.1:658.567:504.06(477)

**BIODIVERSITY CERTIFICATION FOR SUSTAINABLE
POST-WAR RECOVERY IN UKRAINE**

Yelizaveta Chernysh, DSc., Assoc Prof.^{1,2*}, Iryna Ablieieva, DSc., Assoc Prof.¹,
Yevhen Bataltsev, PhD, Senior Lecturer¹

¹Sumy State University, Sumy; ²Czech University of Life Sciences Prague,

¹Ukraine, Sumy; ²Czech Republic, Prague

y.chernysh@ecolog.sumdu.edu.ua*; i.ableyeva@ecolog.sumdu.edu.ua;

bataltsev@ecolog.sumdu.edu.ua

Biodiversity certification applies to both urban and rural areas, especially where strategic land use planning is underway. However, there is a significant impact of forestry certification for the development of sustainable climate policies. Before the war Ukraine had a big biodiversity potential. Early consideration of biodiversity in planning helps minimize negative impacts and protect ecosystems from future development.

This study examines the environmental consequences of war and recommends applying biodiversity certification to Ukraine's post-war recovery.

Military activities exert profound and multifaceted impacts on ecosystems. Explosive detonations release substantial quantities of greenhouse gases, while sulfur and nitrogen oxides emitted during combustion processes contribute to acid precipitation, resulting in soil acidification and damage to vegetation and wildlife habitats. Metal residues and fragments from ammunition contaminate soils and groundwater, subsequently entering trophic chains and posing long-term ecological risks. Furthermore, the burning of military equipment and fuel leakage exacerbate soil degradation and disrupt key biochemical cycles, ultimately impeding plant growth and ecosystem resilience.

Post-war monitoring of environmental damage is crucial, yet data from conflict zones is scarce. Biodiversity certification can guide land management strategies, helping assess and restore ecosystems (Ostapchuk et al., 2024). Developing certification-based assessment mechanisms will support Ukraine's sustainable recovery.

Importance of biodiversity certification:

- Sustainable forest management: certification can support sustainable forest management by promoting practices that are close-to-nature and involve local communities. This approach is crucial for leveraging digital tools and innovations for climate-resilient management, as suggested in the pathways for Ukraine's forest recovery (Melnykovych et al., 2025).
- Ecologically safe nature management: certification can guide the development of ecologically safe nature management systems, ensuring the effective use, protection, and reproduction of natural resources. This is essential for achieving European standards and aligning with the European Green Deal (Levkovska et al., 2024).

In this context, biodiversity certification emerges as a vital mechanism for promoting Ukraine's sustainable post-war recovery. It ensures that environmental restoration initiatives comply with international standards and foster ecological stability. By standardizing the rehabilitation of forests, rivers, and degraded lands, biodiversity certification supports the implementation of ecologically sound and sustainable restoration practices. This approach aligns with Ukraine's strategic priorities for environmental modernization and adaptation to European Union standards, as outlined in recent national recovery frameworks (Khvesyk & Ilina, 2023).

The implementation of biodiversity certification in post-war Ukraine entails addressing complex socio-economic risks and governance challenges. Effective coordination among governmental institutions, local communities, and

international partners is essential to ensure transparent decision-making, equitable resource distribution, and long-term success of ecosystem restoration initiatives (Shevchuk et al., 2023).

Integrating ecosystem accounting into the biodiversity certification framework can provide a comprehensive basis for evaluating ecosystem functions and services. Such integration supports evidence-based economic planning and enables decision-makers to account for the value of natural capital in recovery and development strategies (Ostapchuk et al., 2024).

Thus, the implementation of the biodiversity certification framework requires a strong institutional framework (Fig. 1).

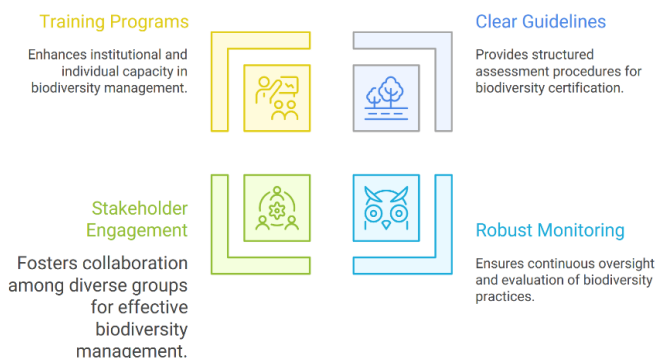


Figure 1. Strengthening biodiversity certification

Biodiversity certification offers a valuable tool for promoting sustainable post-war recovery in Ukraine. By establishing clear standards, providing incentives for compliance, and fostering collaboration among stakeholders, certification can help ensure that reconstruction efforts contribute to biodiversity conservation, ecological restoration, and long-term environmental sustainability. The proposed framework provides a roadmap for developing and implementing a robust biodiversity certification system that supports Ukraine's transition to a green and resilient future.

Acknowledgment: This project has received funding through the Jean Monnet module "Bioenergy Innovations in Waste Management: European experience in implementing a circular economy" (BIOINWASTE) of the EU Erasmus+ program under grant agreement No. 101085172 (2023–2025).

Disclaimer: Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the

European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

REFERENCES

[1] Khvesyuk, M., & Ilina, M. (2023). After-the-war recovery of the environment of Ukraine: the vision and provision. *Business, Economics, Sustainability, Leadership and Innovation*. <https://doi.org/10.37659/2663-5070-2023-10-30-36>

[2] Melnykovych, M., Nijnik, M., Soshenskyi, O., Zibtsev, S., Lobchenko, G., Sarkki, S., Voloshyna, N., Soloviy, I., Kravets, P., Khan, Y., Yaroshchuk, R., Keeton, W. S., Rosset, C., Pauli, B., García, C., & Waeber, P. O. (2025). *Pathways for Ukraine's Post-War Recovery: Forest Socio-Ecological System in the Focus*. <https://doi.org/10.20944/preprints202502.1736.v1>

[3] Levkovska, L., Shpyliova, Y., & Omelchenko, A. (2024). Conceptual Principles of the Development of Ecologically Safe Nature Use in the Post-War Reconstruction Period of Ukraine. *Business Inform*, 5 (556), 87–96. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-5-87-96>

[4] Shevchuk, O., Rochshyna, N., Lazarenko, I., & Stets, O. (2023). *Towards a sustainable future: overcoming the challenges of post-war ecosystem reconstruction in Ukraine*. 1269. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1269/1/012018>

[5] Ostapchuk, S., Tsaruk, N., & Воляк, Л. (2024). Ecosystem accounting as a component of managing Ukraine's recovery on the basis of sustainable development. *Problemi Teorii Ta Metodologii Buhgalters'kogo Obliku, Kontrolu i Analizu*, 2 (58), 50–57. [https://doi.org/10.26642/pbo-2024-2\(58\)-50-57](https://doi.org/10.26642/pbo-2024-2(58)-50-57)

Chernysh Ye., Ablieieva I., Bataltsev Ye.

Biodiversity certification for sustainable post-war recovery in Ukraine

УДК 595.18(477)

ЕКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДЕСТРУКЦІЇ БЕРЕГІВ ГИРЛОВОЇ ЧАСТИНИ БУЗЬКОГО ЛИМАНУ

Наконечний І. В., д.б.н., професор; Якушова А. В., магістрант
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

Одними з найбільш екологічно вразливих ділянок Суходолу є морські та річкові береги, які постійно піддаються потужному впливу природних процесів різної природи, закономірних для загально-планетарних геологічних перетворень[1]. Водночас, берегові ділянки, володіючи значним біорізноманіттям та полізональною структурою біотичних комплексів, украй чутливі до природних і антропогенних трансформуючих чинників [2].

Однією з подібних ділянок є гирлова частина Південного Бугу, береги якої відрізняє кліфова будова схилів. Вони піддаються впливу абразії та ерозійної руйнації, темпи якої досить значні. Наслідком її прояву є загроза населеним пунктам і під'їздом комунікаціям та зростання площ критичного мілководдя. Завдяки останньому посилюються непродуктивні втрати перегрітої води через випаровування і нівелюються умови нерестового середовища для риби [3]. Відповідно, метою дослідження стало вивчення процесу руйнації берегів з подальшою розробкою екологічно-раціональних шляхів берегоукріплення.

Об'єктом дослідження слугувала кінцева частина Бузького лиману (рис. 1), яка володіючи високими кліфовими берегами, найбільш уразлива до абразійної деградації.

Матеріалом слугували результати власних досліджень, виконаних на берегових схилах гирлової частини Бузького лиману. Польовий оглядовий матеріал зібраний впродовж 2024–2025 рр. Також використовували літературні матеріали, звіти організацій і установ щодо питань деградації берегів і екологічної оцінки Бузького лиману. Враховуючи особливості географічного розташування Бузького лиману та його взаємозалежність з морським басейном опрацьовували та критично аналізували значний обсяг даних щодо палеоекології, геології та гідрогеографії Північно-Західного Причорномор'я [5; 6].

Методи досліджень поєднували метод польових досліджень берегових схилів; методи порівняльного аналізу даних; методи ретроспективної реконструкції первинного поселення Парутине (Ільїнське); методи загально-статистичних аналізів та спеціальні методики кореляційного аналізу [7].

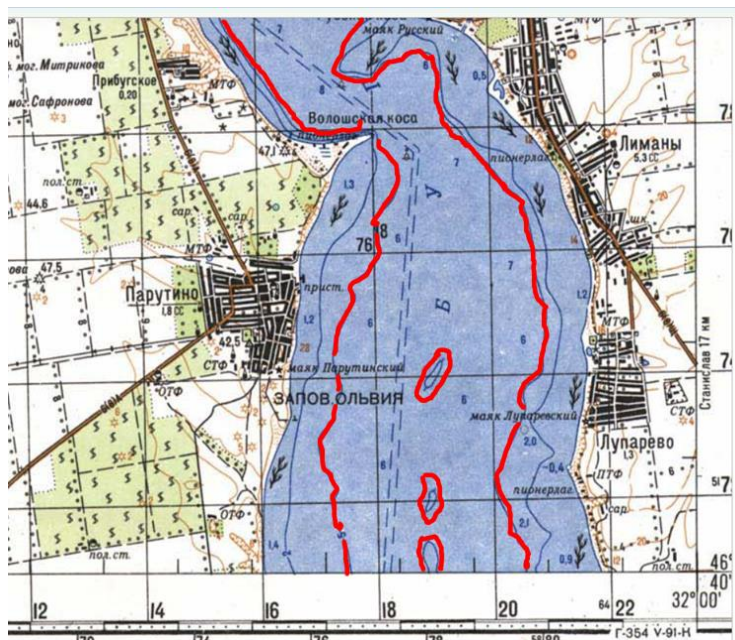


Рис. 1. Передгірлова частина Бузького лиману в 1987 році,
на основі [4]

Розгляд картографічних матеріалів різних років демонструє існування доволі широкої, місцями до 500 м смуги мілководдя з глибинам до 1,3–1,3 м. Остання є відносно новітнім утворенням, сформованим за рахунок обвалу та розмиву берегової лінії лиману впродовж останньої тисячі років, тобто з часу розвитку останньої трансгресії морського басейну і підняття рівня лиману [7]. Судячи з глибин мілководдя і товщі наносів, орієнтовне підняття рівня склало не менш 2 м. Вся ця сучасна зона мілководдя влітку суцільно заростає куширем, який формують макрофіти – представники родини *Ceratophyllum* з плаваючими верхівками, іноді з домішками вищої водної рослинності, такими як кушир занурений *Ceratophyllum demersum*, рдесник кучерявий *Potamogeton crispus* тощо.

Від смуги мілководдя в сторону фарватеру простягається смуга відносного мілководдя з глибинам від 1,3 до 4,0–4,5 м, яка загалом вільна від куширів і завершується бровкою зі стрімким перепадом глибин ще на 2–3 м. Саме ця лінія бровки давнього русла (рис. 1) окреслена червоною лінією, яка демонструє обриси первинного русла річки. Таким чином, сучасна смуга відновного мілководдя – це затоплена заплава лиману, яким

він був 1100 років тому за тогочасним базисом ерозії (на мінус 2,0–2,5 м нижчим за сучасний). Саме новоутворена абразійна смуга, ширина якої (300–500 м) й демонструє межі руйнації берегів за останню тисячу років. Розрахункова оцінка темпів абразійної руйнації берегів орієнтовно складає 0,3–0,5 м/рік, що в цілому співпадає з сучасними оцінками руйнації за останні 25–30 років. При цьому темпи руйнації правого берега дещо більші, ніж лівого, що й закономірно, враховуючи сумачію дії на правий берег абразії та сил Кореолісу. Подібні явища характерні й для правого берега Дніпровського лиману в районі мису Станіслав, де простежується лінія абразійної руйнації берегового схилу, вплив якої, поєднуючись з явищами гравітаційного обвалювання, формує вертикальні кліфи на висоті 5,3–5,5 м.

Обстежуючи береги гирлової ділянки Бузького лиману також було відмічено й певні відмінності в структурі кліфів уздовж схилів правого і лівого берегу. Різниця досить відчутна і полягає в ступеневій структурі руйнування правого берега, що свідчить про обвальню-абразійну природу їх деструкції. Так, ділянки правого берега на північній околиці села Парутинемають добре помітні лінії розриву поверхнів місцях майбутніх обвалів та формування двоступеневої структури берегового схилу. Утворена внаслідок обвалів берегової кромки нижня, або друга ступінь вторинно-берегового накопичення також проявляє з часом вторинні тріщини, уздовж яких відбувається вторинний етап руйнації дестабілізованого берегового схилу (лінія вторинного розлому другої ступені позначена вказівками жовтого кольору). Обвалені ґрунти нижнього ступеню падають на лінію тимчасового пляжу, піддаються розмиву хвилями і поступово нормалізують похил прибережної частини схилу в межах 40–35°, тимчасово стабілізуючи місце ступеневої руйнації.

Ділянка абразійного поглинання обваленого берегового ґрунту спричиняє і формує рух зони мілководдя в сторону берега, розширюючи її до наступного циклу – тріщинно-вертикальної деструкції кромки з наступним обваленням та утворенням нижньої ступені схилу. Тривалість такого переривчастого руху неоднакова і визначається хвилевим режимом лиману та можливо мінливим потенціалом тиску сповзання берегового схилу. Використовуючи в якості репера польову дорогу на Волоську Косу і до меж якої вже підбирається кромка руйнації берегового схилу, можливо оцінити темпи його деструкції. В 2003 році вона була розташована за 40–50 м від кромки схилу і піддана трасуванню шляхом засипання вапняковим щебенем. Далі до кромки правого кліфу існувала ще одна польова дорога, уздовж якої була збудована лінія ЛЕП. Нині від первинної

польової дороги і лінії ЛЕП не залишилось жодного сліду навіть на нижніх ступенях берегового схилу. Відповідно, орієнтуючись на вказані відстані та лінії сучасних розломів темпи руйнації берегової кромки можливо оцінити в 45 м/23 роки, тобто у величинах, близьких до вище наведених. Загальну площу зруйнованої ділянки берега за ці ж роки оцінено в 3,7 га.

Висновки:

1. Обстеження лівого берега гирлової частини Бузького лиману свідчить, що процеси руйнації схилів значно інші і в певній мірі більш типові для суто кліфово-абразійного типу деструкції берегової смуги. Особливості її деструкції зумовлені суто вертикально-кліфовим характером берега, який руйнується під впливом абразії. Темпи хвилевої руйнації лівого берега чітко коригують з його висотою.

2. Узагальнення матеріалів досліджень дозволяють оцінити обсяги руйнації берегів гирлової частини Бузького лиману в середньому на рівні 0,32 м/рік для правого схилу і до 0,20 м/рік для лівого, що супроводжується втратами сільськогосподарських угідь, доріг, загрозами обвалів прилиманських ділянок населених пунктів, збільшенням площ мілководдя, перегріванням водойми та прогресуючими втратами через випаровування;

3. Деталізація наявних геоморфологічних умов функціонування гідроморфного комплексу гирлової частини Бузького лиману свідчить, що ключовим чинником деструкції берегів є фактор абразії, стимульований процесами довготривалої трансгресії Чорного моря. Відповідно, локалізація заходів протидії руйнації берегів повинна концентруватись не на берегоукріпленнях, а на протиабразійних техногенних засобах із відповідним даному деструктору еколого-раціональним механізмом нівеляції його руйнівної дії.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Адаменко О., Ковальчук І., Рудько Г. (2000). Екологічна геоморфологія. ІФ : Факел. 411 с.
- [2] Архипова Л. М. (2011). Природно-техногенна безпека гідроєко-систем. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. 355 с.
- [3] Боярин М. В., Нетробчук І. М. (2016). Основи гідроєкології: теорія й практика. За ред. А. Н. Некоса. Луцьк : Вежа-Друк. 365 с.
- [4] Фрагмент карти Генштабу СРСР 1987 року. Лист А30. Геосайт «Старі карти України». <https://freemap.com.ua/>
- [5] Бруяко І. В., Карпов В. О. (1992). Давня географія і коливання рівня моря (на прикладі північно-західної частини Чорноморського басейну в античну епоху). *Вісник древньої історії*. № 2. С. 87–97.

[6] Крижицький С. Д., Буйських С. Б., Отрешко В. М. (1990). Античні поселення Нижнього Побужжя (Археологічна карта). Київ : Наук. думка. 136 с.

[7] Гринь Г. І., Мохонько В. І., Суворін О. В. та ін. (2019). Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Сєверодонецьк : вид-во СНУ ім. В. Даля. 420 с.

[8] Коніков Є. Г., Педан Г. С., Фашевський С. М. (2006). Реконструкція рівня і міграції берегової лінії Чорного моря у новоевксині й голоцені в світлі дискусії про «катастрофічний потоп». *Вісник ОНУ*. Т. 11 (3). С. 196–206.

Nakonechnyi I., Yakushova A.

***Ecological and Geomorphological Foundations of Destruction of the Banks
of the Estuary Part of the Bug Estuary***

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ В УКРАЇНІ

УДК 551.49

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ГІДРОЛОГІЧНІ І ПОВ'ЯЗАНІ З НИМИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ В МОРСЬКИХ АКВАТОРІЯХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

Тучковенко Ю. С., д.геогр.н., професор^{1,2}, Торгонський В. І.²

¹Інститут морської біології НАН України;

²Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Україна, Одеса

tuch2001@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3275-9065

Четвертий рік триває активна фаза військової агресії російської федерації проти України. За цей час з'явилась ціла низка спільних робіт українських і зарубіжних вчених, в яких розглядаються різні аспекти впливу воєнних дій на складові довкілля України [1–3]. У відношенні до морського середовища, основна увага у таких дослідженнях приділяється насамперед забрудненню морських вод, погіршенню їх якості і втраті природних біоресурсів. Однак у багатьох випадках в основі цих негативних для морських екосистем змін лежать гідрологічні процеси.

Гідрофізичні і гідродинамічні процеси, які відбуваються у морському середовищі, формують той абіотичний фон, на якому розвиваються гідроекологічні екосистемні процеси хімічної і біологічної природи. Вони відповідальні за перерозподіл у тривимірному просторі протягом часу енергії, гідрохімічних і біологічних характеристик морських екосистем, оскільки визначають інтенсивність просторового (по вертикалі та горизонталі) масообміну, в результаті процесів адвективного переносу, турбулентного змішування і розсіювання.

Мета цього дослідження полягає у розгляді деяких аспектів впливу воєнних дій на формування гідроекологічних умов, які визначають поточний стан екосистеми і якість її вод, в морських акваторіях північно-західної частини Чорного моря (ПнЗЧМ), з точки зору їх зв'язку зі зміною океанографічних (гідрологічних умов). Така постановка задачі є актуальною, оскільки для ефективного усунення негативних для морських екосистем наслідків воєнних дій і планування відновлення природних

ресурсів цих екосистем, необхідно правильно розуміти істотну першопричину цих змін.

Найбільш значний вплив на океанографічні умови в Чорному морі надало руйнування греблі Каховського водосховища, розташованого на р. Дніпро, внаслідок її підриву російськими окупаційними військами вночі 6 червня 2023 року. Внаслідок цього, протягом наступних двох тижнів у море надійшло $16,4 \text{ км}^3$ води [4], що відповідає близько 40 % річного стоку р. Дніпро. Станом на ранок 8 червня рівень води в пониззі Дніпра за даними гідрологічного посту «Херсон» підвищився на 5,37 метрів, порівняно з рівнем 5 червня, через що у період з 6 по 9 червня було затоплено понад 600 км^2 території. Разом з паводковим потоком, інтенсивність якого після руйнування дамби досягала $24\,500\text{--}29\,000 \text{ м}^3\cdot\text{с}^{-1}$ [4], в море надійшла велика кількість різнотипних забруднювальних речовин, які містилися у воді і донних відкладах Каховського водосховища, Нижнього Дніпра.

Просторові масштаби і рівень забруднення морського середовища ПнЗЧМ в результаті залпового надходження великих обсягів забруднених перехідних вод з Дніпровсько-Бузького лиману внаслідок руйнування греблі Каховського водосховища, визначались особливостями циркуляції вод. В перші дні після надходження до моря забруднених трансформованих вод річки Дніпро, характер циркуляції вод в північній частині ПнЗЧМ визначався стоковими градієнтними течіями, які потім змінилися на вітрові течії в Одеському районі і над Одеською банкою, а південніше – на меандруючий потік градієнтних густинних течій [5, 6].

В роботі [6] на підставі аналізу результатів чисельного математичного моделювання було визначено, що в перші дні після руйнування греблі Каховського водосховища поширення розпріснених і забруднених перехідних вод з Дніпровсько-Бузького лиману відбувалось в Дніпровсько-Бузькому районі ПнЗЧМ в межах усієї товщі шару вод від поверхні до 15–20 м, а не тільки тонкого приповерхневого шару глибиною до 5 м, як це зазвичай відбувається в період природних паводків та повіней. Отже було нетиповим. До середини червня потік забруднених перехідних вод із солоністю 4–6 ‰ у північного узбережжя ПнЗЧМ та над Одеською банкою охоплював всю водну товщу від поверхні до дна. Цьому сприяли надвеликі обсяги надходження трансформованих річкових вод Дніпра протягом короткого часу, внаслідок руйнування греблі, а також спричинені цим інтенсивні градієнтні течії і перемішування, зумовлене просторовими градієнтами швидкості генерованих течій. Отже, трансформовані річкові води, з високим рівнем вмісту забруднювальних речовин, контактували не тільки з

планктонними організмами у товщі води, але й з бентосними організмами і донними відкладами на ділянках акваторії Дніпровсько-Бузького району ПнЗЧМ з глибинами до 15 метрів. Внаслідок цього вони могли негативно впливати на умови існування бентосних організмів, викликати їх пригнічення або загибель, а також призвести до акумуляції забруднювальних речовин в донних відкладах внаслідок адсорбції та біоакумуляції.

З іншого боку, ширина шлейфу розпріснених вод і, відповідно, його площа, у придонному шарі закономірно була меншою, ніж у поверхневому. Найбільші вертикальні градієнти солоності і вмісту забруднювальних речовин сформувались південніше Одеської банки. Розмивання шлейфу опріснених вод в придонному шарі відбувалося значно інтенсивніше, ніж в поверхневих водах.

У [7, 8] відзначалось, що частина забруднювальних речовин, які надійшли з екстремальним паводковим стоком Дніпра в червні 2023 року, була акумульована в донних відкладах ПнЗЧМ в результаті процесів сорбції, гідролізу, гравітаційного осадження, які зумовили перехід їх з водної товщі в донні осади. Цей запас може поповнюватися у подальшому за рахунок змиву дрібних частинок забруднених раніше донних відкладів з осушених після руйнування дамби ділянок дна Каховського водосховища та Нижнього Дніпра в період весняного водопілля та природних паводків, інтенсивність яких збільшиться через відсутність водосховища [1]. У період штормів або інтенсифікації градієнтних течій, пов'язаних з проходженням хвиль паводків, забруднювальні речовини токсичної дії, акумульовані в донних відкладах, можуть повертатися у водну товщу в результаті їх ресуспендування і, таким чином, призводити до вторинного забруднення морських вод. Зони акумуляції алохтонного детриту можуть сприяти розвитку явища цвітіння водоростей, а також виникненню гіпоксії та аноксії у придонному шарі вод у теплий період року.

Руйнування дамби Каховського водосховища має не тільки короткострокові, а й довгострокові наслідки впливу на гідрологічні і гідроекологічні умови в ПнЗЧМ. Насамперед, вони полягають у збільшенні об'ємів надходження трансформованих річкових вод з Дніпровсько-Бузького лиману до моря, а також у перерозподілі їх по місяцях року за відсутності регулювання стоку Каховським водосховищем.

У роботі [9] наведені оцінки середнього річного стоку Дніпра у 2023 році у створі колишньої Каховської ГЕС у двох варіантах: за наявності греблі Каховської ГЕС (без підриву) та реального стоку після руйнування греблі. Відзначається, що через перетворення водосховища з

великою площею водної поверхні на річку відбулося значне зменшення витрат води на випаровування, одночасно зі зменшенням надходження води на водне дзеркало водосховища з атмосферними опадами. Також, майже в три рази зменшились фільтраційні втрати води в ложе водосховища і був припинений забір води в господарчих цілях (для промислового і сільськогосподарського виробництва, водозабезпечення і водовідведення). В результаті, збільшення стоку Дніпра у створі колишньої Каховської ГЕС оцінено щонайменше у 10 %. Така ж оцінка збільшення стоку Нижнього Дніпра наведена в [10].

Каховське водосховище виконувало функцію регулювання внутрішньорічного надходження стоку Дніпра до Дніпровсько-Бузького лиману і, відповідно, до моря. В період весняної повені воно наповнювалось водою, зменшуючи надходження річкових вод до моря, а в період літньої межені, навпаки, за рахунок скиду накопиченої у водосховищі води, забезпечувало екологічні попуски води до гирлової ділянки Дніпра і Дніпровського лиману з метою запобігання погіршенню якості води в них шляхом балансування процесів самозабруднення і самоочищення.

Зміни реальних середньомісячних витрат Каховської ГЕС по місяцях за період 1956–2020 років та обчислених витрат у 2023 році приведені в [9]. У цьому ж джерелі приведений графік змін по місяцях року середніх добових витрат води р.Дніпро, спостережених на посту Берислав у 1952 році (тобто до створення Каховського водосховища). На підставі аналізу цих гідрографів можна прогнозувати, що відсутність Каховського водосховища призведе до посилення негативного впливу стоку трансформованих річкових вод на якість морських вод в Дніпровсько-Бузькому і, зокрема, Одеському районах північно-західної частини Чорного моря у період весняного водопілля на Дніпрі, яке може проявлятися, зокрема, у збільшенні частоти і масштабів спалахів цвітіння водоростей в прибережній рекреаційній зоні моря, сприянні розвитку гіпоксії вод у придонному шарі акваторії, виникненню явища «задухи» і загибелі гідробіонтів. З іншого боку, зменшення витрат води в гирловій частині річки Дніпро в період літньої межені призведе до зменшення інтенсивності промивання Дніпровсько-Бузького лиману і, як наслідок, до посилення евтрофування його вод, цвітіння водоростей, збільшення частоти і масштабів виникнення зон гіпоксії і аноксії (у придонному шарі) влітку.

Також можна очікувати зростання інтрузії морських вод в Дніпровсько-Бузький лиман в період літньої та зимової меженей, що підвищує загрозу проникнення солоних вод у гирлові ділянки річок Дніпро і Південний Буг

на великі відстані до місць водозабору для водопостачання населених пунктів та зрошення сільськогосподарських угідь [11]. Пов'язане з цим загальне підвищення солоності води в лимані призведе до погіршення умов існування в ньому прісноводної флори і фауни.

Гідроекологічні умови в квазізакритих ліманах північно-західного Причорномор'я значною мірою визначаються наявністю і інтенсивністю водообміну з прилеглими відкритими морськими акваторіями [12].

У 2022–2023 рр. військові дії (обстріли, обмеження у доступі до прибережних територій) унеможливили проведення робіт з відновлення та підтримання функціонування у косі-пересипу Тузлівських лиманів штучних каналів-проранів, які забезпечують їх водообмін з морем. Внаслідок цього, відбулось осушування значної частини акваторії лиманів, зокрема, висихання внутрішніх заповідних озер названих на честь академіка Ювеналія Зайцева, загальне підвищення солоності вод лиманів. Окрім того, була відсутня можливість міграції з моря в лимани для нересту та нагулу риби, якою харчуються рибоїдні птахи, що мешкають на території Національного природного парку «Тузлівські лимани». Лише у листопаді-грудні 2023 року, після декількох штормів викликаних проходженням потужних циклонів, відбувся прорив піщаного пересипу і утворення природної прорви, через яку морська вода почала надходити до лиманів [13]

Через військові дії не проводились роботи із завершення реконструкції з'єднувального каналу «море-лиман» для Тилігульського лиману, запланованого на кінець 2022 року. В результаті цього відбувалося подальше замулення каналу наносами з боку моря і зменшення його пропускної здатності. Солоність води в лимані не зменшилась після реконструкції каналу. У квітні-травні 2015 р. вона змінювалась на акваторії лиману в межах 22,5–25,0 ‰, а в такі ж місяці 2025 р. дорівнювала 29,4 – 30,0 ‰. На тепер, для стабілізації гідроекологічного режиму лиману і запобігання його засоленню у багаторічній перспективі, знову необхідно проводити роботи з поглиблення каналу вартістю в десятки мільйонів гривень.

У травні 2023 року російські окупаційні сили, з метою використання природоохоронної території Національного парку «Джарилгацький» у військових цілях, з'єднали острів Джарилгач з окупованою материковою частиною Херсонської області поблизу селища Лазурне і створили з піску перехід на острів [14]. На острові окупанти облаштували військовий полігон. Протока між островом і узбережжям важлива для підтримання водообміну мілководної Джарилгацької затоки із відкритим морем. В цій мілкій частині Чорного моря сформувався рослинний і тваринний світ, який робить її

несхожою на інші куточки моря і навіть на сусідні води Каркінитської затоки. Закриття протоки може призвести до замулення і деградації екосистеми всієї затоки, де зустрічаються рідкісні види водоростей. Зарості бурої водорості цистозейри (*Gongolaria barbata*) разом із іншими підводними рослинами виконують роль нерестовища для різних риб, яких у водах Джарилгацької затоки понад пів сотні видів та підвидів. Затока є територією Смарагдової мережі, а також охороняється Рамсарською конвенцією про водно-болотні угіддя. В ній мешкають два види дельфінів – афаліни та білобочки, а також морська свиня, які входять до Червоної книги України. Перекриття протоки сприяє інтенсивному цвітінню фітопланктону, порушує процеси міграції риб, якими, зокрема, і харчуються водно-болотні птахи, і ставить під загрозу існування вказаних китоподібних затоки [15].

Висновки. В дослідженні узагальнені доступні на теперішній час відомості стосовно викликаних воєнними діями змінами гідрологічних умов, які, в свою чергу, призвели до зміни гідроекологічних умов в різних морських акваторіях ПнЗЧМ. Визначений короткостроковий та довгостроковий вплив на океанографічні умови в ПнЗЧМ руйнування греблі Каховської ГЕС у червні 2023 року. Зокрема, звертається увага на зміни в гідрографії стоку Дніпра і наслідки цього для екологічного стану вод Дніпровсько-Бузького і Одеського районів ПнЗЧМ. Узагальнені відомості щодо впливу військових дій на гідрологічний режим і гідроекологічні умови в квазізакритих лиманах північно-західного Причорномор'я. Цей вплив визначається, насамперед, змінами умов водообміну лиманів з відкритим морем і збільшенням дефіциту їх водного балансу.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., ... Hernández-Agüero, J. A., Gleick, P. (2023). Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*, 6 (5), 578–586.
- [2] Бондар О. Б., Мельник Є. Є., Погорелова О. М., Бицюра Л. О., & Головатюк Л. М. (2025). Аналіз результатів впливу військових дій на довкілля та інфраструктуру України. *Scientific Bulletin of UNFU*, 35 (1), 60–67. doi: 10.36930/40350108
- [3] EWEC. Ukraine War Environmental Consequences Work Group. <https://uwecworkgroup.info/uk/>
- [4] Shumilova O., Sukhodolov A., Osadcha N. et al. (2025) Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*, 387 (6739), 1181–1186. doi: 10.1126/science.adn8655.

[5] Тучковенко Ю. С., Кушнір Д. В., Овчарук В. А., Соколов А. В., Коморін В. М. (2023). Особливості розповсюдження в Чорному морі розпріснених і забруднених перехідних вод з Дніпровсько-Бузького лиману після руйнування греблі Каховського водосховища. *Український гідрометеорологічний журнал*, 32, 95–114. doi: 10.31481/uhmj.32.2023.07

[6] Тучковенко Ю. С., Кушнір Д. В., Торгонский А. В., Коморін В. М. (2024). Вплив руйнування греблі Каховського водосховища на океанографічні умови в північно-західній частині Чорного моря за результатами моделювання. *Український гідрометеорологічний журнал*, 33, 66–80. doi: 10.31481/uhmj.33.2024.05

[7] Тучковенко Ю. С., Степаненко С. М. (2023). Вплив руйнування греблі Каховської ГЕС на екологічний стан Одеського району Чорного моря. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*, 44, 71–80. doi: 10.32347/2524-0021.2023.44.71-80

[8] Dalin Jiang, Valeriy Khokhlov, Yurii Tuchkovenko, Dmytro Kushnir, Valeriya Ovcharuk, Evangelos Spyarakos, Adrian Stanica, Violeta Slabakova & Andrew Tyler (2025). The biogeochemical response of the north-western Black Sea to the Kakhovka Dam breach. *Nature. Communications Earth & Environment*, volume 6, Article number: 185. doi: 10.1038/s43247-025-02153-z

[9] Чорноморець Ю. О., Перевозчиков І. М., Орещенко А. В., Мала Л. М. (2023). Визначення стокових характеристик Нижнього Дніпра з урахуванням підриву дамби Каховської ГЕС. *Метеорологія. Гідрологія. Моніторинг довкілля*, 2 (4), 51–61. doi: 10.15407/Meteorology2023.04.051

[10] Snizhko S., Zapototskyi S., Shevchenko O., Olexienko I., Didovets I., Bronstert A. (2023). Assessment of the water resource potential of the lower Dnipro after the destruction of the Kakhovka reservoir taking into account the impact of climate change. *17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*, Nov 2023, Kyiv, Ukraine. Volume 2023, p. 1–5. doi: 10.3997/2214-4609.2023520039

[11] Хмара Т. В., Тучковенко Ю. С., Слєпчук К. А. (2012). Проникновение соленых морских вод в приустьевые области рек Днепр и Южный Буг. *Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали всеукр. науково-практ. конф.*, 12–14 вересня. Одеса : ОДЕКУ, 2012. С. 134–137. Взято з <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/5401/>

[12] Тучковенко Ю. С., Хохлов В. М., Лобода Н. С., Кушнір Д. В., Серга Е. М. (2022). Вплив змін клімату на гідрологічний і гідроекологічний режими лиманів північно-західного Причорномор'я. Одеса: Одеський дер-

жавний екологічний університет. Взято з <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/10929/>

[13] «Тузлівські лимани»: як війна змінює природу унікального Національного парку на півдні України. (2023). Взято з <https://nsirogozy.city/articles/330184/tuzlivski-limani-yak-vijna-zminyuye-prirodu-unikalnogo-nacionalnogo-parku-na-pivdni-ukraini>

[14] Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2023). Російські окупанти знищують територію унікального Нацпарку «Джарилгацький». Взято з <https://www.facebook.com/EnvironmentalofUkraine/posts/російські-окупанти-знищують-територію-унікального-нацпарку-джарилгацькийза-повід/584833193752462/>

[15] Сімонов Д. (2023). Поневолений Джарилгач. Як росіяни знищують унікальну природу заповідного острова. Взято з <https://www.pravda.com.ua/articles/2023/06/18/7407245/>

Tuchkovenko Yu. S., Torgonskiy A. V.

Impact of military actions on hydrological and related hydroecological conditions in the marine aquators of the NorthWestern part of the Black Sea

УДК 614.841:528.83:528.87

**РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ У ПІВДЕННОМУ
СЕКТОРІ НИЖНЬОДНІПРОВСЬКИХ ПІЩАНИХ АРЕН
ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ЗА ПЕРІОД
З 23.02.2022 ПО 17.09.2025 ЗА ДАНИМИ ДЗЗ**

Касьянов С. О.

Національний природний парк «Білобережжя Святослава»

Україна, Очаків

ORCID: 0009-0004-7690-8450

e-mail: csdeant2@ukr.net

Територія Нижньодніпровських пісків знаходиться в зоні активних бойових дій з самого початку повномасштабного вторгнення [1]. Їх південний сектор, в основі якого знаходяться Івано-Рибальчанська та Кінбурнська арени, в значній мірі входить до природно-заповідного фонду України – Чорноморського біоценологічного заповідника, Національних природних парків: «Білобережжя Святослава» і «Нижньодніпровський» та низки заказників

місцевого і загальнодержавного значення. Велика частка площ зайнята штучними сосновими насадженнями, які розвиваються в екстремальних умовах та мають надзвичайно високі показники пожежної небезпеки [2].

Самі по собі військові дії є джерелом формування великої кількості осередків відкритого вогню, що в умовах обмеження можливостей оперативного гасіння пожеж призводять до вигорання вельми значних площ природно-територіальних комплексів майже всіх вкритих рослинним покривом типів. Виникнення значної кількості джерел відкритого вогню, постійність та тривалість їх формування виводять пожежі в ряд найбільш негативних факторів впливу війни на навколишнє природне середовище; з точки зору впливу на біорізноманіття пожежі несуть деструктивну дію як просторово (майже суцільно пошкоджуючи значні площі), так і системно (повторно порушуючи екосистеми на різних етапах їх постпірогенного відновлення).

Аналіз пошкодження пожежами проводився в межах Кінбурнського порога та його околів (включно з о-вами Довгий і Круглий та Івано-Рибальчанською ареною) по ексценту 31,5014°E, 46,5841°N, 32,2739°E, 46,3571°N. Основним джерелом даних були обрані знімки із супутників Sentinel 2 після їх атмосферної корекції (L2A Sen2Cor) [3], які оброблялись за авторським методом NIDICG (1) і паралельно перевірялись за методами dNBR та dBAIS2 [4]:

$$NIDICG = \frac{NIR_1 - NIR_2}{GREEN_2} \quad (1).$$

Це бінарний асиметричний індекс, який вказує на інтенсивність зміни вегетації, аномалії якої виникають через загибель живої рослинної маси, або спаду вегетації після виникнення термічного стресу рослин, що дозволяє відслідковувати як повторні пошкодження (по раніше сформованих згарищах), так і низові пожежі під пологом живих чагарниково-деревних крон.

Всі дані ДЗЗ надаються дискретно, фіксуючи стан оптичного, теплового або радіометричного поля на конкретні моменти зйомки, тому до окремих згарищ потрапляли пошкоджені площі, які виникли в результаті дії всіх пожеж між обома моментами зйомки. Під час дешифрації враховувались оптичні аномалії, що виникають під дією хмарності, тіні від хмар та аерозолів. Уточнення дат активних фаз пожеж проводилось за результатами аналізу SWIR-комбінацій із супутників Sentinel 2A / 2B / 2C [3], Landsat 8 / 9 [5] та теплових аномалій MODIS Aqua / Terra, VIIRS S-NPP / NOAA-19 / NOAA-20 / NOAA-21 [6].

Результати моніторингу пожеж винесено на карту (рис. 1) та представлені у вигляді експлікації в табличній формі (табл. 1).

Таблиця 1 – Основні показники пошкодження пожежами південного сектору Нижньодніпровських пісків за період моніторингу з 2022.02.23 по 2025.09.17

Параметр	ПЗФ / Зона	2022 (23.02– 11.10)	2023 (08.02– 31.10)	2024 (19.01– 19.11)	2025 (13.01– 17.09)
1	2	3	4	5	6
Сума площ згарищ та площа загального контуру пошкодження, га	ЧБЗ ВЛ	124,26 123,29	45,75 45,68	103,76 102,77	75,27 72,92
	ЧБЗ ОДК	0 0	0 0	0 0	94,23 94,20
	ЧБЗ СД	1191,16 1191,05	110,90 110,90	175,79 175,65	991,98 990,77
	ЧБЗ ІРД	4505,19 4472,84	380,02 375,95	1608,23 1605,76	2395,08 2377,76
	НПП БС	4369,75 4354,77	2414,66 2342,65	2889,81 2846,27	4828,52 4604,61
	НПП НД	49,98 49,97	4,07 4,07	38,92 38,89	192,13 188,37
	РЛП КК	475,25 465,53	296,07 289,32	568,84 562,54	1000,93 952,48
	За межами ПЗФ	6156,86 6139,33	1627,52 1617,22	3731,49 3698,84	7533,97 7418,49
Загальні площі контурів за кратністю пошкодження (1 / 2 / 3–4), га	ЧБЗ ВЛ	123,29 0 0	134,99 16,99 0	92,31 71,63 12,06	73,44 68,16 42,27
	ЧБЗ ОДК	0 0 0	0 0 0	0 0 0	94,20 0 0
	ЧБЗ СД	1191,05 0 0	1229,45 36,25 0	1090,79 192,63 0,52	757,80 755,52 66,45
	ЧБЗ ІРД	4472,84 0 0	4746,30 51,24 0	3728,72 1361,97 0,63	3535,98 2600,99 31,45
	НПП БС	4354,77 0 0	5997,74 349,84 0	4883,81 2229,08 67,24	3469,47 3534,23 1190,94
	НПП НД	49,97 0 0	53,97 0,04 0	91,41 0,77 0	236,68 22,18 0,09
	РЛП КК	465,53 0 0	679,43 37,71 0	844,16 188,56 32,04	646,00 547,22 166,81
	За межами ПЗФ	6139,33 0 0	6706,69 524,93 0	6525,82 2384,03 53,84	7096,85 4695,57 794,25

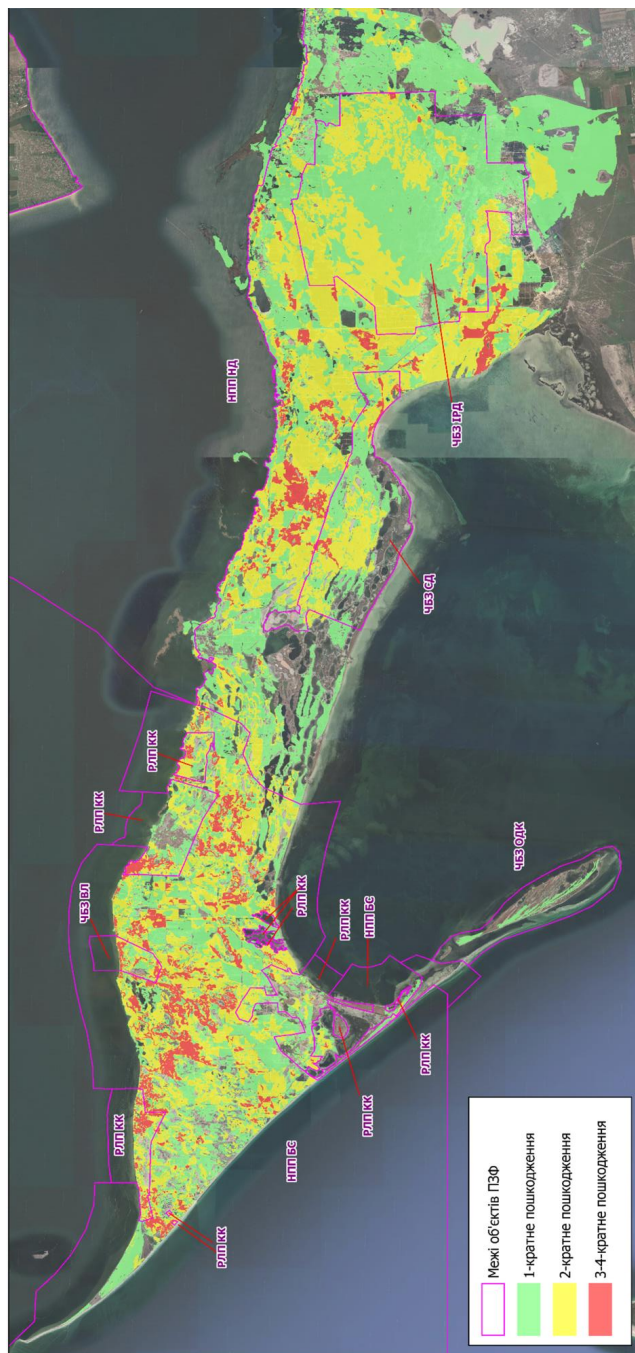


Рис. 1. Карта-схема кратності пошкодження пісків (у міжрічному розрізі) південного сектору Нижньодніпровських лісів за період моніторингу з 23.02.2022 по 17.09.2025

Примітки: Об'єкти природо-заповідного фонду України: ЧЗВ ВЛ – Чорноморський біосферний заповідник, ділянка Волижин Ліс; ЧЗВ ОДК – Чорноморський біосферний заповідник, ділянка о-вів Довгий та Круглий; ЧЗВ СД – Чорноморський біосферний заповідник, ділянка (включно з узбережжямом смугою Ягорлицької затоки та ботанічним заказником місцевого значення Хрестова Сага); ЧЗВ РД – Чорноморський біосферний заповідник, Івано-Рибальчанська ділянка (включно з лісовим заказником загальнодержавного значення Березові Колки), НПП БС – Національний природний парк «Білобережжя Святослава», НПП НД – Національний природний парк «Нижньодніпровський» (включно з ботанічним заказником місцевого значення Шабі), РЛП КК – Регіональний ландшафтний парк Кінбурнська Коса.

Всього було отримано дані контурів більше ніж 2000 згарищ, частина з яких одночасно займала декілька об'єктів ПЗФ України та/або формувались у декілька етапів шляхом послідовного злиття багатьох пожеж (остання особливість найбільш яскраво спостерігалась під час активних бойових дій в умовах аномально високих температур повітря і тривалої посухи в західній частині території дослідження у липні 2024 р. та липні-серпні 2025 р.).

Детальний аналіз частини отриманих даних (у межах Миколаївської області за період 2022–2024 рр.) [7] показав значне збільшення кількості згарищ по мірі збільшення частки повторних пошкоджень по згарищам минулих років. При цьому переважаючими категоріями були згарища з площами до 10 га.

Значний вклад повторних пошкоджень привів до необхідності паралельного обліку як сумарних показників площ всіх окремих згарищ (арифметична сума), так і площі загального пошкодженого вогнем контуру (геометрична сума).

Впродовж 2022–2025 рр. вклад повторних пошкоджень зростав від 1 % до 78 % відповідно, і в подальшому цей показник буде тільки збільшуватись. Паралельно збільшується частка територій, що були пошкоджені 3 та більше разів. Якщо в 2022–2023 рр. повтори в основному воліли до трав'янистих комплексів (особливо лучних, лучно-болотних та болотних), які характеризуються швидкими темпами відновлення біомаси, то з середини 2024 р. стрімко зростає частка повторних пошкоджень по згарищах штучних лісових насаджень. Аналіз NDVI в межах лісових згарищ не показав формування суцільного рослинного покриву, що в сумі зі змінами у текстурі короткохвильової інфрачервоної частини спектру говорить про розвиток пожеж по рослинним решткам пошкоджених раніше та померлих дерев.

Найбільш деструктивний вплив на біорізноманіття Нижньодніпровських пісків мають саме повторні пошкодження, які переривають процеси постпірогенного відновлення, корінним чином порушуючи трофічні зв'язки та виснажуючи ґрунтові банки насіння. В той же час, формування майже суцільного згарища знищує осередки збереження природного біорізноманіття (в тому числі на таких цілих ділянках, як заповідні ядра Чорноморського БЗ). Іншими словами, вплив дії пожеж на території дослідження приймає вигляд екологічної катастрофи.

Отже, пошкодження південного сектору Нижньодніпровських пісків мають суцільний просторовий та постійний часовий характер. Значна кількість фактів пошкодження (особливо повторного) та знищення всіх

можливих еталонних ділянок не дозволяють оцінювати негативний вплив на навколишнє природне середовище за прийнятими на сьогодні існуючими методиками. При такому аналізі потрібно використовувати виключно комплексні підходи по інтегральним показникам. Дуже велика глибина впливу говорить про необхідність розробки системи активних біотехнічних заходів по відновленню території, яка може включати (за необхідністю) ретродукцію ценозоформуючих та рідкісних видів флори і фауни. Вплив пірогенного фактору на території дослідження можна оцінити як катастрофічний; глибина деструктивних змін збільшується на всьому протязі тривалих активних бойових дій. Надати точну та вичерпану оцінку розмірів шкоди, завданої природі, в умовах тривалих безперервних деструктивних дій та відсутності доступу до території неможливо. Після повернення контролю над територією буде можливо оцінити стан природних комплексів, які вже знаходяться на різних етапах відновлення.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Онлайн карта бойових дій. Deep State. (2025). Взято з <https://deepstatemap.live/>
- [2] Шевчук В. В., Тимошук І. В. (2017). Причини виникнення лісових пожеж у соснових насадженнях Херсонщини та їхні наслідки. *Лісівництво і агролісомеліорація*, (130), 199–207.
- [3] The European Space Agency. Copernicus Open Access Hub. (2025). Взято з <https://scihub.copernicus.eu/>
- [4] Касьянов Є. О. (2023). Методика моніторингу пожеж за даними супутникових знімків Landsat 8, 9 та Sentinel 2. *Літопис природи НПП «Білобережжя Святослава»*, (11: 2022), 243–258.
- [5] US Geological Survey. USGS Earth Explorer. (2025). Взято з <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- [6] Fire Information for Resource Management System. NASA FIRMS. (2025). Взято з <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>
- [7] Касьянов Є. О. (2023). Особливості динаміки пошкодження пожежами за період 2022–2024 рр. за скорегованими датами активних фаз. *Літопис природи НПП «Білобережжя Святослава»*, (13: 2023), 204–310.

Kasyanov E.

Results of monitoring of fires in the southern sector of the Nijnhodniprov sad arenas during military operations for the period from 23.02.2022 to 17.09.2025 according to rem data

УДК 504.61:355.01:628.19(477.73)

ВІЙНА ТА ПОСУХА ЯК ПОДВІЙНІ ВИКЛИКИ ДЛЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ МІСТА МИКОЛАЄВА

Гостєва Д. В., аспірант¹, Трохименко Г. Г., д.т.н., проф.²,

Недорода В. М., PhD³

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

¹dinagosteva3@gmail.com; ²antr@ukr.net; ³nedorodavlad@gmail.com

Миколаїв, важливий промисловий і адміністративний центр на півдні України, з початку повномасштабної війни стикається зі значними проблемами водопостачання. До 2022 року місто отримувало більшу частину питної води з річки Дніпро, що забезпечувало близько 80 % потреб населення. Військові дії призвели до руйнування головного водопроводу, що спричинило різке скорочення постачання прісної води, а обстріли та загрози пошкодження інфраструктури змусили владу шукати альтернативні джерела.

Основним тимчасовим рішенням стало активне використання підземних артезіанських свердловин, вода з яких має високу мінералізацію, що вимагає складної, дорогої та ефективної системи очищення, що ускладнює повне забезпечення міста високоякісною питною водою. Вода з Дніпро-Бузького лиману, або з річки Інгулець може бути використана лише для технічних потреб, оскільки не відповідає санітарним нормам через високий вміст солей (мінералізації) та шкідливих речовин. Часті прориви трубопроводів і корозія мереж спричинені високою мінералізацією та забрудненням води, що створюють додаткові проблеми для інфраструктури водопостачання і підвищують ризики для здоров'я населення.

Знищення Каховської ГЕС у червні 2023 року було не тільки гуманітарною катастрофою, а й потенційним військовим злочином проти навколишнього середовища, оскільки спричинило масштабні повені, втрату питної води для мільйонів людей та руйнування екосистем у нижній течії Дніпра [1].

Внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС, з 6 червня 2023 року на Каховському водосховищі та на пригирловій ділянці річки Дніпро спостерігається складна гідрологічна ситуація техногенного характеру, яка обумовила активне зниження рівнів води на Каховському водосховищі та катастрофічне підвищення рівнів води нижче за течією [2].

Дослідження виявило, що вибух греблі створив «токсичну бомбу уповільненої дії» в регіональних річках – у воду потрапили важкі метали, нафтопродукти та інші забруднювачі, що загрожує здоров'ю людей і біорізноманіттю [3].

Зміни клімату та періодичні посухи, які спостерігаються на півдні України в останні роки, стали додатковим викликом для Миколаєва. Зменшення кількості опадів, підвищення температури повітря та випаровування поверхневих вод ускладнюють поповнення запасів прісної води та збільшують навантаження на підземні водоносні горизонти [4]. Водний сектор України зазнає значних втрат через військові дії: пошкоджуються водозабори, насосні станції, очисні споруди та водопровідні мережі, що призводить до забруднення водних екосистем та несанкціонованого використання води. За оцінками Міністерства охорони навколишнього середовища та природних ресурсів, прямий економічний збитків, завдані довкіллю України внаслідок війни, оцінюються у 3,814 трильйона гривень, з яких понад 104 мільярди гривень – це шкода, завдана безпосередньо водним ресурсам, наразі близько 8,5 мільйона українців стикаються з обмеженим доступом до якісної води [3].

Проблеми з якістю води зберігаються, спостерігається високий вміст завислих речовин та хімічне споживання кисню у стічних водах [5]. Зміна клімату впливає на якість води та захворювання, що передаються через воду, а екстремальні погодні явища впливають на водозбірні басейни, системи зберігання, очищення та на розподіл води. Для вирішення цих проблем південні українські регіони (Одеса, Миколаїв, Херсон, Запоріжжя) повинні зосередитися на раціональному використанні доступних водних ресурсів, запобіганні забрудненню, обмеженні несанкціонованого забору води та в просуванні ефективних технологій водоспоживання та водопідготовки[6].

У червні 2024 року Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР) надав Миколаєву кредит у розмірі 65 мільйонів євро для відновлення постачання питної води та опалення в місті, де водопровідна інфраструктура була пошкоджена корозією, спричиненою солоною водою. У рамках Миколаївського проєкту з надзвичайних ситуацій у сфері водопостачання, затвердженого в грудні 2024 року, кошти ЄБРР та донорів будуть використані для відновлення водозабору, насосних станцій, фільтрувальних споруд та критичних ділянок трубопроводу [7].

У листопаді 2024 року Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) надав додаткові 7,8 млн євро на модернізацію водоочисних та каналізаційних

споруд у Миколаєві в рамках пакету фінансування на суму 14,5 млн євро для розвитку муніципальної інфраструктури міста [8]. У лютому 2025 року представник ЄІБ зазначив, що навіть після завершення будівництва головного водопроводу необхідно буде побудувати нові очисні споруди, щоб зробити воду придатною для пиття. [9]. У липні 2025 року мер Миколаєва підтвердив, що ЄІБ і Данія ведуть переговори про фінансування нових очисних споруд, яких вистачить на 50–100 років експлуатації [9].

Поступово, завдяки підтримці держави та міжнародних партнерів, розпочалося відновлення водопостачання з джерел вищої якості. Вже введено в експлуатацію ділянки нового водопроводу, що має забезпечити стабільне постачання води з безпечних джерел. Міжнародні гуманітарні організації, такі як Данська рада з питань біженців, беруть активну участь у відновленні системи водопостачання в Миколаєві. Зусилля зосереджені не тільки на відновленні технічної інфраструктури, а й на вдосконаленні систем фільтрації та моніторингу якості води [10].

Висновки. Таким чином, ситуація з водними ресурсами в Україні під час війни підкреслює критичну вразливість інфраструктури до поєднання військових і природних факторів, включаючи посуху. Приклад Миколаєва демонструє, що втрата основного джерела водопостачання вимагає негайних рішень як на національному, так і на міжнародному рівнях.

Поступове відновлення доступу до якісної води є результатом співпраці між державою, місцевою владою та міжнародними організаціями. Водночас експерти попереджають, що навіть після повного запуску нової системи регіон залишатиметься в зоні ризику дефіциту води через зміни клімату та можливі повторні пошкодження інфраструктури. Для забезпечення водної безпеки в умовах триваючих військових дій необхідні інвестиції та альтернативні джерела, модернізація очисних споруд та впровадження стійких технологій.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Саніна, І. В., & Люта, Н. Г. (2023). Екологічні наслідки підриву греблі Каховської ГЕС і шляхи вдосконалення водопостачання населення. *Мінеральні ресурси України*, 2, 50–55. <https://doi.org/10.31996/mru.2023.2.50-55>
- [2] Магась, Н. І., Хоренженко, Г. В., Замуруєва, К. М., Бешевець, Ю. В., Риндюк, С. І., Баркар, В. Ю., Замрій, М. В., & Бондар, М. В. (2023). Аналіз гідрологічної ситуації у Дніпровсько-Бузькій гирловій області внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС. *Екологічні науки*, 4 (49), 15–25. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.2>

[3] Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2024). Вода у вогні війни: експерти про наслідки руйнування водної інфраструктури. Взято з <https://mepr.gov.ua/voda-u-vogni-vijny-eksperty-pro-naslidky-rujnuvannya-vodnoyi-infrastruktury/>

[4] Snizhko S, Didovets I, Shevchenko O, Yatsiuk M, Hattermann FF and Bronstert A (2024) Southern Bug River: water security and climate changes perspectives for post-war city of Mykolaiv, Ukraine. *Front. Water*. 6, 1447378. <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1447378>

[5] Малєєв В. О., Безпальченко В. М. (2020). Водопостачання та водовідведення херсонської області: стан, проблеми, першочергові заходи. *Екологічні науки*, 2 (29), 66–71. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.2.10>

[6] Мокієнко, А. В., Бабієнко, В. В., & Гушук, І. В. (2023). Клімат, вода та інфекції: нові виклики для Півдня України на тлі старих проблем. *PublicHealthJournal*, (4), 41–49. <https://doi.org/10.32782/pub.health.2023.4.6>

[7] Interfax. (2024, June 11). EBRD to allocate 65 mln euro to support Ukrainian cities to reconstruct water supply, heating systems. Retrieved from <https://interfax.com/newsroom/top-stories/103244/>

[8] InterfaxUkraine. (2024, November 19). EIB provides EUR 14.5 mln in support of municipal projects in Mykolaiv, Dnipro. Retrieved from <https://en.interfax.com.ua/news/economic/1028692.html>

[9] European Investment Bank. (2024). Ukraine: EIB provides EUR 14.5 million to support municipal projects in war-torn cities of Mykolaiv and Dnipro [Press release]. Retrieved from <https://www.eib.org/en/press/all/2024-453-ukraine-eib-provides-eur14-5-million-to-support-municipal-projects-in-war-torn-cities-of-mykolaiv-and-dnipro>

[10] NEFCO. (2024). Reconstruction in Mykolaiv region with a significant new contribution from Denmark. Retrieved from <https://www.nefco.int/news/reconstruction-in-mykolaiv-region-with-a-significant-new-contribution-from-denmark/>

Hostieva D., Trokhymenko G., Nedoroda V.
***War and Drought as Double Challenges for Ukraine's Water Resources
on the Example of the City of Mykolaiv***

UDC 574

SPATIAL ASSESSMENT OF THE LEVEL OF ANTHROPOGENIC IMPACT OF URBAN ECOSYSTEMS ON THE ECOLOGICAL STATE OF WATERSTREAMS

Starzhynskiy P., Prokopenko I.

Kyiv National University of Construction and Architecture

Ukraine, Kyiv

ORCID 0009-0004-4495-9309; ORCID 0009-0009-0129-3283

The development of the urban environment is a social phenomenon that arises as a result of human economic activity and the formation of comfortable conditions for life and functioning, as a result of which a number of factors and factors are created that have a negative impact on the system of relationships “natural ecosystems-human-urban ecosystems” and lead to disruptions of relationships. In this regard, an important task is to determine the level of ecological tension of territories and determine the level of ecological danger. With all the variety of aspects of studying this problem, to obtain reliable results, a comprehensive consideration of the relationships between the main blocks of the system “natural ecosystems-human-urban ecosystems” and within them is necessary [3].

Cities are the most complex anthropogenic systems with a multitude of direct and feedback relationships that arise in the process of functioning and influence. Cities disrupt and change the natural landscape. At the same time, their impact as modified anthropogenic systems can extend to large areas of the environment beyond their borders.

The main anthropogenic processes that arise as a result of the functioning of cities are air, soil, surface and groundwater pollution. It is the connections between these natural components and artificial objects (sources of anthropogenic impact) that are the basis of the “chain reaction” that transforms the environment in and around cities.

Changes associated with human activity are determined by the nature and intensity of anthropogenic impacts, the degree of resistance of natural systems to these actions [1, 2].

The interconnected complexity of these phenomena necessitates the search for an approach to assessing local ecological tension, the approach to determining which is based on indicators of the level of impact on the environment and the response to it, as well as on determining the degree of degradation of natural ecosystems.

In most cases, cities are located near large water bodies, which is associated with favorable conditions for the development of the industrial complex and the possibility of providing the population with drinking water. The increase in the area of urban ecosystems is accompanied by an increase in the number of direct and reverse multidirectional relationships, in the assessment and study of which we use the paradigm “condition – process – structure”. This system allows us to assess all stages of interaction of the natural and anthropogenic environment according to the principle “impact → changes → consequences”. The detailing of the processes of interaction and interdependence of the functioning of urban ecosystems and water bodies is presented in Figure 1, which reflects a number of dependencies of the components of the environment.

Using this approach allows:

- to carry out a territorial analysis of the impact parameters (degree, specificity, etc.), which is the basis for proposing measures for rational nature management;
- to select a number of indicators that most accurately reflect the level of impact and the reaction of the environment;
- to divide the territory according to the level of impact and transformation.

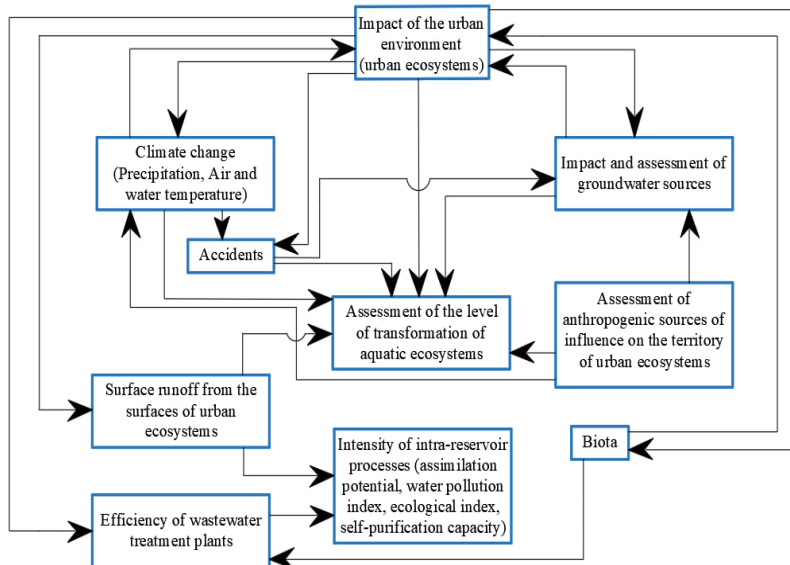


Fig. 1. The main stages of interaction between water bodies and urban ecosystems

Studies on the impact of the urban environment on the ecological state of aquatic ecosystems were conducted for the city of Kyiv from 2017 to 2023, in the period before the start of the full-scale invasion and during. This, in turn, was reflected in a number of indicators that indicate the state of transformation of aquatic ecosystems and the intensity of anthropogenic load.

Aquatic ecosystems are particularly vulnerable to environmental and anthropogenic impacts, including urban, industrial and agricultural pollution, and global climate change. The water quality of the Dnipro River in the Kyiv region was determined at 3 points (1.5 km above the city, within the city and 6 km below the city), according to more than 45 physicochemical indicators. Among them, dissolved oxygen in water, the main salt composition – calcium, sodium, magnesium, sulfates, phosphates, chlorides, hydrocarbonates, as well as the main pollutants – nitrogen compounds, phenols, petroleum products, heavy metal compounds, organochlorine pesticides. Water samples for hydrochemical indicators were taken monthly. Water quality was assessed against the standards for fishery purposes.

Assessment of the impact of urban ecosystems on water bodies is necessary to determine the scale of the total level of impact of urban ecosystems on the ecological state of a water body in order to reduce anthropogenic load and develop measures/management decisions to improve the state of the watercourse. The results of the study on the impact of urban ecosystems on water bodies have applied value and allow forming a basis for further assessment of the ecological state and forecasting further changes in the intensity of anthropogenic load.

A comprehensive assessment of the state of surface waters of the Dnipro River by the water pollution index, the techno-intensity index and the index of intra-watershed processes (Table 1) showed that the III (moderately polluted) and IV (polluted) water quality classes prevail. It should also be noted that an increase in anthropogenic load is noted within the city and below the city.

Conclusions:

1. A comprehensive assessment of the quality of water bodies was carried out to establish objective levels of surface water pollution in a spatial and temporal context. During the research, we identified the problem of water body transformation associated with anthropogenic impact due to the intensification of urbanization processes.

2. Scientific and methodological principles have been developed for determining the anthropogenic load of the urban environment on aquatic ecosystems.

3. It has been established that due to the expansion and activity of urban ecosystems, there is a deterioration in the qualitative and quantitative characteristics of aquatic ecosystems. A comprehensive assessment of the state of surface waters of the Dnipro River by the water pollution index showed that the III (moderately polluted) and IV (polluted) water quality classes prevail, and the low level of self-healing ability.

Table 1. Generalized complex hydrochemical indicators for assessing the state of the Dnipro River within the city of Kyiv

Year	Kanivske reservoir – Kyiv city (1.5 km above the city)		Kanivske reservoir – Kyiv city (within the city limits)		Kanivske reservoir – Kyiv city (6 km below the city)		Kanivske reservoir- Ukrainka town (below the town)		Kyivske reservoir, below the village of Kozarovychi (Kyivske reservoir, village of Kozarovychi)	
	Technology intensity index	Index of intensity of intra-reservoir processes	Technology intensity index	Index of intensity of intra-reservoir processes	Technology intensity index	Index of intensity of intra-reservoir processes	Technology intensity index	Index of intensity of intra-reservoir processes	Technology intensity index	Index of intensity of intra-reservoir processes
2017	0,5	0,44	0,71	0,62	0,75	0,68	0,52	0,45	0,52	0,47
2018	0,45	0,38	0,64	0,58	0,68	0,65	0,5	0,44	0,51	0,44
2019	0,52	0,46	0,7	0,63	0,66	0,61	0,50	0,44	0,52	0,45
2020	0,5	0,47	0,65	0,62	0,67	0,60	0,45	0,4	0,46	0,4
2021	0,49	0,52	0,6	0,58	0,5	0,47	0,47	0,42	0,48	0,41
2022	0,6	0,7	0,8	0,73	0,82	0,77	0,58	0,49	0,58	0,47
2023	0,57	0,62	0,73	0,70	0,72	0,64	0,6	0,55	0,58	0,48

LIST OF SOURCES

[1] Udod V. M. Ecological approach to assessing the effectiveness of intra-water processes of the water systems of the Kalmius and Ingulets rivers / V. M. Udod, I. L. Vildman, O. G. Zhukova. *Bulletin of the Kremenchug National University named after Ostrohradsky*. 2014. Issue 2 (85). P. 161–165. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkdpu_2014_2_27

[2] Khilchevsky V. K., Zabokrytska M. R., Kravchinsky R. L., Chunar'yov O. V. Basic principles of water resources quality management and their

protection: a textbook. Kyiv: VPC “Kyiv University”. 2015. 172 p. Retrieved from <http://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/10706>

[3] Negoda N. V., Zhukova O. G. Formation of health-oriented urban space as a way of managing risks for the health of the population. *Ecological Sciences*. Kyiv. 2023. № 5 (50). P. 166–174. Retrieved from http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2023/5/50_2023.pdf

[4] Negoda N. V. The influence of the urbanized environment on the health of the population. *Construction Technology Collection of Scientific Works*. Kyiv. 2024. № 40. P. 87–92. <https://doi.org/10.32347/tb.2024-40.0309>

УДК 628.477:504

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ ЯК ФАКТОР СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Недорода В. М., PhD, викладач; Кіртюк А. В., магістрант
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв
nedorodavlad@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1046-5114

Масштабні руйнування інфраструктури внаслідок воєнних дій в Україні призвели до безпрецедентного зростання обсягів будівельних відходів. За офіційними оцінками, їх кількість сягає 6–10 млн тонн, а в окремих регіонах накопичуються сотні тисяч тонн уламків на локальних майданчиках [1]. Такий обсяг становить серйозну екологічну загрозу, адже уламки містять не лише інертні матеріали (бетон, цеглу, скло), а й токсичні домішки – азбест, фарби, важкі метали, нафтопродукти. Неналежне поводження з ними призводить до забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря, створюючи довготривалі ризики для здоров'я населення.

Водночас будівельні відходи мають значний ресурсний потенціал. Їх переробка та повторне використання здатні зменшити навантаження на полігони, скоротити потребу у первинних ресурсах і стати основою для потенційного сталого відновлення інфраструктури. Таким чином, проблема поводження з уламками післявоєнних руйнувань є як екологічним викликом, так і стратегічною можливістю для розвитку.

Одним із найбільш небезпечних компонентів будівельних відходів є азбест, що широко застосовувався у будівництві до 1990-х років. Мікро-частинки азбесту мають доведений канцерогенний ефект. Несанкціоноване складування уламків із вмістом азбесту або їхнє спалювання створює загрозу масштабного забруднення повітря та ґрунтів. Не менш небезпечними є важкі метали та канцерогенні речовини, що потрапляють у довкілля разом із фільтрами зі стихійних звалищ. За оцінками Міністерства захисту довкілля, економічні збитки від неналежної утилізації будівельних відходів можуть перевищувати 900 млрд грн [2]. Це свідчить про необхідність системного підходу до управління відходами, який враховує як екологічні, так і соціально-економічні наслідки.

Сучасні технології дають змогу значною мірою зменшити негативний вплив будівельних відходів і водночас забезпечити їх ефективне залучення у відбудовні процеси. Подрібнення бетону та цегли дозволяє отримувати вторинний щебінь, який використовується у дорожньому будівництві та як заповнювач у бетонних сумішах. Металеві конструкції можуть бути переплавлені для виготовлення нових виробів, а деревина – перетворена на паливні гранули, композитні матеріали або використана як вторинне паливо. Особливу увагу приділяють вилученню небезпечних компонентів, зокрема азбесту, який передається на спеціалізовану високотемпературну утилізацію, що мінімізує ризики для здоров'я населення та довкілля.

У Київській області вже випробовують інноваційну технологію EcoSteelAscon, яка передбачає заміну природного щебеню сталеплавильним шлаком. Це дозволяє знизити собівартість будівництва, скоротити потребу у видобутку первинних матеріалів та водночас підвищити довговічність дорожнього покриття [3]. Подібні рішення демонструють, як відходи промисловості можуть стати ресурсом для відновлення інфраструктури.

Досвід країн Європейського Союзу демонструє, що рівень переробки будівельних відходів може сягати 70 % [4]. В Україні цей показник поки що нижчий, однак оновлення законодавчої бази та прийняття Закону «Про управління відходами» у 2023 році створює передумови для поступового наближення до європейських стандартів. Це відкриває можливості для формування нової системи управління відходами, яка поєднує екологічну безпеку, економічну доцільність та стратегічну роль у післявоєнному відновленні країни.

Управління будівельними відходами в умовах післявоєнного відновлення неможливе без урахування соціального чинника. Важливою складовою є рівень громадської обізнаності, адже саме населення щодня

стикається з наслідками неналежної утилізації уламків. Проведене опитування (рис. 1) показало, що більшість респондентів не усвідомлює повною мірою екологічних ризиків, пов'язаних із накопиченням та стихійним складуванням будівельних відходів. Лише незначна частина опитаних змогла назвати конкретні небезпеки, такі як азбестовий пил чи забруднення ґрунтових вод важкими металами.



Рис. 1. Розподіл відповідей респондентів щодо будівельних відходів у контексті їхнього ресурсного потенціалу та екологічних ризиків

Дані опитування, відображені на діаграмі, демонструють суттєвий розрив між сприйняттям матеріалів як ресурсу для переробки та їхнім усвідомленням у контексті екологічних ризиків. Найчастіше респонденти згадували метал, скло та пластик як придатні для повторного використання, тоді як бетон і цегла асоціювалися з переробкою значно рідше. Водночас небезпечні компоненти, такі як азбест, фарби та електротехнічні відходи, переважно згадувалися саме у зв'язку з ризиками, а не з можливістю утилізації. Це свідчить про те, що громадяни краще ідентифікують потенційно токсичні матеріали, але водночас недооцінюють масштаби їхньої небезпеки та можливості безпечної переробки.

Водночас понад 50% респондентів висловили підтримку ідеї повторного використання матеріалів у процесі відбудови. Така позиція демонструє готовність суспільства приймати нові практики, якщо вони будуть чітко пояснені та підкріплені прикладами успішної реалізації. Це створює сприятливе підґрунтя для впровадження інформаційних кампаній, спрямованих на формування культури відповідального поводження з відходами.

Особливу роль у цьому процесі відіграють муніципальні служби та органи місцевого самоврядування. Відсутність прозорих механізмів

фінансування та комунікації між державними регуляторами, підрядниками і населенням часто призводить до того, що навіть екологічно безпечні технології залишаються невпровадженими. Саме тому соціальний вимір управління відходами має включати як інформування, так і активне залучення громадян до процесу прийняття рішень.

Результати опитування також показали, що більшість людей готові підтримувати ініціативи з повторного використання матеріалів, якщо вони матимуть очевидний практичний ефект: зниження вартості будівництва, швидше відновлення житла, створення нових робочих місць у сфері переробки. Це означає, що інформаційні кампанії повинні поєднувати екологічні аргументи з економічними та соціальними вигодами.

Таким чином, соціальний вимір управління будівельними відходами включає три ключові напрями: підвищення рівня екологічної грамотності населення, формування довіри до муніципальних і державних структур та створення мотиваційних механізмів, які демонструють реальні переваги повторного використання матеріалів. За умови поєднання цих складових можна забезпечити ефективне впровадження сталих практик у сфері поводження з відходами та поступово перетворити проблему уламків на ресурс для відбудови.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1]. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2024). Дані про обсяги відходів руйнувань. *Міндовкілля України*. Взято з <https://www.mindovkillya.gov.ua/ruiny-waste-data>

[2]. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2024). Оцінка шкоди довкіллю. *Міндовкілля України*. Взято з <https://www.mindovkillya.gov.ua/environment-damage-2024>

[3]. Агентство відновлення та розвитку інфраструктури України. На Київщині проклали тестову ділянку дороги за корейською технологією асфальтування Взято з <https://surlli/wjitwh>

[4]. European Commission. Construction and demolition waste Retrieved from https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en

Nedoroda V., Kirtyuk A.

Environmental risks and resource potential of construction waste as a factor of sustainable development

504.05:355.48(477)

БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА НАСЛІДКІВ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ

Приходько А. Ю., студент

Сумський державний університет

Україна, Суми

artik1523@gmail.com

Проблематика впливу воєнних дій на стан навколишнього природного середовища набула особливої актуальності у зв'язку з повномасштабною агресією росії проти України. Масштабні руйнування промислових об'єктів, інфраструктури, підлив Каховської ГЕС, забруднення ґрунтів, води та повітря створили передумови для екологічної катастрофи на значній частині території держави. Мета роботи – провести бібліометричний аналіз наукових публікацій, присвячених дослідженню екологічних наслідків війни, з метою виявлення ключових напрямів і тенденцій сучасних досліджень.

Під час бойових дій знищено понад 305 промислових об'єктів, 38 об'єктів енергогенерації, що призвело до масових викидів токсичних речовин у повітря, воду й ґрунти. Внаслідок підливу Каховської ГЕС у червні 2023 року 70 % води з водосховища (приблизно 18,2 млрд м³) вилилося, затопивши 600 тис. га територій та спричинивши загибель флори й фауни[1]. Постраждало близько 900 тис. людей, які опинилися в зоні надзвичайної ситуації, а збитки оцінюються у 2,8–4 млрд доларів [2].

Зруйновано понад 724 гідротехнічні споруди, 49 шахт затоплено, що призвело до забруднення питної води важкими металами, у тому числі ртуттю та цинком. Виявлено понад 300 нових забрудників води, яких раніше не фіксували [3]. Площа спалених лісів перевищує 66,9 тис. га, а 2,4 млн га земель пошкоджено вогнем. Понад 333 види рослин і тварин, у тому числі 20 ендемічних видів, опинилися під загрозою зникнення, а в Чорному та Азовському морях загинуло близько 900 дельфінів [1].

Для систематизації наукових досліджень з цієї тематики проведено бібліометричний аналіз у програмі VOSviewer на основі ключових слів: «вплив війни», «екологічні наслідки», «Україна», «забруднення довкілля», «відновлення екосистем». Візуалізація показала, що найчастіше досліджуваними є теми забруднення водних ресурсів, екологічних збитків, зміни клімату, втрати біорізноманіття та сталого відновлення довкілля. Найбільш тісні зв'язки простежуються між кластерами «екосистемні наслідки війни»

та «післявоєнна реабілітація територій», що свідчить про формування нового напрямку – воєнної екології як міждисциплінарної галузі знань.

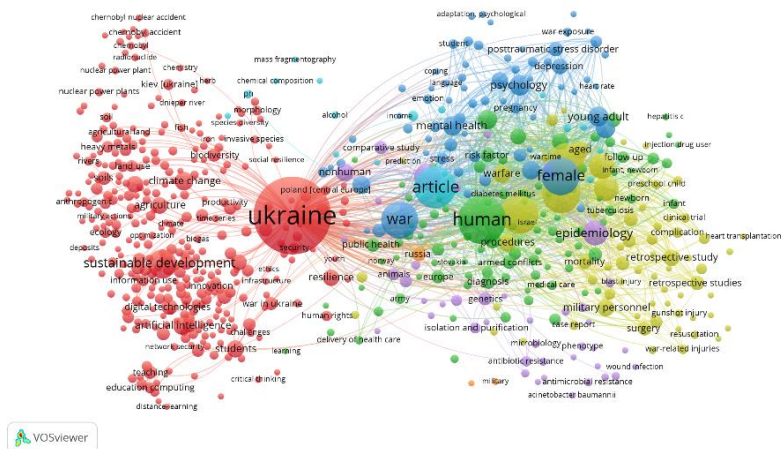


Рис. 1. Візуалізація мережі зв'язків ключових слів відповідно до комбінації слів

Джерело: складено автором, сформовано VOSviewer версії 1.6.20

Проведений бібліометричний аналіз підтверджує зростання наукової активності у сфері дослідження екологічних наслідків війни в Україні. Виявлені наукові зв'язки засвідчують формування нової галузі знань – воєнної екології, яка інтегрує питання впливу бойових дій на природне середовище, оцінки збитків і механізмів відновлення екосистем. Отримані дані свідчать про необхідність розвитку міжнародної співпраці в екологічній сфері, створення національної програми відновлення довкілля та впровадження інноваційних методів моніторингу, рекультивації й «зеленої» відбудови України.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2024). *Environmental consequences of Russian aggression against Ukraine: Official report*. Kyiv: Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Retrieved from <https://mepr.gov.ua>
- [2] United Nations Environment Programme (UNEP). (2023). *Environmental impact of the war in Ukraine: Assessment and response*. Nairobi: UNEP. Retrieved from <https://www.unep.org>

[3] Hrytsenko, O., & Klymenko, I. (2023). War and environment: Ecological losses and post-war recovery strategies in Ukraine. *Journal of Environmental Research and Policy*, 15 (2), 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.jerp.2023.02.004>

Prykhodko A.

Bibliometric analysis and ecological assessment of the consequences of the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РІЗНИХ ГАЛУЗЕЙ, ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 661.846

ПРОМИСЛОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МАГНІЙ ОКСИДУ

Гуляєв В. М., д.т.н., професор, Кравченко О. В., д.т.н., професор,

Коваленко А. Л., к.х.н., доцент, Анацький М. С., аспірант

Дніпровський державний технічний університет

Україна, Кам'янське

E-mail: ddtu.kafpb@ukr.net

Магній оксид знаходить широке використання в аграрному, фармацевтичному, хімічному та вогнетривкому секторах промисловості, а також у будівельній сфері, де застосовується приблизно 56 % його світового виробництва [1].

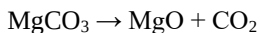
Основною сировиною для виробництва магній оксиду є:

- магнезит (карбонат магнію) MgCO_3 (сухий технологічний процес);
- брусит (гідроксид магнію) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (сухий технологічний процес);
- бішофіт (хлорид магнію) $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (мокрый технологічний процес);
- морська вода та доломіт (мокрый технологічний процес) [2].

Основними способами виробництва магній оксиду є прожарювання магнезиту (93 % магній оксиду в світі виробляється за цим способом) та переробка розсолів та соляних пластів (за цим способом отримується 7 % від світового виробництва магній оксиду).

Ціль роботи – проаналізувати сучасні технології виробництва магній оксиду з точки зору доцільності їх реалізації в соціально-економічних умовах сьогодення в Україні.

Виробництво магній оксиду з магнезиту здійснюється шляхом обпалювання обробленої і підготовленої природної кам'яної сировини згідно хімічної реакції:



Дана хімічна реакція ендотермічна, потребує високої температури і має високу енергоємність ($\Delta H = +113$ кДж/моль MgO).

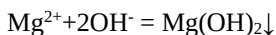
Перевагами цього способу є великі світові запаси магнезиту (хоча Україна не володіє значними покладами цього мінералу) і відносна простота технологічного процесу.

Серед недоліків даної технології можна виділити, крім високої енергоємності, утворення значних обсягів CO_2 , що вивільняється з магній карбонату, до яких додається CO_2 з димових газів печей прожарювання магнезиту, а також складність отримання магній оксиду високої чистоти.

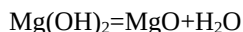
При виробництві магній оксиду з соляних розсолівможуть бути використані розсоли магній хлориду, які знаходяться в природі у вигляді мінералу бішофіту, або розсоли, які утворюються як побічний продукт в процесі переробки калійвмісних поліметалічних руд. Ці розсоли створюють штучні соляні озера, що призводить до сильного забруднення навколишнього середовища.

Великі природні поклади бішофітузнаходяться в Німеччині, Нідерландах, Китаї, Казахстані, на Африканському континенті, а також в Україні (Чернігівська, Полтавська області).

Процес отримання магній оксиду з розсолу бішофіту або інших розчинів, що містять магній хлорид, складається з двох головних стадій: осадження шляхом додавання лугу:



та прожарювання бруситу:



Основними недоліками даного методу порівняно з «сухою» технологією є більш складне апаратурне оформлення та вища енергоємність.

Безумовними перевагами технології отримання магній оксиду з розсолів є вища чистота продукту (до 99 %), менший негативний вплив на навколишнє середовище і можливість використання відходів інших виробництв в якості сировини [3].

Висновки. На сьогодні 93 % магній оксиду виробляється за «сухою» технологією. Враховуючи недоліки цієї технології, зазначені вище, вважаємо перспективним напрямком для подальших досліджень розвиток і вдосконалення технології отримання магній оксиду з розсолів магній хлориду, зокрема збішофіту. Дана технологіяпотребує подальшого вдосконалення з точки зору досягнення максимального ступеню використання вихідної сировини, підвищення чистоти кінцевого продукту і зниження енергоємності технологічного процесу.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] The statistic portal Statista 2025. Research of magnesium oxide market. Взято з <https://www.statista.com>.

[2] Chu, S. H., Yang, E. H., Unluer, C. (2023). Chemical synthesis of magnesium oxide (MgO) from brine towards minimal energy consumption. *Desalination*, 556. DOI: 10.1016/j.desal.2023.116594.

[3] Omelchenko, N., Dmytrenko, V., Lysenko, N., Brailko, A., Matrosenko, M. (2019). Development of composition, formulations, based on natural bishofite, to protect wood from fire. *Eastern-European Journal of Enterprise technologies*, 5 (101). P. 31–41.

*Gulyaev V., Kravchenko O., Kovalenko A., Anatskyi M.
Industrial technologies for magnesium oxide production*

UDK 691.3:691.7:614.8

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF THERMAL INSULATION MATERIALS ENSURING FIRE SAFETY OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Dusmatova Anzirat, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor¹,
Nurmuhamedov Aziz, Candidate of Agricultural Sciences²

Institute of Pharmaceutical Education and Research

46, Block 19, Yunusabad District, 100114, Tashkent, Uzbekistan

¹ORCID: 0009-0001-5998-2622; ²ORCID: 0000-0002-2672-8265

In recent years, the number of emergencies of both natural and man-made origin, particularly fires and fire-related incidents, has increased significantly worldwide. According to data from the International Technical Committee for the Prevention and Extinction of Fire (CTIF), an average of 1,000 fires occur globally every hour, which corresponds to approximately 17 fires every minute. As a result of these fires, an average of 10 people lose their lives every hour, meaning that 1 person dies in every 100 fires [1]. Therefore, conducting scientific research on ensuring fire safety is imperative.

The demand for fire-resistant and energy-efficient thermal insulation materials in buildings and structures is steadily growing. To enhance fire safety, it is crucial to replace flammable construction materials with those that are highly fire-retardant and possess high fire resistance. Consequently, studying the physical-mechanical and thermal properties of thermal insulation materials used in construction, optimizing their composition, and developing new silicate-based composite materials is a priority task.

Research shows that locally produced thermal insulation materials are distinguished by their low thermal conductivity, low moisture absorption, low flammability and toxicity, as well as long service life [2]. Such materials provide energy savings and increase the fire resistance of buildings and structures. Therefore, systematic study of thermal insulation materials used in modern construction technologies and conducting extensive scientific research aimed at improving their effectiveness are of great importance [3].

Among modern construction materials, there are both mineral and organic materials distinguished by their thermal insulation properties. Notably, mineral wool, glass fiber, aerated concrete, and other porous materials are widely used due to their low thermal conductivity and fire resistance [4]. The distinctive feature of mineral wool is its low density (typically 30–600 kg/m³) and high porosity, which enable the material to perform effective thermal insulation [3–5]. Additionally, mineral wool and other silicate-based materials are classified as non-combustible (NG) in terms of fire resistance; they can withstand high temperatures and do not emit harmful gases during combustion [5].

Furthermore, silicate composite materials developed using new technologies aim not only to improve the efficiency of thermal insulation but also to enhance fire resistance properties. Such materials incorporate thermally stable minerals, including vallossanit, vermiculite, dolomite, and CaCO₃. Thermal analyses (using DTA and TGA methods) demonstrate that these materials maintain their insulating and fire-resistant properties at elevated temperatures. This scientific approach enables the development of high-quality and environmentally friendly thermal insulation materials that meet fire safety requirements.

All inorganic thermal insulation materials exhibit high resistance to fire exposure and do not emit toxic substances. Therefore, they are considered the most versatile for insulating buildings and equipment. Based on the analysis of the literature, a systematization of the most effective thermal insulation materials was carried out. The physical and mechanical properties of the most commonly used thermal insulation materials were identified based on the conducted research (see Table 1).

Based on conducted scientific research, silicate-based materials have been developed that ensure the fire safety of buildings and structures, and their thermal properties have been thoroughly investigated. These silicate compositions were produced as composite materials comprising minerals such as vallossanit, vermiculite, dolomite, calcium carbonate (CaCO₃), and liquid glass.

Table 1. Physical and Mechanical Properties of Thermal Insulation Materials

Property	Basalt Wool	Glass Wool	Foam Glass	Aerated Concrete	Mipora
Thermal Conductivity, λ (W/m·K)	0.04–0.059	0.04–0.043	0.04–0.05	0.08–0.15	0.035–0.047
Water Absorption, % by weight	up to 70	up to 70	0.2–1	20	15–20
Density, ρ (kg/m ³)	30	25	120–160	350–700	10–20
Compressive Strength (MPa)	up to 0.1	up to 0.1	1–3	3–7	0.025–0.03
Flexural Strength (MPa)	–	–	0.4–0.6	2–5	0.025–0.03
Water Vapor Permeability, μ (mg/m·h·Pa)	0.54	0.55	0–0.005	0.23–0.28	0.2–0.3
Flammability Rating	NG (Non-combustible)	NG (Non-combustible)	NG (Non-combustible)	NG (Non-combustible)	G2 (Combustible)
Operating Temperature (°C)	up to +700	from –60 to +450	from –30 to +500	from –30 to +400	from –50 to +100
Durability (years)	up to 50	up to 10	Unlimited	Unlimited (dry conditions)	More than 50

The synthesized samples underwent thermal treatment, and the results of differential thermal analysis (DTA) and thermogravimetric analysis (TGA) were comprehensively analyzed. The kinetics of thermal oxidative decomposition of the samples were studied within a temperature range of 393 K to 1202 K, alongside an examination of their physicochemical properties. The findings indicate that silicate-based materials can withstand elevated temperatures and are suitable for use as refractory materials in construction applications (see Figure 1).

The TGA curve reveals three distinct intensive decomposition stages occurring within the temperature intervals of 24.98–242.25 °C, 242.25–542.81 °C, and 543.21–901.67 °C. Notably, during the third stage of decomposition, a mass loss of 9.57 % was observed. These analyses provide critical insights into the thermal

stability and degradation behavior of the composite material, confirming its potential applicability in fire-resistant construction materials.

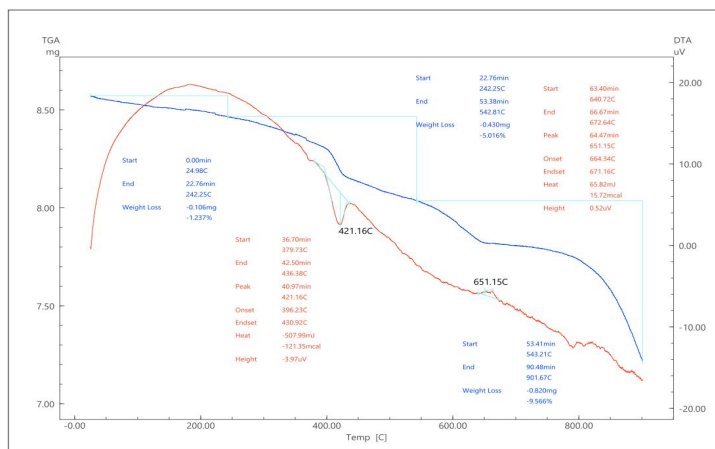


Fig. 1. Derivatogram of the synthesized silicate material sample:

- 1 – Thermogravimetric analysis (TGA) curve;
- 2 – Differential thermal analysis (DTA) curve.

The growing incidence of fire emergencies worldwide necessitates the use of advanced fire-resistant insulation materials in construction. This study confirms that inorganic mineral-based materials, such as basalt wool and silicate composites, exhibit low thermal conductivity, minimal toxicity, and high fire resistance, essential for energy-efficient and safe buildings. Locally produced insulation materials demonstrate favorable properties including low moisture absorption and durability, supporting energy conservation and fire protection. Thermal analyses (DTA, TGA) of silicate composites containing minerals like vallossanit and vermiculite show stable structural integrity and controlled mass loss at high temperatures, indicating excellent thermal oxidative stability. These results highlight the potential of silicate-based composites as eco-friendly, fire-safe materials, critical for improving building safety amid increasing fire risks globally.

LIST OF SOURCES

[1] Hidalgo, J. P., Welch, S., & Torero, J. L. (2015). Performance criteria for the fire safe use of thermal insulation in buildings. *Construction and Building Materials*, 100, 285–297.

[2] Kocharov, A. A., Mamanazarov, M. M., Atabekova, D. L., & Toshbayeva, R. A. (2024, February). Scientific Analysis of the Ecological Condition of the Soils Around the Angren Coal Mine. In International Congress on Biological, Physical And Chemical Studies (ITALY). P. 19–21.

[3] Xursandov, B., Yusupov, F., Kucharov, A., Baymatova, G., & Achilov, N. (2024, March). Study of changes in the physical and mechanical properties of sulfur asphalt concrete mixture based on polymer sulfur. In *AIP Conference Proceedings*, 3045 (1), 030056. AIP Publishing LLC.

[4] Ijjada, N., & Nayaka, R. R. (2022). Review on properties of some thermal insulating materials providing more comfort in the building. *Materials Today: Proceedings*, 58, 1354–1359.

[5] Sadulla, S., Azizbek, K., Farkhod, Y., Anzirat, D., & Ra'No, T. (2025). Scientific Study Of The Physicochemical Properties And Thermal Transformations Of Used Zeolites. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, (3–4), 75–81.

Dusmatova A., Nurmuhamedov A.

***Investigation of the Properties of Thermal Insulation Materials Ensuring
Fire Safety of Buildings and Structures***

УДК 504:631.162:338.43

**ВІДХОДИ ВИНОГРАДАРСТВА ЯК РЕСУРС
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ: ЕКОЛОГІЧНА
ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ПЕРСПЕКТИВА**

Трохименко Г. Г., д.т.н., професор, Літвак О. А., к.е.н., доцент,

Магась Н. І., к.т.н., доцент

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

antr@ukr.net, olya.litvak@gmail.com, nataly.magas@gmail.com

Сучасна енергетична криза, зростання вартості традиційних енергоносіїв та необхідність забезпечення екологічної безпеки актуалізують пошук альтернативних джерел енергії. Одним із перспективних напрямів є переробка сільськогосподарських відходів у біопаливо. Особливе значення мають відходи виноградарства, зокрема виноградна лоза, яка щороку накопичується у великих обсягах та переважно утилізується шляхом

спалювання на полях. Така практика не лише поглиблює проблему викидів парникових газів, а й негативно впливає на стан ґрунтів та екологічну безпеку регіонів.

Використання виноградної лози для виробництва паливних пелет розглядається як ефективний інструмент сталого розвитку, що поєднує екологічні та економічні переваги. Це дозволяє скоротити обсяги агровідходів, сформувати додаткове джерело відновлюваної енергії, підвищити енергетичну незалежність підприємств і сприяти інтеграції України до європейських екологічних та енергетичних ініціатив [1].

Метою роботи є оцінка можливостей переробки відходів виноградарства на біопаливо у вигляді пелет та визначення їх екологічних та енергетичних переваг.

Відходи виноградарства, насамперед виноградна лоза після щорічної обрізки, мають високий енергетичний потенціал і можуть бути ефективно використані для виробництва паливних пелет. Проведений аналіз показав, що теплота згоряння пелет із лози знаходиться в межах 14–17 МДж/кг, що є співставним із показниками деревних пелет [2, 3]. Це підтверджує можливість використання виноградної біомаси як повноцінного замітника традиційних твердих видів палива.

Досвід низки країн світу демонструє ефективність використання виноградної лози як енергетичного ресурсу. У країнах Європейського Союзу використання відходів виноградарства та садівництва як біоенергетичного ресурсу є одним із напрямів зеленої енергетики. Щороку у виноробних регіонах (Франція, Іспанія, Італія, Португалія, Греція) утворюються значні обсяги відходів у вигляді лози, листя та залишків обрізки виноградарників. Європейський підхід базується на концепції циркулярної економіки, де рослинні залишки розглядаються як цінна сировина для енергетики. У Франції та Іспанії активно працюють пілотні та промислові проєкти з виробництва пелет та брикетів із відходів виноградної лози [4, 5]. Наприклад, у регіоні Лангедок-Руссільйон (Франція) діють програми переробки відходів виноградарників у пелети, що використовуються для опалення виноробних господарств та місцевих комунальних закладів. В Італії (регіони Венето та Тоскана) лозу застосовують як паливо у когенераційних установках, що дозволяє отримувати не лише тепло, а й електроенергію [6].

В Україні нормативне забезпечення у сфері відновлюваної енергетики та управління відходами перебуває на етапі активного розвитку та адаптації до європейських стандартів. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» визначає правові засади використання біомаси як енергетичного

ресурсу. Закон України «Про альтернативні види палива» встановлює умови для виробництва та використання біопалив, зокрема пелет. Національний план дій з відновлюваної енергетики передбачає зростання частки біоенергетики у структурі енергоспоживання. У 2022 р. ухвалено Закон України «Про управління відходами», який гармонізовано з Директивами ЄС та закріплює принципи ієрархії поводження з відходами: від запобігання утворенню – до їх повторного використання, переробки та енергетичної утилізації. У межах Угоди про асоціацію з ЄС Україна взяла зобов'язання імплементувати положення Європейського зеленого курсу (European Green Deal). Це включає скорочення викидів парникових газів, розвиток відновлюваної енергетики (в тому числі стимулювання використання біомаси для виробництва теплової та електричної енергії), перехід до вуглецевонейтральної економіки до 2050 року. Таким чином, Україна поступово формує законодавчу та інституційну основу для розвитку біоенергетики, інтегруючи європейські підходи та відкриваючи перспективи для використання агровідходів як альтернативного джерела енергії.

Виробництво паливних пелет із виноградної лози та інших рослинних залишків здійснюється поетапно. На першому етапі проводиться збирання сировини, до якої належать обрізки лози, гілки, листя, стебла та інші відходи рослинного походження. Зібраний матеріал підлягає сушінню до оптимального рівня вологості (10–15 %), що забезпечує якісне пресування [7]. Далі біомаса подрібнюється: спочатку у рубильних машинах, а потім у молоткових млинах до фракції 3–8 мм. Підготовлена маса надходить у гранулятор, де під дією високого тиску та температури формується щільна пелета. Завершальним етапом є охолодження гранул у спеціальних охолоджувачах та їх пакування на автоматизованих лініях, після чого продукт готовий до використання як екологічно чисте біопаливо.

На прикладі діяльності підприємства Миколаївської області (ФОП «Горін Дмитро Борисович»), яке спеціалізується на виробництві пелет із відходів виноградної лози та рослинних залишків, розглянуто виклики та перспективи біоенергетичного використання агровідходів в контексті сталого розвитку. Застосування SWOT-аналізу дозволяє визначити сильні та слабкі сторони такого виробництва, окреслити його можливості та потенційні загрози, що є важливим для формування ефективних стратегій розвитку в умовах сучасних кризових викликів України (табл. 1).

Таблиця 1. SWOT-аналіз виробництва пелет із відходів виноградної лози та рослинних залишків

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
1. Значні обсяги доступної сировини (виноградна лоза, садові та аграрні відходи). 2. Екологічна утилізація відходів замість їх спалювання. 3. Відповідність європейським трендам зеленої енергетики. 4. Можливість зниження викидів CO₂ та покращення екологічної безпеки. 5. Позитивний імідж підприємства.	1. Сезонність заготівлі біомаси (залежність від циклів обрізки виноградників). 2. Агровідходи потребують сушки, що веде до збільшення витрат на виробництво. 3. Обмеженість фінансових ресурсів для модернізації обладнання. 4. Недостатня розвиненість внутрішнього ринку збуту пелет. 5. Відсутність достатньої кількості фахівців з біоенергетики у регіоні.
Можливості (O)	Загрози (T)
1. Інтеграція у європейські програми (<i>Horizon Europe</i>; <i>Creative Europe</i>; <i>LIFE</i> тощо). 2. Розширення ринку збуту (комунальні підприємства, агросектор, експорт до ЄС). 3. Отримання «зелених» інвестицій, грантів і пільгового кредитування. 4. Використання інноваційних технологій для підвищення енергоефективності. 5. Створення нових робочих місць і розвиток місцевих громад.	1. Конкуренція з іншими видами біопалива (деревні пелети, агропелети з соломи). 2. Нестабільність національного законодавства у сфері ВДЕ та управління відходами. 3. Логістичні труднощі, зумовлені воєнними діями та пошкодженням об'єктів критичної інфраструктури. 4. Коливання цін на енергоресурси, що впливають на конкурентоспроможність пелет. 5. Ризики зміни клімату, що впливають на врожайність винограду та кількість сировини.

Проведений SWOT-аналіз виявив низку сильних сторін, зокрема наявність стабільної сировинної бази (виноградна лоза та інші рослинні залишки), відповідність сучасним трендам «зеленої енергетики» та інтеграцію в європейські екологічні підходи. Для їх посилення доцільно:

- запроваджувати сучасні технології збору та підготовки біомаси, що підвищує ефективність виробництва;
- розширювати інвестиції у модернізацію обладнання;
- стимулювати попит на пелети шляхом укладання довгострокових контрактів із комунальними підприємствами та агробізнесом;
- активніше інтегрувати підприємство в європейські програми підтримки відновлюваної енергетики.

Щодо слабких сторін та загроз, основними викликами є сезонність заготівлі сировини, нестабільність національного законодавства та конкуренція з іншими видами палива. Для їх мінімізації важливими є такі заходи:

- створення регіональних логістичних центрів для зберігання й підготовки біомаси, що зменшить ризики сезонності;
- посилення державної підтримки у вигляді «зелених» кредитів, податкових пільг та гарантій збуту біопалива;
- гармонізація законодавства з Директивами ЄС у сфері відновлюваної енергетики та управління відходами;
- проведення інформаційних кампаній серед населення і бізнесу для підвищення довіри до біопалив.

Важливим аспектом є можливість масштабування досвіду підприємства Миколаївської області на інші регіони України. Розвиток виробництва пелет із виноградної лози й агровідходів може стати частиною регіональних програм поводження з відходами та стратегії енергетичної незалежності. Зокрема, у південних та центральних областях України, де сконцентровано значні площі виноградників та садів, доцільно створювати подібні біоенергетичні кластери. Це сприятиме формуванню нових робочих місць, диверсифікації місцевої економіки та зменшенню викидів парникових газів.

Необхідно також враховувати європейський досвід, де біоенергетичні кластери стали частиною місцевої економіки циркулярного типу та дозволили оптимізувати управління аграрними відходами. Реалізація подібних ініціатив в Україні може сприяти залученню міжнародних інвестицій і прискоренню інтеграції у європейський енергетичний простір.

Висновки. Відходи виноградарства є перспективним відновлюваним ресурсом для виробництва паливних пелет. Їх використання сприятиме: скороченню обсягів агровідходів; зменшенню викидів CO₂; підвищенню енергетичної незалежності підприємств; формуванню елементів циркулярної економіки в аграрному секторі. Розвиток цього напряму відповідає європейським тенденціям у сфері біоенергетики та може інтегруватися в національні стратегії енергетичної та екологічної безпеки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Літвак О. А. (2015). Біоекономічні пріоритети у розвитку аграрного сектора. *Глобальні та національні проблеми економіки*, 8. 200–205.
- [2] Дубровін В. А., Голуб Г. А., Драгнев С. В. та ін. (2013). Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси. Київ : Тов. «Віола-принт».

[3] Sánchez-Gómez R., Alonso G. L., Salinas M. R., Zalacain A. (2017). Reuse of vine-shoots wastes for agricultural purposes. In *Handbook of Grape Processing By-Products*, 1st ed.; Galanakis, C. M., Ed.; Elsevier: London, UK, 79–104.

[4] Vineyards for carbon footprint reduction: a sustainable strategy to use biomass for heat & cold in wineries. European Commission. Retrieved from <https://surli/aeqgbg>.

[5] Rizzo P. F., Aguado G. D., Funes-Pinter I., Martinez L. E., Ferrari F. N., De Biazzi F., Martín P., Flores G., Sánchez A., Uliarte E M. (2025). Effluent from Winery Waste Biorefinery: A Strategic Input for Biomass Generation with Different Objectives to Add Value in Arid Regions. *Applied Sciences*, 15 (3), 1435.

[6] Senila L., Tenu I., Carlescu P., Corduneanu O. R., Dumitrachi E. P., Kovacs, E. et al. (2020). Sustainable Biomass Pellets Production Using Vineyard Wastes. *Agriculture*, 10, 501.

[7] Pradhan P., Mahajani S. M., Arora A. (2018). Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review. *Fuel Process Technology*, 181, 215–232.

Trokhymenko G., Litvak O., Magas N.
***Viticulture waste as a resource for pellet production:
ecological and energy perspective***

UDK 622.33:622.765:661.183.2

INNOVATIVE FLOTATION REAGENTS FOR COAL BENEFICIATION: SCIENTIFIC ANALYSIS OF DEVELOPMENT TRENDS

Azizbek Kucharov, PhD in Technical Sciences

Department of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Institute of general and inorganic chemistry

Mirzo Ulugbek ave., 77A, Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan, 100071

ORCID: 0009-0005-5619-8700

Coal remains one of the most important energy sources in the world, accounting for about 29 % of total energy consumption. The largest consumer of coal products is China, with reserves of 3.8 billion tons, or 49 % of the total consumption. Other major consumers include India (0.95 billion tons, 12 %), the

United States (0.8 billion tons, 10 %), and the European Union (0.73 billion tons, 9 %). Due to its use as a raw material for obtaining liquid and gaseous fuels, the demand for coal is steadily growing. Coal-derived fuels are attractive because of their ease of combustion, high calorific value, and relatively complete burning process.

However, natural fossil coals often do not meet the quality standards required by industry. Common drawbacks include high ash content, excessive moisture, and low calorific value. To overcome these limitations, various enrichment methods are applied, including chemical treatment, physicochemical processing, and bio-beneficiation.

In power generation, the removal of ash fractions (mainly SiO_2 and Al_2O_3) is essential. Among the available physical separation techniques gravity separation, electrostatic separation, and froth flotation the latter has proven to be the most effective and widely used, owing to its selective separation of mineral impurities via surface physicochemical properties. Nevertheless, conventional flotation reagents are associated with significant disadvantages, such as environmental hazards, high chemical consumption, and limited selectivity.

Taking into account the increasing requirements for coal quality, as well as the need to reduce the environmental impact of coal beneficiation processes, the development of novel flotation reagents is a highly relevant task. For this reason, low-grade coals, such as Angren lignite (2BOMSSh) and Shargun hard coal (1SSKOM), were chosen as model raw materials. These coals are characterized by low calorific value and unfavorable functional groups ($-\text{COOH}$, $-\text{OH}$), which complicate their direct use.

Table 1. Preparation of SFKM-1 brand surfactant

Name of reagents	Customizable surfactant size			
	5 l	10 l	20 l	50 l
Soapstock oil; l	0.9–1.9	2.5–3.5	5.0–6.0	15–20
KOH; kg	0.10–0.20	0.2–0.4	0.5–0.6	1.2–2.0
Water needed to prepare KOH solution; l	0.10–0.20	0.30–0.4	0.4–0.6	2.0–3.0
Technical water needed to dilute the prepared surface-active substance; l	3.0–4.0	6.0–7.0	12–14	25–30

The aim of this study is to design and test new flotation reagents for improving the efficiency of coal beneficiation. Within the framework of this research, a composite reagent (SFKM-2) was synthesized and its physicochemical properties were systematically investigated. The obtained results demonstrated

that the application of SFKM-2 significantly enhances coal combustion efficiency, reduces ash content, and lowers the ecological risks associated with coal wastes.

In the preparation of the SFKM-1 surfactant, stearic acid reacts with KOH in stoichiometric proportions, where 284 g of stearic acid corresponds to 1 mole of KOH. Considering that soapstock contains 30–75 % fatty acids, preliminary chemical analysis is essential to determine the exact alkali requirement. Based on the technological scheme (Table 1), for producing 50 L of surfactant, 1.6 kg of KOH was dissolved in 2 L of water and kept for 6 h at room temperature to obtain a clear solution. Afterwards, 18 L of soapstock were added, and the mixture was stirred for 2 h at 90–120 rpm. The prepared mixture was then aged for 5–7 days at 15–40 °C, ensuring complete interaction of KOH with stearic and other fatty acids. Finally, dilution with 40 L of water followed by mechanical mixing at 80–100 rpm produced a stable surfactant solution of the SFKM-1 brand [Table 1].

For the purpose of improving flotation activity, the SFKM-1 surfactant was further modified with sulfanol to yield the SFKM-2 flotation reagent. This transformation is associated with the formation of intermolecular hydrogen bonds between oxygen atoms in the carboxyl group of SFKM-1 or sulfanol and hydrogen atoms of functional radicals. The obtained composite reagent was applied in flotation studies using Angren lignites (2BR-B2 and 2BOMSSh-B2 grades), which were selected due to their high ash content and unfavorable physicochemical characteristics. The flotation efficiency was analyzed by evaluating the surface activity and reagent selectivity of the composite formulation.

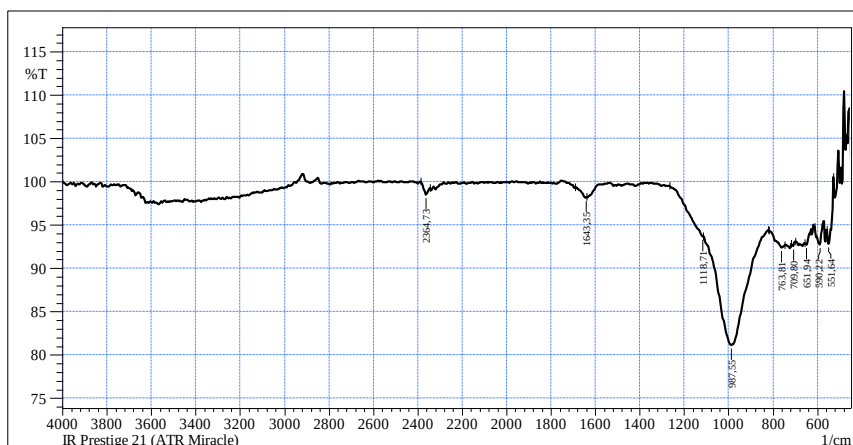


Fig. 1. SFKM-2 composite substance IR – image spectrum

The structural and functional groups of the SFKM-2 composite were characterized using IR-spectroscopy (Fig. 1). The spectral data revealed diagnostic absorption peaks: bands at 600–800 cm^{-1} confirmed the presence of organometallic or C–halide fragments, while peaks within 900–1200 cm^{-1} were attributed to C–O–C linkages. The strong absorption observed at 1400–1600 cm^{-1} corresponded to $\text{C}\equiv\text{N}$, $\text{N}=\text{O}$, $\text{R}-\text{NO}_2$, and $\text{C}=\text{O}$ functional groups, and the broad peak in the 3200–3500 cm^{-1} region indicated the presence of hydroxyl ($-\text{OH}$) groups. These results confirm the successful synthesis of a composite anionic surfactant with distinct physicochemical properties, suitable for application as an effective flotation reagent.

Table 2. Granulometric analysis results

Samples	Coal ash of “New Angren IES” JSC	Shargun coal ash	Kashkadarya vil. Yakkabog district coal
Size mm	in percent (%)	in percent (%)	in percent (%)
1.00	34.8	29.3	44.2
0.800	8.2	15.3	6.5
0.630	7.8	14.2	6.4
0.400	13.9	14.9	12.4
0.200	19.1	19.4	17.1
Dust (0–0.2.)	16.2	6.9	13.4
General	100	100	100

The granulometric analysis of coal ash samples from “New Angren IES” JSC, Shargun deposits, and Yakkabog district (Kashkadarya region) (Table 2) demonstrates that the majority of particles fall within the 0.200–1.000 mm range, with a significant fraction represented by dust (<0.200 mm). It can be concluded that when the particle size of coal ash is reduced to below 0.400 mm, the efficiency of metal extraction processes substantially increases. This is attributed to the larger specific surface area of fine particles, which enhances the accessibility of valuable elements and reduces the mechanical energy required for beneficiation. Moreover, previous studies confirm that smaller fractions generate lower levels of technological waste, making flotation and hydrometallurgical processing of fine coal ash both economically and environmentally advantageous.

The conducted research that the newly synthesized SFKM-2 reagent, obtained by modifying SFKM-1 with sulfanol, possesses active functional groups confirmed by IR-spectroscopy and ensures higher flotation efficiency. Its application to Angren and Shargun low-grade coals reduced ash content,

improved combustion properties, and decreased ecological risks. Granulometric analysis also confirmed that fractions below 0.400 mm enhance metal extraction efficiency and reduce waste, proving the economic and environmental advantages of the developed reagent.

LIST OF SOURCES

[1] Zhao, Y., Yang, X., Luo, Z., Duan, C., & Song, S. (2014). Progress in developments of dry coal beneficiation. *International Journal of Coal Science & Technology*, 1 (1), 103–112.

[2] Kocharov, A. A., Mamanazarov, M. M., Atabekova, D. L., & Toshbobayeva, R. A. (2024, February). Scientific Analysis of the Ecological Condition of the Soils Around the Angren Coal Mine. In International Congress on Biological, Physical And Chemical Studies (ITALY) (pp. 19–21).

[3] Xursandov, B., Yusupov, F., Kucharov, A., Baymatova, G., & Achilov, N. (2024, March). Study of changes in the physical and mechanical properties of sulfur asphalt concrete mixture based on polymer sulfur. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3045, No. 1, p. 030056). AIP Publishing LLC.

[4] Salikhanova, D. S., Savrieva, D. D., Karabaeva, M. I., Sagdullaeva, D. S., Ubaydullayeva, N. N., & Usmanova, Z. T. (2023, August). Charcoal adsorbents for glycerin purification. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1231, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.

[5] Azizbek, K., Farkhod, Y., Sanjar, K., & Sukhrob, Y. (2025). Technology for processing coal and converting it into an energy source by extracting gas. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, (3–4), 32–36.

Azizbek Kucharov

Innovative flotation reagents for coal beneficiation: scientific analysis of development trends

УДК 574.63:725.74

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПІДГОТОВКИ ПЛАВАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ

Благодатний В. В.¹, к.т.н., доц., Плахотня Л. О.¹, студентка,
Белявський В. І.²

¹ Національний університет кораблебудування;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0462-2651>

woblaho@ukr.net

² ТОВ Виробничо-комерційне підприємство «Інтерпродукт»

Особливості функціонування штучних плавальних басейнів є дуже специфічними. Технологія нормальної роботи полягає у забезпеченості високої санітарно-гігієнічну надійності, що виключає будь-які епідемічні захворювання у користувачів басейнів. Відповідно вимоги санітарних норм передбачають дотримання органолептичних, токсикологічних і мікробіологічних показників [1]. Тому потрібно встановлювати спеціальні установки для очищення, знезараження і підігрівання води, а також пристрої і обладнання допоміжних приміщень для обслуговування відвідувачів. Існуючі нормативи якості таких вод постійно вдосконалюються і розширюється, їхня номенклатура показників якісного стану та вимоги до вмісту окремих речовин також стає жорсткішою.

Отже, створення нових та реконструкція старих басейнів повинні здійснюватися з урахуванням специфічних вимог до якості води, що використовується у їхніх системах оборотного водопостачання. Тому проблема розробки сучасного обладнання, яке забезпечувало би з високою ефективністю знезараження стічних вод індивідуальних та лікувальних, а також спортивно – оздоровчих та навчально-спортивних плавальних басейнів останнім часом набула значної актуальності.

Метою даної роботи є розробка системи водопостачання, що забезпечує прийнятні показники якості води плавальних басейнів та створення засобів очищення оборотної води та її знезараження.

На основі аналізу існуючих систем оборотної води басейнів з основних вимог їх складу та характеру забруднення, можна виділити основні елементи систем очищення стічних вод [2]. До них включають апарати попереднього механічного очищення води, установки знезараження та обладнання, як правило, фізико-хімічного очищення води.

Апарати попереднього очищення води призначені для видалення предметів, що випадково потрапили до оборотної води. Для цього на випусках з ванни встановлюють ґрати, сітчасті або гравійні зернисті фільтри з механічним або гідравлічним очищенням. Крім того використовуються напірні гідроциклони, які прості, надійні, дешеві та здатні забезпечити достатній рівень очищення. Серед варіантів механічного очищення стічних вод прийнято встановлення апаратів напірних гідроциклонів, які прості надійні, дешеві та здатні забезпечити достатній рівень очищення.

До блоку фізико – хімічної обробки води порівнювали модулі баромембранного розділення зворотного осмосу, ультрафільтрації та мікрофільтрації [3]. Згідно з дослідженнями враховуючі значення концентрації компонентів розчину можна зробити висновок про ефективність розділення розчину стічних вод за допомогою мікрофільтрації на трубчастих керамічних мембранних елементах [2].

Аналіз установок знезараження води проведений для реагентних методів, у яких дезінфекція досягається шляхом внесення у воду біологічно активних хімічних сполук (хлорування, бромовання, озонування, використання кисневмісних реагентів, комбінованих препаратів типу «хлор + кисень» тощо); а також безреагентні методи, в яких обробка води здійснюється фізичним впливом (ультрафіолет, ультразвук, електроімпульси тощо). Порівняльний аналіз наведених систем знезараження для басейну, і враховуючи такі показники, як, компактність установки, потужність, а також термін служби, найкращим варіантом слід вважати прийнятною систему ультрафіолетового знезараження.

На основі результатів розроблена система оборотного водопостачання басейну, що складається з рециркуляційної ємкості, рециркуляційного насосу, блоку гідро циклонів, мікрофільтраційного блоку, а також Уф-знезараження води, ємкості фільтрату (очищеної води), насосу фільтрату, компресору і запірно-регулюючої арматури.

Дослідження показує, що розроблена система здатна забезпечити вищий рівень очищення води від забруднення по більшості категорій речовин серед розглянутих варіантів та відрізняється меншими розмірами та вищою продуктивністю, а також економічністю .

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1]. Орлов В. О. Технологія підготовки питної води : навч. посіб. / В. О. Орлов, А. М. Орлова, В. О. Зошук. Рівне : НУВГП, 2010. 176 с.

[2]. Благодатний В. В., Белявський В. І., Богданова А. С. Розробка раціональних засобів знезараження води плавальних басейнів. *Збірник наукових праць НУК*. 2017. № 3. С. 108–113.

[3]. Брик М. Т. Питна вода і мембранні технології (огляд). *Наукові записки*. Том 18. Хімічні науки. 2000. С. 1–24.

Blahodatnyi V., Plakhotnia L., Bieliavskyi V.
Development of a water treatment system for swimming pools

УДК 504.05:628.472

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ НЕСАНКЦІОНОВАНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ

Літвак О. А., к.е.н., доцент; Гребеник С. М., магістрант
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв
olya.litvak@gmail.com; sammysayme777@gmail.com

Накопичення електронних відходів у світі відбувається надзвичайно високими темпами, що створює передумови для масштабного забруднення ґрунтів, водних об'єктів і повітря, і відповідно становить загрозу як для екосистем, так і для здоров'я людей. Тому наукове осмислення та практичне вирішення питання екологічно безпечного поводження з електронними відходами стає все більш важливим завданням сучасної екологічної політики. В Україні ця проблема загострюється через відсутність системного підходу до збору, сортування і переробки електроніки. Більшість пристроїв потрапляє до стихійних сміттєзвалищ або спалюється на відкритому повітрі, що спричиняє серйозне забруднення довкілля. Таким чином, питання безпечного управління електронними відходами набуває особливої актуальності.

Метою дослідження є вивчення екологічних наслідків несанкціонованої утилізації електронних відходів, аналіз механізмів потрапляння токсичних речовин до компонентів довкілля, а також обґрунтування необхідності запровадження безпечних, регламентованих заходів поводження з електронними відходами.

Електронні відходи – це відпрацьовані або непридатні для подальшого використання електричні та електронні пристрої, їхні компоненти, плати,

кабелі, джерела живлення, дисплеї, побутова та офісна техніка, засоби зв'язку, а також електроніка промислового призначення. Відповідно до класифікації, електронні відходи поділяються на великогабаритні (холодильники, пральні машини), дрібні пристрої (телефони, фен, мікрохвильова піч), ІТ-обладнання (комп'ютери, ноутбуки), а також специфічну електроніку – прилади військового, медичного чи лабораторного призначення.

Склад електронних відходів є надзвичайно різноманітним, вони можуть містити понад 60 хімічних елементів. Основними групами матеріалів, з яких складаються електронні відходи, є:

- метали – залізо, мідь, алюміній, олово, цинк, нікель;
- дорогоцінні метали – срібло, золото, паладій;
- рідкоземельні елементи (скандій, ітрій, метали групи лантанодів);
- пластмаси – переважно полістирол, полівінілхлорид, поліетилен;
- скло, переважно з дисплеїв (CRT, LCD), яке може містити свинець

або рідкі кристали;

– небезпечні речовини – важкі метали, бромовані антипірени, фталати, поліциклічні ароматичні вуглеводні, бензол, толуол, етилбензол, ксилол, тонерний порошок, електроліти з акумуляторів тощо [1].

Темпи зростання обсягів електронних відходів у світі щороку прискорюються. Постійний випуск провідними світовими компаніями все нових і нових пристроїв веде лише до збільшення цього обсягу. Особливістю сучасних електронних пристроїв є те, що внаслідок триваючого технічного прогресу, вони катастрофічно швидко застарівають «морально», «виходять з моди», стаючи непривабливими для власників. А це означає, що непотрібними стають не тільки зламані вироби, а й повністю працездатні пристрої, які могли функціонувати ще довгі роки [2].

За даними Глобального моніторингу електронних відходів у 2022 році у світі утворилося 62 млн тонн електронних відходів, або в середньому 7,8 кг на душу населення. Лише 22,3 % (13,8 млн тонн) утворених електронних відходів були належним чином зібрані та перероблені [3]. Враховуючи складну і небезпечну структуру електронних відходів, їх утилізація без належного технологічного контролю несе значну загрозу довкіллю та здоров'ю людини. В табл. 1 наведено основні екологічні та токсикологічні впливи компонентів електронних відходів у разі несанкціонованої утилізації.

Несанкціонована утилізація електронних відходів – це процес знищення, спалювання або розбирання електронних пристроїв поза межами ліцензованих підприємств і без дотримання вимог екологічної та

техногенної безпеки. Такий підхід характерний для країн із низьким рівнем контролю над поводженням з небезпечними відходами, в тому числі для України, де значна частина електронних відходів обробляється нелегально або накопичується без належної переробки.

Таблиця 1. Вплив компонентів електронних відходів на довкілля та здоров'я людини [4, 5]

№	Компонент відходів	Джерело в електроніці	Токсичний вплив на довкілля	Потенційна шкода для здоров'я людини
1	Свинець (Pb)	Монітори (CRT), батареї, друковані плати	Забруднення ґрунту, підземних вод	Ураження нервової системи, ниркова недостатність
2	Ртуть (Hg)	Лампи, перемикачі, деякі дисплеї	Забруднення водойм, біоаккумуляція	Порушення зору, мозкової діяльності
3	Кадмій (Cd)	Акумулятори, резистори, SMD-компоненти	Токсичність для водних екосистем	Ураження легень, канцерогенний ефект
4	Бромовані антипірени (PBDE)	Пластикові корпуси, кабелі, плати	Утворення діоксинів під час спалювання	Гормональні порушення, тератогенність
5	Арсен (As)	Старі мікросхеми, компоненти плат	Токсичність ґрунтам, підземним водам	Ураження печінки, шкіри, підвищений ризик раку
6	Полівінілхлорид (ПВХ)	Кабелі, обгортки, корпуси	Викиди діоксинів при горінні	Онкогенна дія, ушкодження репродуктивної системи
7	Нікель (Ni)	Батареї, роз'єми, металеві оболонки	Отруєння води та ґрунтів	Дерматити, ураження дихальної системи
8	Літій (Li)	Акумулятори, енергоблоки	Реактивність при неправильному зберіганні	Вибухи, хімічні опіки, токсичний вплив на серце
9	Скло зі свинцем	Екрани (CRT)	Забруднення важкими металами при руйнуванні	Тривале отруєння у разі накопичення в організмі
10	Пластмаса (з домішками)	Корпуси, клавіатури, миші	Викиди токсичних парів при спалюванні	Вплив на дихальну систему, канцерогенна дія

Основними формами несанкціонованої утилізації електронних відходів є:

- спалювання на відкритому повітрі електронних відходів (особливо пластикових оболонок кабелів) використовується для вилучення металів. При цьому утворюються діоксини, фурани, бензопірені, які є канцерогенними речовинами;

- механічне руйнування без захисту в кустарних майстернях, коли розбирають компоненти без належної вентиляції та засобів індивідуального захисту, що призводить до забруднення повітря та контакту робітників з токсинами;

- захоронення на непідготовлених полігонах, що веде до вилуговування важких металів у ґрунти та підземні води.

Однією з головних загроз при несанкціонованій утилізації є вивільнення небезпечних хімічних сполук. Наприклад, під час спалювання плат, кабелів або пластикових корпусів виділяються діоксини, фурани, свинець, ртуть, кадмій, бромовані антипірени – речовини з високою токсичністю та канцерогенним потенціалом. Дослідження, проведені в регіонах масового ручного розбирання е-відходів у Китаї, Гані, Індії, свідчать про значне перевищення концентрацій важких металів у повітрі, ґрунтах та воді, що прямо корелює з поширенням респіраторних та онкологічних захворювань серед населення [6].

Елементи друкованих плат, акумулятори та монітори містять важкі метали, які під час розкладання або механічного руйнування просочуються у ґрунт та підземні води. Кадмій, нікель і свинець мають здатність акумулюватися в живих організмах, викликаючи хронічні ураження нирок, печінки, нервової системи. У сільськогосподарських районах забруднення ґрунтів такими речовинами призводить до погіршення якості продукції та втрати родючості землі.

Під впливом атмосферних опадів та ерозії хімічні елементи з нелегальних звалищ електронних відходів потрапляють у водні екосистеми, де піддаються біоаккумуляції. Це особливо небезпечно для водних організмів і птахів, а також для людей, які споживають заражену рибу чи воду. Високий рівень ртуті та свинцю у річках та прибережних водах біля пунктів несанкціонованої утилізації фіксувався у низці досліджень у країнах Азії та Африки.

У країнах із перехідною економікою, до яких належить і Україна, несанкціонована утилізація часто є джерелом доходу для соціально вразливих верств населення – зокрема, неофіційного сектору збору вторсировини. Роботи здійснюються без засобів захисту, без технологічного

контролю, що призводить до високого рівня забруднення житлових територій та загрози здоров'ю людей, які залучаються до сортування електронного сміття.

За оцінками фахівців, понад 70 % електронних відходів в Україні не потрапляють до офіційної системи збору та утилізації [7]. Значна частина опиняється на звалищах, в лісосмугах або на несанкціонованих пунктиках збору брухту, де електроніка розбирається «на місці» – із застосуванням відкритого вогню, кислот або механічного подрібнення без фільтрації повітря та обробки стоків. Це створює осередки токсичного впливу поблизу житлових масивів, особливо у периферійних зонах міст та сільських громадах.

Таким чином, несанкціонована утилізація електронних відходів є вагомим чинником техногенного навантаження на довкілля та здоров'я населення. Неефективність системи державного контролю, відсутність стимулів для ліцензованої переробки та низька обізнаність громадян сприяють поглибленню екологічної кризи, пов'язаної з неконтрольованим накопиченням і розкладанням небезпечних компонентів електронних відходів. Це потребує розробки та впровадження національної стратегії поводження з електронними відходами, що передбачає інфраструктурні, освітні та регуляторні заходи.

Станом на 2025 рік в Україні нормативно-правове регулювання поводження з електронними відходами перебуває на етапі формування та адаптації до європейських стандартів. Наявна система має фрагментарний характер, а окремі ключові механізми лише поступово впроваджуються. На сьогодні основні засади регулювання у сфері управління електронними відходами ґрунтуються на таких документах:

- Закон України «Про управління відходами», який вперше вводить поняття розширеної відповідальності виробника та визначає спеціальні категорії відходів, зокрема електронне та електричне обладнання;

- Національна стратегія управління відходами до 2030 року, яка передбачає створення інфраструктури для роздільного збирання електронних відходів та їх екологічно безпечної обробки;

- Проект Закону України «Про електричне та електронне обладнання та відходи електричного та електронного обладнання», мета якого – гармонізація з Директивами ЄС 2012/19/EU про відходи електричного та електронного обладнання (WEEE) та 2011/65/EU про обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні (RoHS).

Проте, попри наявність цих документів, механізми реалізації ще не функціонують у повному обсязі, а правозастосовна практика є обмеженою. Серед ключових проблем, що обмежують розвиток ефективного управління електронними відходами в Україні можна зазначити наступні:

- низький рівень державного стимулювання;
- відсутність належної кількості ліцензованих операторів та логістичної інфраструктури;
- відсутність системи моніторингу потоків електронних відходів;
- тіньовий обіг відходів і ручна небезпечна переробка;
- недостатній контроль з боку держави за незаконною утилізацією чи експортом електронних відходів
- нестача інвестицій та сучасного обладнання;
- низький рівень участі населення у сортуванні та здачі електроніки на переробку.

Стратегічно важливим інструментом у боротьбі з накопиченням електронних відходів та несанкціонованою їх утилізацією є впровадження системи розширеної відповідальності виробника. Її ефективне впровадження дозволить не лише зменшити екологічне навантаження, а й стимулювати розвиток інновацій, циркулярного виробництва та формування відповідального споживання в суспільстві [8].

Суть принципу розширеної відповідальності виробника полягає в тому, що виробник або імпортер продукції несе відповідальність не лише за її виготовлення та продаж, а й за повне або часткове фінансування збирання, транспортування, переробки, утилізації або знешкодження відпрацьованої продукції [9].

У випадку з електронними відходами впровадження системи розширеної відповідальності виробника має критично важливе значення через високу екологічну небезпеку електронних відходів, неналежна утилізація яких призводить до підвищення антропогенного навантаження. Тому виробник повинен передбачати екологічно безпечне завершення життєвого циклу продукту. Відповідно, обов'язок виробника нести відповідальність за майбутню утилізацію продукції, спонукає його проектувати пристрої з меншим вмістом токсичних матеріалів, з можливістю легкого демонтажу, повторного використання або переробки компонентів, що відповідає концепції екологічного дизайну.

Розширена відповідальність виробника дозволяє створити економічно стабільну систему збору та переробки електроніки, оскільки витрати покриваються не за рахунок місцевих бюджетів, а за рахунок внесків

виробників або операторів. Це знижує навантаження на громади та стимулює розвиток спеціалізованих підприємств. При цьому формування офіційних каналів збирання і переробки зменшує роль нелегального сектору утилізації електронних відходів, що часто використовує екологічно небезпечні методи. Через механізм розширеної відповідальності виробника відходи спрямовуються до ліцензованих операторів.

Принцип розширеної відповідальності виробника широко впроваджений у країнах ЄС, Японії, Південної Кореї, Канаді. В Європейському Союзі згідно з Директивою 2012/19/ЄС (WEEE), виробники електроніки зобов'язані фінансувати повернення, збір та обробку старої електроніки. Україна, прагнучи до інтеграції з європейським простором, повинна гармонізувати своє законодавство відповідно до цих принципів.

Система розширеної відповідальності виробника поки що не запроваджена в Україні. Для повноцінного її функціонування необхідно:

- прийняти спеціалізований закон про електронні відходи з чітким механізмом реалізації розширеної відповідальності виробника;
- створити організації розширеної відповідальності виробників (ОРВВ) – колективні структури, які централізовано виконують обов'язки виробників [10];
- запровадити реєстр виробників електронного та електричного обладнання;
- розробити прозору систему фінансування та звітності щодо зібраних і перероблених обсягів відходів;
- забезпечити моніторинг та контроль з боку держави щодо виконання вимог розширеної відповідальності виробника.

Не менш важливою є організаційна складова управління електронними відходами в Україні, яка включає такі напрямки:

- формування системи збирання електронних відходів через встановлення контейнерів для електроніки в торговельних центрах, на муніципальних пунктах прийому тощо. Деякі міста (Київ, Львів, Харків) вже впроваджують пілотні ініціативи;
- створення спеціалізованих підприємств з ліцензією на обробку електронних відходів. Прикладом може служити компанія «Екологічні Інвестиції», яка займається утилізацією небезпечних відходів, в тому числі і електричного обладнання. Компанія має сертифікати щодо впровадження міжнародної системи з управління якістю та екологічного управління [11];
- проведення інформаційних кампаній щодо безпеки неправильного поводження з електронікою та необхідності роздільного збору;

– міжнародна технічна допомога, зокрема проекти. Наприклад, проект «Створення електронної інформаційної системи управління відходами (E-Waste System)», що забезпечить доступну, прозору систему відстеження циклу поводження з електронними відходами в Україні. Проект реалізується за фінансової підтримки Шведського агентства з питань міжнародної співпраці та розвитку [12];

– розвиток державної статистики та реєстрів суб'єктів, що працюють з електронними відходами, задля моніторингу потоків таких відходів.

Висновки. Несанкціонована утилізація електронних відходів є серйозною загрозою для екологічної безпеки. Токсичні компоненти таких відходів забруднюють усі складові довкілля (повітря, воду, ґрунт) і негативно впливають на здоров'я населення. Подолання цієї проблеми потребує інтегрованого підходу, який включає правове регулювання, розвиток інфраструктури переробки та підвищення екологічної свідомості населення. Інвестування у сферу управління електронними відходами створює нові робочі місця, сприяє розвитку інноваційних підприємств та стимулює впровадження сучасних технологій захисту довкілля. В умовах енергетичної та ресурсної кризи дана сфера набуває стратегічного значення.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Главацька Л. Ю., Іщенко В. А. (2021). Аналіз складу компонентів електронних та електричних відходів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 1, 42–48.
- [2] Shahabuddin M., Uddin M. N., Chowdhury J. I., Ahmed S. F., Uddin, M. N., Mofijur M., Uddin M. A. (2023). A Review of the Recent Development, Challenges, and Opportunities of Electronic Waste (e-Waste). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 4513–4520.
- [3] Baldé C. P., Kuehr R., Yamamoto T., McDonald R. et al. (2024). *Global E-waste Monitor 2024*. Geneva/Bonn. UNITAR, ITU.
- [4] Chatterjee A., Abraham J. (2017). Efficient Management of E-Wastes. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14, 211–222.
- [5] Salhofer S. Tesar M. (2011). Assessment of removal of components containing hazardous substances from small WEEE in Austria. *Journal of hazardous materials*, 186 (2–3), 1481–1488.
- [6] Osibanjo O., Nnorom I. C. (2007). The challenge of electronic waste (e-waste) management in developing countries. *Waste Management Research*, 25, 489–501.
- [7] Ринок небезпечних відходів України: про важливе у цифрах. Взято з <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/rynok-opasnyh-othodov-ukrainy-vazhnoe-v-cifrah-material-pro-consulting-dlya-ekologiya-ekonomika>.

[8] OECD (2016). Extended Producer Responsibility: Updated Guidance for Efficient Waste Management, OECD Publishing, Paris.

[9] Офіс сталих рішень (2023). Розширена відповідальність виробника: кого стосується? Взято з <https://ukraine-oss.com/rozshyrena-vidpovidalnist-vyrobnyka-kogo-stosuyetsya/>.

[10] Саліхов О. О. (2024). Організації розширеної відповідальності виробника як неприбуткові організації. *Аналітично порівняльне правознавство*, 5, 327–333.

[11] Екологічні Інвестиції. Послуги поводження з відходами. Взято з <https://ecological.investments/>.

[12] Цифрове управління відходами (платформа E-Waste). Взято з <https://www.undp.org/uk/ukraine/projects/tsyfrove-upravlinnya-vidkhodamy-platforma-e-waste>.

Litvak O., Grebenyk S.

Research into the problem of unauthorized disposal of electronic waste

УДК 658.382.3

**ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ПРАЦІ ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ
КОМПЛЕКСНОГО МОДИФІКАТОРА
ПРИ МОДИФІКУВАННІ ЧАВУНУ В УМОВАХ
ЛИВАРНОГО ЦЕХУ ТОВ «ЗАПОРІЗЬКИЙ
ЛИВАРНО-МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД»**

Манідін В. С.¹, Осетрова Г. Ю.¹, Андрущенко Д. А.², Грідяєв В. В., к.т.н.¹

¹Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні ЗНУ;

²ТОВ «Технічний Університет «Метінвест Політехніка»

^{1,2}Україна, Запоріжжя

¹manidin.v@gmail.com, anna.osetrova@metinvestholding.com,

ORCID0000-0001-7767-4490;

²d.a.andrushchenko@metinvestholding.com

Одним із найважливіших напрямів розвитку сучасного ливарного виробництва є підвищення якості чавунного литва шляхом використання модифікаторів. Модифікування чавуну дозволяє регулювати структуру металу, покращувати механічні властивості, зменшувати усадкові дефекти та підвищувати експлуатаційну довговічність готових виробів.

У той же час підготовка модифікаторів – технологічно складний і трудомісткий процес, який супроводжується підвищеними ризиками травматизму та шкідливими факторами для працівників. Зокрема, ручне подрібнення модифікаторів ударним інструментом може призвести до травмування від уламків або падіння великих шматків, а також викликає надмірні фізичні навантаження та вплив пилу.

Актуальність теми полягає в необхідності вдосконалення умов праці під час підготовки комплексних модифікаторів для чавуну, що використовуються у ливарному цеху ТОВ «Запорізький ливарно-механічний завод» (далі – ТОВ «ЗЛМЗ»). Підприємство спеціалізується на виготовленні великогабаритних виливниць з передільного чавуну доменної плавки масою до 30 000 кг, для яких стабільна якість модифікування має вирішальне значення.

Відомі методи підготовки модифікаторів у ливарних виробництвах, наведені у дослідженнях останніх років [1–3], орієнтовані на покращення технологічного ефекту, але часто не враховують аспекти безпеки праці. У більшості випадків дроблення здійснюється вручну, що суперечить сучасним вимогам до ергономіки робочого місця.

Мета роботи – розробити та впровадити технічне рішення, спрямоване на поліпшення умов праці під час підготовки комплексного модифікатора, забезпечивши при цьому ефективність технологічного процесу модифікування чавуну в умовах ливарного цеху ТОВ «ЗЛМЗ».

1. Характеристика виробництва та проблематика процесу.

У ливарному цеху ТОВ «ЗЛМЗ» виготовляються великогабаритні чавунні виливниці, які застосовуються для розливання сталі у металургійному циклі. Для покращення механічних властивостей чавуну та структури графіту застосовується комплексний модифікатор, виготовлений безпосередньо в умовах цеху.

Технологія виготовлення модифікатора запропонована фахівцями кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету. Вона передбачає плавлення компонентів у індукційній печі, розливання у форми розміром 1000×500×200 мм, подальше охолодження та витягання з форм.

Після охолодження злитки модифікатора передаються на ділянку заливки, де здійснюється ручне подрібнення за допомогою молотів. Розміри отриманих часток становлять приблизно 100×100 або 200×200 мм. Однак, відповідно до технічних характеристик (див. табл. 1 і 2), ефективність

модифікатора зростає зі зменшенням розміру зерен – до 3–10 мм для ковшів масою понад 1000 кг.

Таким чином, необхідність отримання дрібнозернистої фракції зумовлює значні трудові витрати та створює небезпечні умови праці.

2. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Основні ризики під час ручного подрібнення модифікатора:

- травмування рук та обличчя уламками при ударі;
- падіння важких кусків на ноги;
- підвищене фізичне навантаження через роботу в незручній позі;
- підвищений рівень шуму;
- утворення пилу, що забруднює повітря робочої зони.

Згідно з НПАОП 27.5-1.46-14 «Правила охорони праці у ливарному виробництві»[4], концентрація пилу в повітрі не повинна перевищувати гранично допустимих значень. У випадку ручного дроблення ці вимоги часто порушуються.

3. Запропоноване технічне рішення.

Для зниження травмонебезпеки та поліпшення умов праці запропоновано замість ручного дроблення використовувати щоккову дробарку. Це обладнання забезпечує подрібнення великих шматків модифікатора до необхідних фракцій (3–20 мм) без безпосереднього контакту працівника з матеріалом.

Працівники виконують лише первинне розділення на великі шматки, а основне дроблення здійснює механізм.

Під час впровадження обладнання розглядалися кілька варіантів його встановлення. Було обрано технічно обґрунтоване рішення – монтаж дробарки на неексплуатовану передаточну телегу вантажопідйомністю 90 т, що дозволило уникнути будівництва стаціонарного фундаменту.

Спільно з проектно-конструкторським управлінням ПАТ «Запоріж-сталь» було виконано модернізацію телеги, що включала:

- підсилення несучої конструкції;
- встановлення постаментів під дробарку;
- облаштування захисних огорож;
- створення проходів для персоналу;
- монтаж заспокійливої воронки для подачі матеріалу;
- встановлення точки для спрямованого виходу дробленого продукту в контейнер.

Після монтажу виконано пусконаладжувальні роботи та розроблено інструкцію з експлуатації дробарки, у якій враховані вимоги охорони праці та безпечного обслуговування обладнання.

4. Очікуваний ефект від впровадження.

Після введення в експлуатацію дробарки очікується:

- зниження частки ручної праці під час підготовки модифікатора на 80–90 %;
- усунення безпосереднього контакту працівників із зоною дроблення;
- зменшення запиленості робочого середовища;
- покращення ергономічних умов роботи;
- підвищення рівня безпеки праці відповідно до вимог НПА ОП 0.00-1.80-18 [5];

– стабілізація гранулометричного складу модифікатора, що позитивно вплине на якість модифікування чавуну.

Таким чином, у процесі дослідження встановлено, що ручне подрібнення комплексного модифікатора в умовах ливарного цеху ТОВ «ЗЛМЗ» є небезпечним і малоефективним методом. Основні шкідливі фактори – травмонебезпека, пил, шум та фізичне перевантаження працівників.

Запропоноване рішення – впровадження шокової дробарки, встановленої на модернізованій телезі вантажопідйомністю 90 т – дозволило механізувати процес підготовки модифікатора, підвищити безпеку праці та якість отриманого продукту.

Отримані результати мають практичну значущість для підприємств ливарної галузі, оскільки демонструють можливість ефективного поєднання технічних і організаційних заходів щодо покращення умов праці без значних капіталовкладень.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Бубликов, В. Б., Бачинський, Ю. Д., Нестерук, О. П. (2023). Підвищення пластичності високоміцного чавуну внутрішньоформовим модифікуванням розплаву зі зменшеним вмістом кремнію. *Процеси лиття*, 3 (153), 3–11. DOI: <https://doi.org/10.15407/plit2023.03.003>.

[2] Баглюк, Г. А., Куровський, В. Я., Шинський, О. Й. (2023). Вплив технологічних параметрів внутрішньоформового модифікування порошковими брикетованими модифікаторами на структуру та властивості виливків з високоміцного чавуну. *Металофізичні новітні технології*, 45 (3), 343–357. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.45.03.0343>.

[3] Бубликов, В. Б., Бачинський, Ю. Д., Нестерук О. П., Берчук Д. М., Ясинська О. О., Ясинський О. О., Овсянников В. О. (2024). Вплив модифікаторів, легування міддю і нікелем на структуру, механічні і експлуатаційні

властивості перлітного високоміцного чавуну. *Метал та лиття України*, 32 (1), 31–39. DOI: <https://doi.org/10.15407/steelcast2024.01.004>.

[4] НПАОП 27.5-1.46-14 «Правила охорони праці у ливарному виробництві»: Наказ Міністерства енергетикита вугільної промисловості України від 03.11.2014 № 779. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1476-14#Text>.

[5] НПАОП 0.00-1.80-18 «Правилаохорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання»: Наказ Міністерствасоціальної політики України від 19.01.2018 № 62. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18#Text>.

ManidinV., Osetrova H., Andrushchenko D., Gridiaiev V.
***Improvement of working conditions during the preparation of a complex
modifier in the modification of cast iron in the foundry shop
of llc “Zaporizhzhia foundry and mechanical plant”***

УДК 502/504:631.95

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ РЕСУРСНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Гомля Л. М., к.біол.н., доцент кафедри ботаніки, екології та методики
навчання біології

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка
Україна, Полтава

ORCID: 0000-0002-0462-9338

gomlyalm@ukr.net

Актуальність роботи зумовлена необхідністю забезпечення сталого розвитку сільськогосподарських територій та підвищення їхньої ресурсно-екологічної безпеки. В умовах інтенсивного ведення сільського господарства, питання виснаження ґрунтів, забруднення водних ресурсів, втрати біорізноманіття та зміни клімату набувають особливого значення.

Дослідження еколого-економічної безпеки сільськогосподарського землекористування проводили численні вчені. Значний внесок у цю проблематику зробили такі науковці, як В. Будзяк, Д. Добряк,

Л. Грановська, Л. Купінець, А. Третяк, О. Фурдичко та інші. Теоретико-методичні підходи до формування та забезпечення екологічної безпеки розглянуті у працях О. Литвин, В. Потапенко, О. Прокопенко, С. Рогащ, М. Самойлік, Л. Соломенко, О. Шкуратова. Проте, незважаючи на значний обсяг наукових досліджень у цій сфері, питання теоретичного обґрунтування змісту поняття «ресурсно-екологічної безпеки» та визначення його концептуальних засад із урахуванням особливостей функціонування аграрного сектору залишаються недостатньо розробленими.

Мета дослідження – обґрунтування концептуальних та методологічних принципів забезпечення ресурсно-екологічної безпеки агропромислового комплексу, спрямованих на підвищення стійкості його розвитку в умовах сучасних екологічних викликів.

Стабільність та продуктивність агроєкосистем визначаються рівнем біорізноманіття ґрунтової мікробіоти. Антропогенний вплив, що є невіддільною частиною сучасних агротехнологій, чинить деструктивний вплив на життєдіяльність ґрунтових організмів. Ключові елементи агротехнологічного комплексу, зокрема іригація, фертигація та застосування засобів захисту рослин, спричиняють низку негативних екологічних наслідків. Інтенсивне зрошення може призводити до вторинного засолення ґрунтів, що значно змінює їхній хімічний склад і робить непридатними для існування багатьох мікроорганізмів. Внесення мінеральних добрив (фертигація) і пестицидів безпосередньо впливає на чисельність і видовий склад ґрунтової біоти, частина яких гине або мігрує з екосистеми, що призводить до втрати ключових мікроорганізмів, відповідальних за процеси азотного обміну.

Неконтрольоване використання агрохімікатів та ігнорування природних механізмів підтримання родючості ґрунтів є основною причиною їхньої деградації та виникнення екологічних проблем. Однією з найважливіших проблем є порушення структури ґрунтових мікробних угруповань, що стають надзвичайно вразливими до антропогенного тиску. Глобальна хімізація сільського господарства призводить до руйнівного впливу на природні біологічні процеси в ґрунті. Масштабне застосування хімічних добрив і пестицидів спричиняє значне зниження видового різноманіття мікроорганізмів, що своєю чергою, призводить до порушення їхніх екосистемних функцій.

Зменшення біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів не лише знижує загальну родючість ґрунту, але і порушує його екологічну рівновагу та обмін речовин. Це може призвести до негативних змін у структурі ґрунту,

його здатності утримувати вологу та поживні речовини. Також, хімічний вплив порушує симбіотичні та інші взаємодії між мікроорганізмами та кореневою системою рослин. Зниження інтенсивності цих взаємозв'язків негативно позначається на здоров'ї та рості рослин, зменшуючи їхню здатність ефективно використовувати поживні речовини з ґрунтового середовища.

Для подолання цих негативних наслідків стає критично важливим переосмислення сучасних підходів до сільськогосподарського виробництва. Перехід до екологічно збалансованих методів, що мінімізують застосування хімічних речовин та сприяють збереженню природних функцій ґрунту, є ключовим завданням для збереження біорізноманіття та забезпечення стабільності агроecosистем у довгостроковій перспективі.

Екологічна безпека становить невід'ємний компонент системи національної безпеки, що віддзеркалює її інтегральний характер. Сутнісно, вона представляє собою систему управління ризиками, спрямовану на протекцію життєво важливих інтересів суспільства, біосфери та держави. Цей процес управління охоплює як існуючі, так і потенційні загрози, що виникають внаслідок функціонування різноманітних антропогенних, природних та техногенних систем.

Ресурсно-екологічна безпека є фундаментальною категорією, що розглядається в двох ключових аспектах. Перший аспект визначає стан захищеності життєво важливих потреб держави, суспільства та окремих громадян у природних ресурсах і сприятливому стані довкілля від внутрішніх та зовнішніх загроз. Другий аспект розглядає її як систему законодавчих, політичних, правових, економічних та екологічних гарантій. Ця система спрямована на забезпечення та підтримання прийнятного рівня захисту від дестабілізуючих чинників. До таких чинників належать: зростання дефіциту ресурсів, деградація природно-ресурсного потенціалу та порушення функціонування екосистем різного ієрархічного рівня.

У контексті взаємодії системи «людина – довкілля» ресурсно-екологічна безпека відображає здатність підтримувати стабільні умови співіснування, мінімізуючи ризики шкоди для населення, природних та мінеральних ресурсів. Для цього необхідний системний аналіз і розробка методів для ідентифікації та кількісної оцінки небезпечних і шкідливих чинників, що генеруються елементами техносфери (технічні засоби, промислові об'єкти), а також природними явищами.

Ключовими інструментами досягнення ресурсно-екологічної безпеки є екологічне планування та програмування. Екологічне планування – це

процес визначення цілей та завдань щодо охорони довкілля, розробки стратегій та заходів для їх досягнення. Програмування, своєю чергою, передбачає деталізацію цих стратегій у конкретні дії, визначення часових рамок, відповідальних осіб та необхідних ресурсів. Ці інструменти дозволяють системно підходити до вирішення екологічних проблем, запобігати деградації природних ресурсів та мінімізувати негативний вплив сільськогосподарської діяльності на довкілля.

Не менш важливим є аналіз міжнародних та національних законодавчих і нормативних актів, що регулюють екологічну безпеку в сільському господарстві. Ці документи створюють правові рамки для екологічно відповідального ведення господарства, встановлюють нормативи допустимого впливу, вимоги до використання земель, води, хімічних речовин та утилізації відходів. Розуміння цих вимог є фундаментом для розробки будь-яких екологічних планів та програм, адже вони мають відповідати чинному законодавству.

У контексті забезпечення раціонального природокористування в аграрному секторі України розроблено та імplementовано низку державних програм. Зокрема, ключовим інструментом до 2022 року була Державна цільова програма розвитку аграрного сектору економіки, що закладала основи екологічно збалансованого ведення господарства. нормативно-правова база, що регулює природоохоронну діяльність, визначається екологічним законодавством і є основою для системної взаємодії між центральними органами виконавчої влади, міжнародними інституціями, органами місцевого самоврядування та сільськогосподарськими підприємствами. Метою цієї співпраці є спільне вирішення питань збалансованого природокористування та охорони довкілля на засадах комплексного підходу.

Водночас, сучасні реалії аграрного виробництва вимагають не лише вдосконалення існуючих стратегій, а й інтеграції екологізаційних процесів безпосередньо в державну аграрну політику. Це передбачає включення пріоритетів екологічної безпеки як невід'ємної складової політики, що реалізується на основі єдиного підходу до раціонального використання ресурсів і захисту довкілля.

Критично важливим завданням є синхронізація концептуальних і програмних документів з питань екологічної безпеки з поточними стратегіями соціально-економічного розвитку, природоохоронними програмами та іншими нормативними актами. Необхідність реалізації збалансованого природокористування та забезпечення екологічної безпеки в сільськогосподарській діяльності обґрунтовує доцільність розробки та

впровадження уніфікованого нормативно-правового документа. Такий комплексний акт має консолідувати всі чинні положення, що регулюють різні аспекти екологізації аграрних відносин [1].

Згідно з чинним законодавством України, зокрема Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року, пріоритетним завданням у сфері охорони природи є функціонування Державної системи моніторингу довкілля (ДСМД). ДСМД, по суті, є складною системою збору, опрацювання та прогнозування якісних характеристик навколишнього середовища, що дозволяє формувати науково обґрунтовані рекомендації для запобігання критичним змінам екологічного стану.

Так, об'єктна підсистема зосереджена на моніторингу об'єктів з подібними екологічними впливами, включаючи окремі підприємства, що є релевантним для сільськогосподарських угідь та фермерських господарств. Локальна підсистема формується на територіях з особливим впливом або підвищеним навантаженням, таким як природні національні парки (ПНП) та інші природоохоронні об'єкти. Відомча підсистема функціонує під егідою регіонального рівня, забезпечуючи збір, передачу, аналітичний контроль та обмін інформацією для ефективної міжвідомчої взаємодії. Регіональна система, в свою чергу, представлена обласним рівнем управління, що координує діяльність на місцевому рівні. Національна система є центральним рівнем, який здійснює загальне керівництво та координацію моніторингової діяльності.

Необхідність належного функціонування цих підсистем є критично важливою, оскільки недбалий підхід до організації мережі відомчих систем спостережень призводить до виникнення проблем їх неузгодженості та повторюваності спостережень. Кожен суб'єкт моніторингу, згідно з покладеними на нього завданнями, повинен забезпечувати безперервний збір інформації про стан навколишнього середовища; організацію інформаційного обміну та забезпечення доступу до даних для всіх учасників системи, а також підтримку моніторингу на державному ті міждержавних рівнях; проведення лабораторних досліджень та вимірювань відповідно до затверджених методик; ведення стабільного спостереження за змінами довкілля та його елементів.

Сучасний стан ДСМД, незважаючи на її значущість, потребує суттєвої модернізації. Згідно з Указом Президента України № 287 «Про Стратегію національної безпеки України» від 6 травня 2015 року, існуюча система моніторингу, сформована ще у 90-х роках минулого століття, є застарілою

та виснаженою, що не дозволяє повноцінно задовольняти сучасні потреби. Це вимагає модифікації та удосконалення, спрямованого на підвищення доступності інформації, уникнення впливу людського фактора, впровадження сучасних методів спостереження та аналізу, виконання міжнародних зобов'язань.

Важливо зазначити, що збір та взаємодія інформації повинні бути науково-рекомендаційною базою для розробки рішень у сфері охорони природи на всіх рівнях влади. Оновлена та структурована інформація про показники життєздатності біоти та її різноманіття, стан ґрунту, води та повітря є основою для ефективного екологічного планування та програмування.

Стратегічні пріоритети аграрної політики України у сфері екологічної безпеки сфокусовані на досягненні та підтримці стабільності агроєкосистем. Основними цілями є створення сприятливих умов для життєдіяльності людини та забезпечення сталого ведення сільськогосподарської діяльності в умовах зростаючого техногенного навантаження та природних впливів на навколишнє середовище. Це передбачає формування та розвиток системи збалансованого природокористування, що дозволяє задовольнити потреби суспільства в природних ресурсах, не вичерпуючи їхній потенціал.

Однією з ключових передумов ефективного функціонування системи забезпечення екологічної безпеки в аграрному секторі є чітко визначений стратегічний курс, який гарантує досягнення сталого рівня екологічної безпеки. Сучасні економічні реалії обумовлюють необхідність розробки та впровадження таких стратегій. Відсутність послідовного загальнодержавного та регіонального стратегічного планування, спрямованого на запобігання дестабілізуючим факторам, призвела до хаотичності та низької ефективності екологічної політики. Це спричинило загрозливий стан навколишнього середовища в багатьох регіонах країни.

Наразі в Україні відбувається процес перепрофілювання законодавства відповідно до сучасних вимог Європейського союзу, що передбачає врахування директив та рекомендацій ЄС та ООН. Це дає можливість створити більш досконалу систему оцінки довкілля, що відповідатиме міжнародним стандартам та забезпечить ефективну ресурсно-екологічну безпеку.

Таким чином, ефективне забезпечення ресурсно-екологічної бази агропромислового комплексу в Україні вимагає не лише розуміння теоретичних засад та нормативно-правового поля, а й активної модернізації та вдосконалення існуючої системи екологічного моніторингу. Ця модернізація

має базуватися на принципах сталого землекористування, збереження біорізноманіття та раціонального використання природних ресурсів, що є ключовим для досягнення збалансованого розвитку та мінімізації негативного впливу сільськогосподарської діяльності на довкілля.

В умовах ринкової економіки ключова роль у формуванні та реалізації засад екологічної безпеки належить державним органам. Хоча господарські суб'єкти часто уникають витрат, що не приносять прямого доходу, держава, прагнучи заощадити власні ресурси, перекладає значну частину цих витрат на бізнес. Однак, підприємства можуть обирати альтернативні шляхи розвитку, оптимізуючи співвідношення природних ресурсів та виробничих процесів. Для ефективної реалізації екологічної політики господарські суб'єкти повинні усвідомити, що інвестиції в екологічні заходи дозволять у майбутньому підвищити ефективність виробництва та зміцнити їхні конкурентні позиції [2]. Такий підхід сприятиме збільшенню частки екологічно відповідальних підприємств.

Збалансованість аграрного виробництва досягається шляхом його екологізації, яка передбачає підвищення ефективності використання природно-ресурсного потенціалу через посилення природних процесів в агроєкосистемах. Ключовою умовою є розширене відтворення родючості ґрунтів та підвищення продуктивності виробництва через максимальне використання біологічних факторів при раціональному споживанні природних ресурсів. Це вимагає модернізації структури витрат та перегляду екологічної політики, впровадження нових регуляторних механізмів та комплексного підходу до екологізації сільськогосподарського виробництва. Усунення протиріч між економічною доцільністю та екологічною безпекою вимагає розробки природоохоронних стратегій, які гармонійно поєднують економічні та екологічні цілі в аграрних підприємствах.

Отже, теоретико-методологічні засади забезпечення ресурсно-екологічної безпеки агропромислового комплексу ґрунтуються на поєднанні екологічних, правових, економічних та управлінських підходів. Ключовим завданням є збереження родючості ґрунтів, підтримання біорізноманіття та стабільності агроєкосистем за умов інтенсивного антропогенного навантаження. Надмірна хімізація сільського господарства призводить до деградації ґрунтових біоценозів і втрати їх екологічних функцій, що становить загрозу продовольчій та екологічній безпеці держави. Забезпечення ресурсно-екологічної безпеки потребує системного моніторингу довкілля, удосконалення нормативно-правової бази, впровадження екологічно збалансованих технологій та інтеграції екологічних пріоритетів

у державну аграрну політику. Важливим є поєднання економічної доцільності з екологічною відповідальністю, що дозволить досягти сталого розвитку агропромислового комплексу, зберегти природні ресурси та забезпечити потреби нинішніх і майбутніх поколінь.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Литвин, О. П. (2012). Механізми державного управління у забезпеченні екологічної безпеки. *Науковий вісник Академії муніципального управління*. 102–110.

[2] Карташова, О. Г. (2021). Забезпечення екологічної безпеки в аграрному секторі. *Вісник ХНТУ*, 2 (77). 137–142.

Gomlya L.

Conceptual and Methodological Principles of Resource and Environmental Security of the Agro-Industrial Complex

УДК 504.5

РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ МОЛОКОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Благодатний В. В., к.т.н., доцент, Бочкарьова В. М., студентка

Національний університет кораблебудування

Україна, Миколаїв

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0462-2651>

E-mail: woblaho@ukr.net

Зростання негативного впливу молокопереробної галузі на навколишнє середовище в останні роки суттєво збільшується. Причиною цього є впровадження новітніх технологій виробництва. У результаті характеристики стічних вод суттєво змінюються: збільшується вміст органічних забруднюючих речовин, перевищуються гранично – допустимих значень концентрацій за показниками БСК та ХСК у сотні разів, поява специфічних компонентів (хлоридів, сульфатів, фосфатів), а також спостерігається значна неоднорідність добових та річних обсягів і складу стоків [1].

Відтак стічні води підприємств за відсутності достатнього рівня очищення, можуть викликати значне погіршення стану водних ресурсів

регіону, та оскільки комунальні очисні споруди, особливо малих міст, не здатні забезпечити належний рівень очищення стічних вод. Отже, на підприємствах молокопереробної промисловості необхідно встановлювати локальні очисні споруди. При проектуванні таких систем слід враховувати параметри технологічного процесу виробництва [2], вид та обсяги цільової продукції, тобто фактори, які впливають на склад та обсяги утворення стічних вод, а також умови скидання їх у природні водоймища або зовнішні каналізаційні мережі, ефективність роботи комунальних очисних споруд. При обранні кінцевого варіанту локальної системи очищення необхідно також керуватися міркуваннями техніко – економічної ефективності.

Метою роботи є розробка системи високоефективного обладнання з очищення стічних вод на підприємстві молокопереробної промисловості на основі аналізу існуючих систем очищення.

Визначено основні технологічні блоки системи очищення стічних вод гальванічного цеху: попередні очищення, основне очищення та доочищення. Попереднє очищення полягає у видаленні твердих завислих речовин, піску та частини жирів, які присутні у стічних водах та можуть сповільнювати роботу апаратів, що застосовуються на наступних стадіях очищення. Основне очищення у воді може здійснюватися у декілька послідовних етапів, де зменшується концентрація більшості категорій забруднювачів, знижується значення показників БСК та ХСК інколи припустимого до скидання у зовнішні каналізаційні мережі. Третій блок доочищення призначений для видалення залишків розчинених речовин мінерального походження, хлоридів, сульфатів аж до зменшення забруднення стічних вод допустимого скидання у природні водоймища [1].

Проведено порівняльний аналіз існуючих варіантів перспективного обладнання для очищення води на даному об'єкті. Дослідження першого блоку включає апарати різного типу: зернисті фільтри, відстійників та батарейних гідроциклонів. Визначення ефективності установок основної стадії очищення порівнює: схеми біологічного очищення аеротенків, біофільтрів, анаеробних реакторів, флотаторів з подачею коагулянтами та флокулянтами, мембранних установок мікрофільтрації, ультрафільтрації та зворотного осмосу. Варіанти третього блоку включають фільтри, адсорбери та іонообмінні фільтри [3].

Визначення ефективності існуючого обладнання показують, що системи фізико-хімічного очищення стічних вод за рівних умов можуть забезпечити вищий рівень очищення стічних вод по більшості показників. У результаті проведеного аналізу прийнято раціональний варіант системи з

зернистим фільтром попереднього очищення, ультрафільтраційним мембранним апаратом та адсорбером доочищення.

Таким чином дослідженням встановлено, що розроблена система здатна забезпечити вищий рівень очищення від розглянутих варіантів по більшості категорій забруднюючих речовин та відрізняються меншими розмірами та вищою продуктивністю.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Гіроль М. М., Гіроль А. М., Гіроль А. М. Технології водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2013.

[2] Єресько Г. О. Технологічне обладнання молочних виробництв. Київ : Фірма «Інкос». 2007.

[3] Процеси та апарати природоохоронних технологій : у 2 т. / Л. Д. Пляцук, Р. А. Васькін, В. П. Шапоров та ін. Суми : Сумський державний університет , 2017 с.

Blahodatnyi V., Bochkaryova V.

The development of rational wastewater treatment schemes for dairy industry enterprises

УДК 669.013:504.05

ЗЕЛЕНА МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Євтушенко Н. С.¹, к.т.н., доцент,

Пономаренко О. І., д.т.н., професор,

Джанік'ян А. А., аспірант.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Україна, Харків

¹ORCID: 0000-0003-0217-3450, natalya0899@ukr.net

Сучасний розвиток машинобудівного комплексу потребує не лише високої продуктивності, а й екологічної відповідальності. Ливарна галузь, як базова складова промисловості, формує значну частку технічного потенціалу держави, проте супроводжується високим рівнем забруднення довкілля. Викиди пилу, шкідливих газів, відходів плавлення та використання токсичних матеріалів у виробництві створюють серйозну екологічну загрозу, що вимагає впровадження сучасних природоохоронних

технологій і принципів сталого розвитку [1]. Екологізація ливарної галузі передбачає впровадження системних заходів, спрямованих на мінімізацію шкідливого впливу виробництва. Одним із ключових напрямів є модернізація технологічного обладнання, перехід на енергоощадні та мало-відходні процеси. Використання індукційних печей замість традиційних мартенівських або вагранок дозволяє суттєво скоротити обсяги викидів та витрати енергії. Удосконалення систем аспірації й пилогазоочищення забезпечує ефективне уловлювання шкідливих речовин і повернення їх у виробничий цикл.

Важливе значення має заміна токсичних компонентів у формувальних і стрижневих сумішах на безпечні аналоги. Поширення отримали суміші на водних зв'язуючих або з використанням органічних полімерів, що не виділяють небезпечних газів під час заливання металу. Окрему увагу приділяють вторинному використанню відпрацьованих формувальних матеріалів, регенерації піску та утилізації металевого брухту, що зменшує обсяг відходів і споживання природних ресурсів.

Ефективним інструментом екологізації є впровадження систем екологічного менеджменту згідно з міжнародними стандартами ISO 14001. Це дозволяє підприємствам планувати, контролювати й оцінювати вплив виробництва на довкілля, поступово знижуючи негативні фактори. Значну роль відіграє також екологічна культура персоналу, підготовка фахівців, здатних приймати технічно й екологічно обґрунтовані рішення.

Важливою складовою екологізації є цифровізація процесів ливарного виробництва. Використання систем автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання дозволяє оптимізувати технологічні режими, мінімізувати перевитрати металу, енергії та допоміжних матеріалів [2]. Це сприяє не лише підвищенню якості відливок, а й скороченню кількості дефектів, що зменшує утворення промислових відходів.

Не менш актуальною є проблема енергоефективності. Ливарні цехи споживають значні обсяги електроенергії та палива, тому впровадження теплообмінних систем, рекуператорів та енергозберігаючих установок дає змогу скоротити витрати на виробництво і зменшити викиди парникових газів. Застосування відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі або теплонасоси, стає реальним напрямом розвитку сучасних ливарних підприємств.

Важливу роль у підвищенні екологічності відіграє вдосконалення організації праці та умов безпеки персоналу [3]. Систематичний екологічний аудит, моніторинг повітря, рівня шуму й температурного режиму на

робочих місцях дозволяють своєчасно виявляти небезпечні фактори й запобігати їх впливу. Створення комфортних умов праці не лише покращує здоров'я працівників, а й підвищує загальну продуктивність виробництва.

Перспективним напрямом розвитку є впровадження концепції замкнутого циклу виробництва, де відходи одного процесу стають сировиною для іншого. Такий підхід забезпечує повну утилізацію побічних продуктів плавлення, шлаків та пилу, сприяючи зменшенню техногенного навантаження на навколишнє середовище. Розвиток технологій перероблення металевих і неметалевих відходів дозволяє формувати стійкі виробничі ланцюги, орієнтовані на принципи «зеленої» економіки [4].

Державна підтримка екологічних ініціатив у ливарній промисловості має важливе значення. Запровадження податкових пільг для підприємств, що впроваджують ресурсоощадні технології, сприяє підвищенню мотивації до модернізації виробництва. Ефективними є програми співфінансування екологічних проєктів, гранти на впровадження інновацій і підтримка участі підприємств у міжнародних екологічних програмах. Ключову роль у подальшій екологізації відіграє міжнародне співробітництво. Обмін технологіями, досвідом та інвестиціями між країнами дозволяє адаптувати найкращі світові практики до умов української промисловості [5]. Участь у програмах Європейського Союзу, спрямованих на декарбонізацію та енергоефективність, відкриває нові можливості для сталого розвитку ливарних підприємств.

Отже, екологізація ливарної галузі є важливою складовою сталого розвитку промисловості. Вона не лише сприяє збереженню природного середовища, а й підвищує ефективність виробництва, конкурентоспроможність підприємств і рівень безпеки праці. Перспективи галузі визначаються глибокою модернізацією технологій, активним впровадженням інновацій і переходом до «зеленої» економіки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Yevtushenko, N. S., Dzhaniyan, A. A., Vasilets, V. O. (2025). Mathematical modeling of variations in parameters of casting processes *Інформаційні технології в сучасному світі* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. здобув. вищої освіти і молодих учених. Держ. біотехн. ун-т. Харків. С. 445–446.
- [2] Ponomarenko, O., Yevtushenko, N., Saithareiev, L., Yevtushenko, S., Dzhaniyan, A. (2025). Modern Methods for Synchronizing the Operation of Subsystems of the Foundry Workshop. In: Ivanov, V., Silva, F. J. G.,

Trojanowska, J., Pinto, A. M.G. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing VIII*. DSMIE 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95211-1_8

[3] Ponomarenko, O., Yevtushenko, N., Akimov, O., Vasilets, V., Lopes, H. (2025). Study of the Laws of Random Fluctuations in the Parameters of Foundry Processes and the Quality of Castings. In: Machado, J., Trojanowska, J., Ottaviano, E., Xavier, M. A., Valášek, P., Basova, Y. (eds) *Innovations in Mechanical Engineering IV*. iCieng 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93554-1_36

[4] Сухенко О. В., Євтушенко Н. С. (2025). Екологічна безпека та сучасні технології захисту довкілля як стратегічний пріоритет соціоекології. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування* : матеріали Міжнар. наук. конф. Держ. біотехн. ун-т. Електрон. текст. дані. Харків, С. 282–283.

[5] Євтушенко Н. С. (2025). Практичний підхід до охорони праці в ливарному цеху. Литво. *Металургія. 2025* : матеріали 21-ї Міжнар. наук.-практ. конф. Київ. С. 120–123.

*Yevtushenko N., Ponomarenko O., Dzhaniyan A.
Innovative approaches to greening the foundry industry*

УДК 504.062: 620.91

АГРОВЛЬТАЙКА ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В АГРОСЕКТОРІ

Літвак С. М., к.т.н., професор НУК; Іванченко К. В. магістрант
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв
sergiy.litvak@nuos.edu.ua; ivanchenko.kseniia2024@gmail.com

Сучасні виклики, пов'язані зі зміною клімату, виснаженням природних ресурсів та зростанням потреб у продовольстві й енергії, актуалізують пошук нових рішень для забезпечення сталого розвитку. Традиційні моделі енергоспоживання у сільському господарстві характеризуються високою залежністю від викопних палив, що призводить до зростання викидів парникових газів і негативного впливу на довкілля. У цьому контексті

агровольтаїка постає перспективним напрямом інтеграції відновлюваних джерел енергії у виробничу діяльність аграрного сектору.

Агровольтаїчні системи передбачають одночасне використання земельної ділянки для вирощування сільськогосподарських культур та виробництва сонячної енергії. Такий підхід забезпечує раціональне використання ресурсів, сприяє енергозбереженню та зниженню антропогенного навантаження на довкілля. Водночас вони створюють можливості для адаптації агросектору до змін клімату завдяки регулюванню мікрокліматичних умов і підвищенню стійкості агроecosистем [1].

Дослідження екологічних аспектів агровольтаїки має особливе значення для визначення її потенціалу в контексті зеленої трансформації економіки та переходу до низьковуглецевої моделі розвитку. Саме тому вивчення впливу агровольтаїчних технологій на ефективність енергозбереження та стан довкілля є актуальним завданням сучасної науки й практики.

Мета роботи полягає у визначенні екологічних та енергозберігаючих переваг агровольтаїчних систем у сільському господарстві, а також у виявленні перспектив їх впровадження в умовах України.

Агровольтаїка (agrivoltaics) як науково-технологічний напрям з'явилася у 80-х роках ХХ століття, однак активний розвиток отримала лише в останнє десятиліття. Її популярність пояснюється зростанням дефіциту земельних ресурсів та потребою в ефективному поєднанні продовольчої безпеки з переходом до відновлюваних джерел енергії.

На кінець 2022 року встановлена потужність сонячної енергетики ЄС становила близько 211 ГВт (постійного струму). Згідно дослідження [2], покриття лише 1 % використовуваних сільськогосподарських площ агровольтаїчними системами може призвести до збільшення встановленої потужності приблизно до 944 ГВт. Якби ця площа була покрита традиційними наземними сонячними електростанціями, потужність склала б близько 1809 ГВт. Проте у випадку агровольтаїки вона все одно перевищує цільовий показник розвитку сонячної енергетики на 2030 рік згідно кліматичної політики Європейського Союзу.

Хоча агровольтаїка розглядається як технологія подвійного використання земель, у деяких країнах виникають дискусії про те, чи не обмежує вона доступність земель для продовольчого виробництва. Агровольтаїчні системи вимагають ретельного моніторингу через взаємозв'язки між їх різними компонентами. Наприклад, затінення, спричинене сонячними батареями, може вплинути на зростання сільськогосподарських

культур, а сільськогосподарська діяльність може збільшити знос інфраструктури сонячних батарей. Тому системи моніторингу повинні одночасно відстежувати врожайність сільськогосподарських культур, вироблення електроенергії, показники мікроклімату та потреби в обслуговуванні системи. До проблем також належать більш висока складність та ризики технічного обслуговування та ремонту, проблеми безпеки у тваринницьких системах, а також логістичні труднощі, пов'язані з координацією між фермерами та операторами енергосистем. Враховуючи зазначене, дуже важливо використовувати адаптивні системи моніторингу та регулярно аналізувати дані, щоб запобігти зниженню продуктивності.

Агровольтаїчні системи по-різному впливають на врожайність залежно від: культури, кліматичних умов, рівня затінення та конструктивних особливостей системи. Затінення сонячними панелями може знижувати стрес від високих температур і дефіциту вологи, особливо в посушливих регіонах. Деякі культури (салат, шпинат, картопля, полуниця, виноград) краще розвиваються за умов часткового затінення, що дає стабільніший врожай у спекотні сезони. Менше випаровування вологи означає зменшення потреби у поливі.

Світлолюбні культури (кукурудза, пшениця, соняшник) можуть втрачати врожайність через зниження інтенсивності освітлення. Неправильне розташування панелей (занадто низько або надмірне затінення) може значно знизити якість і кількість продукції.

Дослідження показали, що при оптимальному проектуванні агровольтаїчних систем врожайність часто зберігається на рівні контрольних ділянок. Одночасно фермер отримує додатковий дохід від генерації електроенергії, що компенсує можливе незначне зниження урожайності [3].

На сьогодні провідними країнами-лідерами у впровадженні агровольтаїчних технологій є Німеччина, Франція, Японія, США та Китай, де створено експериментальні та промислові агровольтаїчні ферми.

Німеччина вважається одним із європейських «кластерів» агровольтаїки: тут поєднання активної науково-технічної бази та політичної підтримки створює передумови для швидкого зростання. Урядові і нормативні зміни останніх років (включно зі стандартами та технічними специфікаціями) стимулювали появу пілотних і комерційних проєктів, а також сприяли розробці національних специфікацій для агровольтаїки. Результат – помітне збільшення встановленої потужності та активні дослідницькі програми, що оцінюють біофізичні та економічні ефекти сумісного використання землі [4].

У Франції останні законодавчі кроки (законодавство 2023–2024 рр.) визначили агровольтаїку як окрему категорію, полегшивши отримання дозволів і створивши рамки для «подвійного» використання земель. Це дозволило країні перейти до нового етапу – масового масштабування, з амбіційними планами інсталяції значних обсягів агровольтаїчних потужностей у найближчі роки. На практиці це проявляється у зростанні кількості проєктів на виноградниках, овочевих плантаціях і пасовищах [5].

У Японії агровольтаїка розвивається з акцентом на локальні види сільгоспвиробництва: високоравні конструкції для рідкісних культур (ягідники, коренеплоди), модулі над рисовими ділянками тощо. Комерційні компанії та дослідницькі центри активно випробовують конфігурації, що мінімізують втручання в технологію вирощування та навіть підвищують врожайність культур, адаптованих до слабшого освітлення. У 2023–2024 роках з'явилися великі промислові ініціативи від виробників сонячних модулів [6].

У США ринок агровольтаїки вирізняється сильним науковим підґрунтям і програмами державного фінансування (USDA, DOE). Ряд університетів і грантових ініціатив підтримують дослідження з оцінки сумісності культур, оптимальних панельних конфігурацій і соціально-економічних моделей. Одночасно зростає кількість демонстраційних проєктів і практик, як-от поєднання пасовищного господарства з фотоелектричними установками [7].

Китай запровадив сотні проєктів «подвійного використання» землі: від вирощування культур під панелями до поєднання сонячних панелей з аквафермами і теплицями. Масштабні державні програми та активний інтерес індустрії привели до швидкого розгортання інфраструктури. Проте підйом агровольтаїки супроводжується дискусіями про ризики витіснення сільсько-господарських земель, потребу в балансі між енергетичною експансією та продовольчою безпекою, а також про якість проєктного планування [8].

В Австралії інтерес до агровольтаїки стрімко зростає через поєднання великого сонячного ресурсу й потреби у зниженні водного стресу на фермах. Тут тестують системи з високими рядами для поливу під панелями та для виноградників, а також досліджують, як агровольтаїка може зменшити тепловий стрес культур і потребу в поливі. Акцент робиться на практичних моделях, що дають додатковий дохід фермерам і підвищують кліматичну стійкість [9].

В Україні цей напрям перебуває на стадії формування. Значна частина території країни має високий сонячний потенціал, що відкриває можливості

для поєднання агровиробництва з відновлюваною енергетикою. Разом з тим, національне законодавство поки не створює достатніх стимулів для розвитку агровольтаїки, а пілотні проєкти обмежуються приватними ініціативами [10]. Водночас інтеграція таких систем відповідає стратегічним цілям України у сфері «зеленої» енергетики та європейському курсу на кліматичну нейтральність.

Сільське господарство є однією з найбільш ресурсомістких галузей, що чинить істотний тиск на довкілля. Серед основних екологічних проблем слід виокремити:

- деградацію ґрунтів через інтенсивне землекористування;
- виснаження водних ресурсів;
- зростання викидів парникових газів;
- втрату біорізноманіття через монокультури та надмірну механізацію.

Агровольтаїчні системи можуть сприяти вирішенню частини цих проблем. По-перше, встановлення сонячних панелей над посівами створює тінь, яка знижує перегрів ґрунту та випаровування вологи. По-друге, часткове затінення може сприяти збереженню родючості, регуляції мікроклімату та підвищенню стійкості культур до посух. По-третє, виробництво «чистої» енергії без спалювання викопних ресурсів сприяє скороченню викидів CO₂.

Однією з ключових переваг агровольтаїки є можливість одночасного забезпечення агропідприємств відновлюваною енергією та зменшення витрат на традиційні енергоресурси. Використання сонячної енергії дозволяє знизити собівартість виробництва, оптимізувати енергоспоживання в теплицях, на фермах та у системах зрошення. В умовах зростання цін на енергоресурси для українських агровиробників впровадження агровольтаїчних технологій може стати важливим інструментом енергонезалежності.

Додатковим аспектом є можливість зберігання надлишкової енергії у системах накопичення та її подальше використання для власних потреб або продажу в мережу. Це створює передумови для формування децентралізованих енергетичних систем, що відповідають концепції «розумного села».

Розвиток агровольтаїки має комплексний ефект:

- економічний – зростання прибутковості агропідприємств за рахунок додаткового доходу від виробництва електроенергії;
- екологічний – зменшення викидів парникових газів, збереження водних ресурсів і ґрунтів;
- соціальний – створення нових робочих місць, розвиток інфраструктури сільських територій.

Для України агровольтаїка може стати важливим чинником підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору та інтеграції у світові «зелені» ланцюги постачання.

Попри очевидні переваги, широке впровадження агровольтаїки потребує вирішення низки проблем: недосконале законодавче регулювання; висока вартість обладнання; недостатній рівень обізнаності агровиробників; обмеженість державних програм підтримки.

Перспективними напрямками розвитку є створення демонстраційних пілотних проєктів, державна підтримка через «зелені» кредити та грантові програми, а також інтеграція агровольтаїки у національні стратегії з енергозбереження та адаптації до кліматичних змін. Важливим завданням є налагодження партнерства між агробізнесом, науковими установами та енергетичними компаніями.

Висновки. Агровольтаїка є однією з найбільш перспективних інновацій у сфері відновлюваної енергетики та сільського господарства, що забезпечує синергію між виробництвом продовольства й енергії. Світовий досвід свідчить, що її впровадження сприяє не лише енергозбереженню, а й зменшенню екологічного навантаження: скорочуються викиди парникових газів, знижується інтенсивність деградації ґрунтів, підвищується ефективність використання водних ресурсів.

Для України агровольтаїка відкриває значний потенціал, враховуючи високий рівень сонячного випромінювання, розвинений аграрний сектор та потребу у зменшенні залежності від традиційних енергоресурсів. Впровадження цієї технології може стати дієвим інструментом зеленої трансформації економіки, забезпечити енергетичну автономію агропідприємств та підвищити їхню стійкість до кліматичних змін. Водночас для масштабування агровольтаїки необхідні законодавчі зміни, фінансові стимули, розвиток науково-практичних досліджень і партнерство між державою, бізнесом та наукою.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] International Energy Agency (2025). Dual Land Use for Agriculture and Solar Power Production: Overview and Performance of Agrivoltaic Systems. Report IEA-PVPS T13-29:2025. IEA.

[2] Chatzipanagi A., Taylor N. and Jaeger-Waldau A. (2023). Overview of the Potential and Challenges for Agri-Photovoltaics in the European Union, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

[3] Lee S., Lee J.-H., Jeong Y. et al. (2024). Agrivoltaic system designing for sustainability and smart farming: Agronomic aspects and design criteria with safety assessment. *Applied Energy*, 365, 123258.

[4] Agrivoltaics: Crops Under Current. Retrieved from chatgpt.com/.

[5] France enters the “2.0 era of agrivoltaics” and aims to install up to 2 GW per year by 2026. Retrieved from: https://strategicenergy.eu/france-agrivoltaic/?utm_source=chatgpt.com.

[6] Trinasolar Unveils Agrivoltaics Project in Japan, Driving Renewable Energy and Agriculture Synergy. Взято з <https://sli/qreujx>.

[7] Agrivoltaics: Solar and Agriculture Co-Location. Взято з <https://slu/fssugt>.

[8] Did the Agrivoltaics Implementation in China Benefit Its Farmers? Retrieved from : <https://s.lt/fomcef>.

[9] Using sunshine twice: Is agrivoltaics a win-win for Australian farmers? Retrieved from: <https://sli/hgxqso>.

[10] Агровольтаїка – нове слово для українських фермерів. Чому це рішення, яке варто розвивати? Асоціація агровольтаїки України. Взято з <https://rubryka.com/article/shho-take-agrovoltaika/>.

Litvak S., Ivanchenko K.

Agrovoltatics as an innovative tool for energy saving and reducing environmental impact in the agricultural sector

УДК 669.013:504.05

**ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ
ДО ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ЛИВАРНОЇ ГАЛУЗІ**

Свтушенко Н. С., к.т.н., доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Україна, Харків

natalya0899@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-0217-3450>

Ливарне виробництво є однією з провідних галузей машинобудівного комплексу, яка забезпечує виготовлення деталей і заготовок для більшості видів техніки. Проте цей сектор промисловості належить до числа найбільш екологічно небезпечних, оскільки під час плавлення металів, приготування

формувальних сумішей, лиття та очищення відливок у навколишнє середовище потрапляє велика кількість шкідливих речовин [1]. Викиди пилу, оксидів сірки, азоту, вуглецю, а також токсичних сполук органічного походження створюють значне навантаження на атмосферу, ґрунт і водні ресурси. Тому питання екологізації ливарних виробництв сьогодні набуває особливої актуальності.

Наукові засади створення екологічно безпечних ливарних підприємств ґрунтуються на комплексному підході до організації виробничих процесів, що передбачає одночасне підвищення ефективності та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Одним із головних напрямів є удосконалення технологій формування і плавлення. Перехід на індукційні та електродугові печі замість традиційних вагранок дає змогу знизити обсяг шкідливих газів і пилу [2]. Використання систем рекуперації тепла дозволяє економити енергію та зменшувати викиди парникових газів.

У наукових дослідженнях важливе місце посідає питання вибору екологічно безпечних формувальних і стержневих сумішей. Традиційні піщано-глинисті та фенолформальдегідні матеріали замінюються сучасними сумішами на водних або біополімерних зв'язуючих, які не утворюють токсичних сполук під час нагрівання. Це дозволяє суттєво зменшити викиди шкідливих парів і покращити умови праці ливарників. Важливим чинником є замкнуті системи оборотного водопостачання, які запобігають потраплянню забрудненої води у природні водойми та зменшують споживання свіжої води. У межах сучасної концепції «чистого виробництва» у ливарній галузі впроваджуються технології переробки та повторного використання відходів – металобрухту, пилу, шлаків і відпрацьованих формувальних сумішей [3]. Їх утилізація не лише знижує рівень екологічного навантаження, а й забезпечує додаткові економічні переваги. Для оцінювання екологічної безпеки виробництва застосовуються науково обґрунтовані методики аудиту та моніторингу, які базуються на системі показників стану повітря, води, ґрунту, а також на контролі за викидами та рівнем шуму.

Використання сучасних цифрових технологій, таких як автоматизовані системи управління процесами, дозволяє своєчасно виявляти відхилення та оптимізувати режими роботи обладнання для зниження екологічних ризиків. Створення екологічно безпечних ливарних виробництв неможливе без підготовки висококваліфікованих кадрів, здатних впроваджувати новітні екотехнології. У навчальних програмах технічних університетів посилюється увага до питань екології, охорони праці та сталого розвитку. Поєднання наукових досліджень, інноваційних розробок і державної

підтримки є запорукою переходу галузі до екологічно орієнтованої моделі виробництва. Важливою складовою екологізації ливарного виробництва є розробка нових способів очищення газових викидів.

Сучасні фільтраційні системи з використанням електростатичних, рукавних та багатоступеневих установок здатні затримувати до 99 відсотків пилу й твердих частинок. Окрім цього, активно впроваджуються технології хімічного нейтралізування оксидів сірки та азоту, що суттєво зменшує токсичність викидів у повітря. Наукові дослідження у цій сфері спрямовані на вдосконалення каталітичних матеріалів і сорбентів, здатних ефективно працювати при високих температурах і тривалому навантаженні. Не менш актуальним напрямом є автоматизація та цифровізація ливарних процесів [4].

Застосування інтелектуальних систем керування дозволяє зменшити споживання енергоресурсів, оптимізувати температурні режими, знизити утворення браку та надлишкових відходів. Використання технологій моделювання, таких як системи CAD/CAE/CAM, дає можливість прогнозувати поведінку металу під час лиття, мінімізуючи втрати та покращуючи якість готової продукції. Це забезпечує не лише підвищення продуктивності, а й зменшення шкідливих впливів на довкілля. Сучасна наука приділяє значну увагу питанням утилізації відпрацьованих формувальних сумішей. Замість захоронення на полігонах все ширше застосовується їх регенерація за допомогою термічних і механічних методів[5]. Пісок після очищення повторно використовується у виробництві, що дозволяє зменшити обсяг відходів і скоротити потребу у видобутку природної сировини. Подальший розвиток екологічно безпечних ливарних виробництв передбачає інтеграцію принципів циркулярної економіки, де всі матеріальні потоки спрямовані на повторне використання ресурсів. Це дозволяє мінімізувати кількість відходів і досягти максимальної енергоефективності. Наукові установи спільно з промисловими підприємствами працюють над створенням замкнутих технологічних ланцюгів, що забезпечують повний цикл обігу матеріалів без втрат для Ефективна взаємодія науки, промисловості й суспільства здатна забезпечити баланс між економічним зростанням і природоохоронними вимогами. Таким чином, формування екологічно безпечних ливарних виробництв є не лише технологічним завданням, а й стратегічною метою сталого розвитку, що поєднує екологічну відповідальність, соціальний прогрес і економічну стабільність.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Yevtushenko N. S., Dzhanikian A. A., Vasilets V. O. (2025). Mathematical modeling of variations in parameters of casting processes. *Інформаційні*

технології в сучасному світі : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. здобув. вищої освіти і молодих учених. Держ. біотехн. ун-т. Харків. С. 445–446.

[2] Євтушенко Н. С., Твердохлебова Н. Є. (2025). Екологічні технології для мінімізації впливу промисловості на атмосферу. Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. *Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : зб. матеріалів 10-ї Міжнар. молодіжного конгресу. Київ : Яроченко Я. В. С. 57.

[3] Ponomarenko, O., Yevtushenko, N., Akimov, O., Vasilets, V., Lopes, H. (2025). Study of the Laws of Random Fluctuations in the Parameters of Foundry Processes and the Quality of Castings. In: Machado, J., Trojanowska, J., Ottaviano, E., Xavior, M. A., Valášek, P., Basova, Y. (eds) *Innovations in Mechanical Engineering IV*. iCieng 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93554-1_36

[4] Євтушенко Н. С. Семенов Є. О. (2025). Екобезпека в умовах ливарного цеху. *Литво. Металургія. 2025* : матеріали 21-ї Міжнар. наук.-практ. конф. Київ. С. 118–120.

[5] Євтушенко Н. С. (2025). Практичний підхід до охорони праці в ливарному цеху. *Литво. Металургія. 2025* : матеріали 21-ї Міжнар. наук.-практ. конф. Київ. С. 120–123.

Yevtushenko N.

Innovative approach to greening the foundry industry

УДК 504

ЩОДО ІНДИКАТОРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Оліненченко Ю. О., аспірант

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Україна, м. Київ

7232384@stud.kai.edu.ua

Зростаюче занепокоєння світової спільноти щодо наслідків глобального потепління стимулює пошук енергоефективних технологій, перехід на відновлювані джерела енергії, удосконалення енергоменеджменту

підприємств, щоб зменшити використання викопного органічного палива та викиди парникових газів в атмосферу у різних галузях. В той же час, сфера охорони здоров'я витрачає велику кількість енергії внаслідок специфіки своєї діяльності: надання цілодобово медичної допомоги, використання енергоємного обладнання, витрати енергії на освітлення, опалення, охолодження, стерилізацію [1, 2]. Сучасним рішенням є впровадження в цій галузі моделі сталого розвитку, яка спрямована на те, щоб керівники медичних закладів ефективно використовували стратегії, які мінімізують енерговитрати лікарень, водночас дозволяючи ефективно та результативно використовувати доступні ресурси. Ціль сталого розвитку 7 «Доступна та чиста енергія» охоплює два основні напрями: модернізація енергетичної інфраструктури та підвищення енергоефективності. Розширення інфраструктури та технологічна модернізація з метою забезпечення екологічно чистою енергією, є найважливішим завданням, яке може не лише стимулювати економічне зростання, а й сприяти збереженню довкілля. На досягнення завдань цілі має вплив багато різних факторів і визначення рівня прогресу потребує здійснення моніторингу ключових індикаторів [3].

Протягом останніх десятиліть використання індексів та показників для звітності про екологічну діяльність значно зросло. Однак сектору охорони здоров'я не приділяли достатньо уваги.

Мета дослідження – проаналізувати індикатори енергоефективності для медичних закладів та визначити найбільш показові з точки зору енергозабезпечення і впливу на довкілля в контексті сталого розвитку

Індикатори енергоефективності в медичних закладах вимірюють та оцінюють споживання енергії для оптимізації використання ресурсів та зниження витрат. Їх застосовують для аналізу відповідності енергетичних показників стандартам, виявлення неефективних процесів, прийняття управлінських рішень щодо енергозбереження та покращення загального стану довкілля. Згідно стандарту ДСТУ ISO 50001:2020 показник (індикатор) енергоефективності – це кількісно визначений показник чи міра вимірювання енергетичної результативності, що їх визначає організація. Показники енергетичної ефективності може бути представлено метричною одиницею, співвідношенням або у вигляді моделі, залежно від характеру діяльності, що підлягає вимірюванню [4, 5].

Медичні заклади можна оцінити за енергоефективністю та впливом на навколишнє середовище, використовуючи такі показники, як викиди парникових газів, споживання енергії на квадратний метр або ліжко пацієнта. Окрім споживання енергії, враховують утворення відходів

(особливо небезпечних/інфекційних), використання води та питомі викиди забруднюючих речовин, такі як, наприклад, SO_2 , NO_2 . Однак енергоспоживання варіюється від одного закладу до іншого, залежно від кількості ліжок та інтенсивності медичних операцій. Як наслідок, значне споживання енергії сприяє зростанню рівня забруднення навколишнього середовища, збільшення вуглецевого сліду в атмосфері та впливу на зміну клімату.

Основні застосування індикаторів енергоефективності включають: вимірювання споживання енергії, зниження витрат, оптимізацію використання ресурсів, прийняття управлінських рішень. Внаслідок такого підходу ми матимемо зменшення впливу на довкілля, оскільки знижене енергоспоживання означає зменшення викидів парникових газів. На сьогодні за даними Мінпаливенерго України середні викиди під час вироблення 1 тис. кВт год електроенергії становитимуть: викиди твердих часток – 4,4 кг; оксиду вуглецю CO_2 – 0,5 кг; оксидів азоту NO_x – 2,2 кг; оксиду сірки SO_2 – 9,9 кг [5]. Ключові стратегії для зменшення викидів включають підвищення енергоефективності будівель, використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергія, впровадження сталих практик управління відходами та водними ресурсами, а також сприяння сталому (без викидів парникових газів) транспорту для персоналу та пацієнтів.

Висновки. На основі зробленого аналізу існуючих індикаторів енергоефективності, ми вважаємо найбільш показовими стосовно енергетичного забезпечення: 1) врахування споживання енергії на квадратний метр опалювальної площі медичних закладів та 2) визначення частки використання відновлюваних джерел енергії. При цьому, перший показник має визначатися як для усього закладу, так і особливо для окремих підрозділів лікарень. Це дозволить визначити найбільш енерговитратні з них і скоригувати можливі дії по зменшенню витрат. Стосовно другого індикатору слід зазначити, що збільшення виробництва електроенергії з відновлюваних джерел є вирішальним кроком на шляху до сталого розвитку і зменшенню впливу на довкілля у всіх галузях, зокрема і в галузі охорони здоров'я. На сьогодні багато лікарень в Україні завдяки допомозі Євросоюзу отримали можливість встановити фотовольтаїчні (сонячні) станції, що особливо важливо не тільки для енергоефективності і екології, а й енергонезалежності під час військового стану.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Alotaiby, R., Krenyácz, E. (2023) Energy efficiency in healthcare institutions. *Society and Economy*, 45 (4), 494–511. DOI: <https://doi.org/10.1556/204.2023.00013>

[2] Dion, H., Evans, M., & Farrell, P. (2023). Hospitals management transformative initiatives; towards energy efficiency and environmental sustainability in healthcare facilities. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 21 (2), 552–584. <https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2022-0200>

[3] Індикатори оцінювання впливу науки, технологій, інновацій на досягнення ЦСР: монографія / Т. В. Писаренко, Т. К. Кваша, С. В. Мариніна та ін. Київ : УкрІНТЕІ, 2024. С. 65–71.

[4] ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 33 с.

[5] Все про енергоефективність в Україні. Платформа з енергоефективності. Взято з <https://eeplatform.org.ua/vse-pro-energoefektivnist-vukrayini/>

Olinechenko Yu.

Energy Efficiency Indicators for Evaluating the Environmental Impact of Healthcare Facilities under the Framework of Sustainable Development

УДК 628.161

**ПРИРОДНІ КОАГУЛЯНТИ У ТЕХНОЛОГІЯХ
ОЧИЩЕННЯ ВОДИ: ПОТЕНЦІАЛ *MORINGA OLEIFERA*
ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ МІКРОПЛАСТИКУ**

Честних Ю. В., аспірантка, Трохименко Г. Г., д.т.н., професор
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв
yuliia.chestnykh@gmail.com, ganna.trokhymenko@nuos.edu.ua

Забезпечення населення якісною питною водою залишається одним із головних завдань сталого розвитку. У сучасних умовах традиційні коагулянти на основі солей алюмінію та заліза поступово замінюються природними реагентами, що не утворюють токсичних залишків і характеризуються високою біорозкладністю. Використання природних коагулянтів сприяє зниженню хімічного навантаження на довкілля та забезпечує безпечність процесів водопідготовки.

Метою роботи є аналіз ефективності природних коагулянтів, насамперед білкових сполук *Moringa oleifera*, у процесах очищення води та оцінка їхнього потенціалу у видаленні мікропластику.

Проблема видалення мікропластику з водних систем набула глобального характеру, оскільки частинки менші за 5 мм не осідають природним шляхом і накопичуються у довкіллі. Для їх видалення традиційні реагенти часто є неефективними або створюють токсичні відходи, тому актуальним напрямом є застосування природних коагулянтів [1].

Природні коагулянти являють собою сполуки білкової, полісахаридної або поліфенольної природи, здатні флокулювати завислі частинки через електростатичну нейтралізацію зарядів. Насіння *Moringa oleifera* містить катіонні білки, які нейтралізують негативно заряджені колоїдні частинки у воді, утворюючи щільні флокули, що осідають під дією гравітації [2].

Екстракти насіння *Moringa oleifera* демонструють високу коагуляційну активність: ефективність видалення мікропластику може досягати 86,99 % при дозі 150 мг/л і рН 7,0 [1], а за інших умов – до 94,14 % [2]. Використання цих природних реагентів дозволяє одночасно зменшувати мутність, бактеріальне навантаження та вміст органічних речовин у воді [3].

Поєднання коагуляції на основі *Moringa oleifera* з природними фільтраційними матеріалами, такими як вулканічна порода scoria, забезпечує підвищення швидкості осадження флокул і стабільності процесу [4]. Було встановлено, що середній розмір частинок насіння (0,25–2 мм) забезпечує найкращу коагуляційну ефективність завдяки оптимальному співвідношенню площі контакту та дифузійних властивостей білкових сполук [5].

Moringa oleifera також проявляє антибактеріальні властивості, сприяючи зменшенню кількості патогенних мікроорганізмів і поліпшенню санітарних показників води [3, 6]. Крім того, білкові препарати з насіння цього виду здатні видаляти гумінові речовини та знижувати концентрацію розчиненого органічного вуглецю, що підвищує якість очищення [7].

Серед переваг використання *Moringa oleifera* варто відзначити біорозкладність, екологічну безпечність, доступність сировини та відсутність токсичних залишків. Основними обмеженнями є нестандартизованість методів екстракції, варіативність хімічного складу залежно від умов вирощування рослин і зниження активності при тривалому зберіганні. Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення комбінованих систем, які поєднують коагуляцію на основі природних білкових реагентів з мембранними або сорбційними процесами для підвищення ефективності очищення [8].

Природні коагулянти, зокрема білкові сполуки насіння *Moringa oleifera*, є ефективними та екологічно безпечними реагентами для очищення

води. Вони забезпечують видалення колоїдних частинок, органічних сполук і мікропластику без утворення токсичних побічних продуктів. Використання таких коагулянтів сприяє зниженню хімічного навантаження на довкілля та відповідає принципам сталого розвитку. Подальші дослідження мають бути спрямовані на стандартизацію методів отримання білкових екстрактів, оптимізацію дозування та інтеграцію природних реагентів у промислові схеми водопідготовки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Agarwal, P., & Prakash, S. (2024). Natural coagulants (*Moringa oleifera* and *Benincasa hispida*) based removal of microplastics. *Cleaner Water*, 1, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.clwat.2024.100010>
- [2] Agarwal, P., Prakash, S., & Saini, G. (2025). Efficacy of protein extracts of *Moringa oleifera* and *Benincasa hispida* seeds for the treatment of microplastics. *Asian Journal of Chemistry*, 37 (5), 1118–1126. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2025.33515>
- [3] Taiwo, A. S., Kuku, A., & Okoya, A. (2020). Efficacy of a natural coagulant protein from *Moringa oleifera* (Lam) seeds in treatment of Opa reservoir water, Ile-Ife, Nigeria. *Heliyon*, 6 (1), e03335. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03335>
- [4] Water purification improvement using *Moringa oleifera* seed extract pastes for coagulation follow scoria filtration. (2023). *Heliyon*, 9 (7), e17420. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17420>
- [5] Particle size effect of *Moringa oleifera* Lam. seeds on the turbidity removal and antibacterial activity for drinking water treatment. (2024). *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 6, 370–379. <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2024.07.008>
- [6] Hostieva, D., Trokhymenko, G., Chestnykh, Y. (2025). Results of comparative bacteriological assessment of drinking water from different points of delivery in the city of Mykolaiv and possibilities of additional water disinfection under field conditions. *Journal Environmental Problems*, 10 (2), 145–155. <https://doi.org/10.23939/ep2025.02>
- [7] Coagulation properties of protein preparations from *Moringa oleifera* seeds: Application to humic acid removal. (2023). *Environmental Technology & Innovation*, 32, 103216. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103216>
- [8] Panigrahi, C., Kamal, S., Qin, J., Ziemann, S., Rahman, E., House, M., & Xiong, B. (2024). Removal of pristine and UV-weathered microplastics from

water: *Moringa oleifera* seed protein as a natural coagulant. *Environmental Engineering Science*, 41 (11). <https://doi.org/10.1089/ees.2024.0135>

Chestnykh Yu., Trokhymenko G.

***Natural coagulants in water treatment technologies:
the potential of *Moringa oleifera* for removing microplastics***

УДК 691:621.745.58]:332.142.6

**ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ЛИВАРНОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ У ВИРОБНИЦТВІ
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Гудков О. С.

Національний університет харчових технологій

Україна, Київ

gudkovoleksandr@gmail.com

Ливарна промисловість є значним джерелом промислових відходів, обсяги та склад яких варіюються залежно від технологічних процесів. У сталеливарному виробництві утворюється 2–4 тонни відходів на тонну сталі, а утворення ливарного піску сягає 0,60 тонни на тонну литої сталі, що при світовому виробництві становить близько 66 млн тонн щорічно. У США щорічне утворення ливарного піску становить 6–10 млн тонн, з яких лише близько 15 % піддається переробці. Значна частина відпрацьованого ливарного піску (ВЛП) утилізується на полігонах, хоча певна кількість (0,5–0,7 млн тонн щорічно в США) знаходить застосування в інженерних цілях. Лиття за виплавлюваними моделями також генерує значні обсяги відходів, зокрема керамічні оболонки форм (до 60 % від загального обсягу відходів процесу) та первинний віск (близько 20,4 тис. тонн щорічно). У контексті екологічних проблем промислової діяльності, що включають забруднення та виснаження ресурсів, актуальним є впровадження сталих рішень щодо утилізації та переробки відходів ливарного виробництва.

Ливарне виробництво використовує значні обсяги високоякісного кварцового піску, який після багаторазової переробки утворює відпрацьований ливарний пісок (ВЛП) внаслідок втрати необхідних фізико-хімічних властивостей. Хімічний склад ВЛП (переважно SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) залежить від типу відлитого металу та містить залишки в'язучих речовин і пилу. ВЛП

характеризується різноманітною формою частинок, темним кольором та специфічним гранулометричним складом. Процеси відновлення піску спрямовані на видалення забруднень та відновлення його характеристик, що дозволяє використовувати ВЛП як замітник дрібних заповнювачів у будівництві та як сировину для виробництва цементу.

Іншим значним видом відходів є шлак, що утворюється при виплавці чавуну та сталі. Обсяги виробництва різних видів шлаку варіюються: гранульований доменний шлак (49 %), шлак електродугових печей (33 %), сталеплавильних печей (12 %) та купольних печей (6 %). Властивості шлаку залежать від виробника та марки сталі, що зумовлює необхідність дослідження його характеристик перед переробкою. Електродугові печі також продукують пил, що містить шкідливі речовини та потребує спеціальної утилізації, пов'язаної зі значними витратами.

У литті за виплавлюваними моделями, крім керамічних оболонок, утворюється віск, частина якого може бути перероблена та використана повторно. Переробка керамічних форм є перспективним напрямком, що досліджується з метою їх повторного використання в керамічній або будівельній промисловості, хоча і потребує вирішення проблем виділення цінних компонентів та видалення кристалічного кремнезему.

Існують дослідження, спрямовані на використання ливарних відходів безпосередньо у ливарному виробництві, наприклад, для виготовлення керамічних форм з використанням геополімерних технологій або для виділення цінних компонентів. Впровадження ефективних практик управління відходами в ливарній промисловості є важливим для зменшення залежності від природних ресурсів, скорочення обсягів захоронення відходів та створення продукції з доданою вартістю.

Будівельний сектор, будучи значним споживачем ресурсів та джерелом відходів, потребує впровадження циркулярних підходів та використання альтернативних матеріалів, зокрема відходів ливарного виробництва (відпрацьованого ливарного піску, шлаку, золи), застосування яких у виробництві бетону може сприяти вирішенню проблеми дефіциту природних заповнювачів та покращенню експлуатаційних характеристик будівельних матеріалів. Економічна та соціальна привабливість підприємств, які практично повністю використовують сировину та не забруднюють довкілля, є очевидною.

Бібліометричний аналіз наукових публікацій виявив значне зростання інтересу до проблематики відходів ливарного виробництва (приріст 4400 % за 1986–2023 рр. та 182 % за останні 10 років), зумовлене екологічною

свідомістю та потребою в сталих стратегіях управління відходами, зокрема в контексті екологічної політики ЄС. Дослідження тісно пов'язані з Цілями сталого розвитку ООН, особливо з Ціллю 12 (близько 60 % статей). Підтверджено зростання наукового інтересу до використання ливарних відходів у будівельних матеріалах для ресурсозбереження та зниження екологічного навантаження, проте констатовано недостатність досліджень щодо окремих видів відходів, зокрема керамічних оболонок.

Ціль роботи – проаналізувати технологічні рішення щодо застосування різних типів відходів ливарного виробництва (відпрацьованого ливарного піску, шлаків, пилу електродугових печей, керамічних оболонок) для часткової або повної заміни стандартних заповнювачів та в'язучих речовин у виробництві будівельних матеріалів з метою ресурсозбереження та зниження екологічного навантаження.

Основна частина. Дослідження полягало у аналізі та узагальненні актуальних літературних даних щодо хімічних, фізико-механічних властивостей та потенціалу використання різних видів ливарних відходів у будівельній галузі. Далі наведено тільки деякі приклади можливого використання відходів ливарної промисловості.

Відпрацьований ливарний пісок (ВЛП) може частково замінювати первинні заповнювачі у бетоні, покращуючи деякі властивості затверділого бетону при додаванні до 40–50 % без перевищення токсичних норм вилуговування важких металів. Оптимальне поєднання ВЛП з летючою золою може покращити механічні властивості армованого бетону. У надвисокоміцному бетоні додавання 20 % ВЛП при оптимальному співвідношенні вода/цемент підвищує міцність на розтяг і стиск, а також тріщиностійкість. Прожарена ВЛП покращує оброблюваність та міцність на стиск будівельних розчинів при 10 % заміні цементу. У виробництві цегли можливе використання до 50 % ВЛП зі збереженням основних характеристик, хоча спостерігається зниження насипної щільності та міцності на стиск. Властивості геополімерів залишаються прийнятними за умови заміщення первинного піску ВЛП у частці, що не перевищує 30 %. Типовий діапазон заміни заповнювачів ВЛП становить 20–50 % для бетону та 40–60 % для цегли.

Різні типи ливарних шлаків знаходять застосування як будівельні матеріали, зокрема як заповнювачі у дорожньому будівництві (сталевий шлак), компоненти цементу (гранульований доменний шлак), а також для підвищення довговічності бетону (шлак індукційних печей при 25 % заміні цементу). Шлаки чорних металів можуть покращувати довговічність та

механічні характеристики бетону при використанні як дрібний заповнювач. Доменний шлак при заміні до 70 % природного піску підвищує довговічність та стійкість бетону, а мідний шлак при заміні до 40 % покращує механічні властивості та довговічність бетону. Базовий сталевий шлак кисневих печей може ефективно замінювати до 50 % крупного та 30 % дрібного заповнювачів, покращуючи характеристики бетону. Шлак індукційних печей використовується для створення високощільного бетону з покращеним радіаційним захистом при заміні до 40 % крупного та 100 % дрібного заповнювачів. Діапазон заміни цементу шлаками становить 5–60 %, а заповнювачів – 10–100 %.

Пил від електродугових печей, побічний продукт сталеплавильного виробництва, може використовуватися як заміник кремнезему (до 25 %) або наповнювач (до 25 %) у самоущільнювальних розчинах, підтримуючи механічні властивості та довговічність. Додавання лугів може покращити властивості цементних паст та розчинів з пилом від електродугових печей (до 20 %). Пил від електродугових печей також може частково замінювати цемент (оптимально близько 3 %, до 2 % для покращення довговічності), а його включення до бетону (до 10 %) може підвищити міцність на стиск. Типовий вміст пилу від електродугових печей як додаткового цементуючого матеріалу становить 4–10 %, а як заповнювача – 25–100 %.

Відходи керамічних оболонок ливарних форм демонструють потенціал для заміни цементу (до 15 % з підвищенням міцності на стиск) та природних заповнювачів у бетоні (до 100 % у високоміцному бетоні) та легких бетонах (до 80 % заміни керамзиту). У будівельних розчинах керамічні оболонки та парафіни можуть замінювати природні заповнювачі, впливаючи на фізико-механічні властивості, які можуть бути покращені попередньою обробкою оболонок. Діапазон заміни цементу становить 10–25 %, а заповнювачів – 10–100 %.

Комбіноване застосування ливарних відходів, зокрема відпрацьованого ливарного піску (ВЛП) зі шлаками та іншими промисловими побічними продуктами, синергетично оптимізує експлуатаційні характеристики будівельних матеріалів, що підтверджено літературними даними. Зокрема, розроблено екологічний бетон на основі ВЛП та гранульованого доменного шлаку з лужноактивованим гранульованим доменним шлаком як заміником портландцементу, що забезпечує необхідні міцнісні та гідрофобні властивості. Доведено покращення міцності бетону при заміні до 15 % цементу на гранульований доменний шлак та до 30 % піску на ВЛП. Визначено оптимальне співвідношення ВЛП, золи та шлаку електродугової

печі для виробництва геополімерної цегли з високою міцністю на стиск та зниженим екологічним впливом. Отже, комбінування ливарних відходів є перспективним для покращення властивостей бетонів та будівельних розчинів, часткової заміни природних ресурсів та сталого розвитку [1].

Висновки. Підсумовуючи, ливарна промисловість генерує значні обсяги різноманітних відходів, включаючи відпрацьований ливарний пісок, шлаки, пил електродугових печей та керамічні оболонки. Встановлено, що основні типи ливарних відходів (відпрацьований ливарний пісок, шлаки, пил електродугових печей та керамічні оболонки) можуть бути використані для часткової або повної заміни стандартних компонентів будівельних матеріалів. Наукові дослідження підтверджують перспективність їх використання як альтернативних ресурсів у будівельній галузі. Ефективна утилізація та переробка цих відходів сприяє зменшенню екологічного навантаження, економії природних ресурсів та розвитку циркулярної економіки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Агіар, І. Застосування відходів ливарного виробництва в екологічно ефективних будівельних матеріалах. Інґрід Агіар, Сандра Кунья, Хосе Агіар. Взято з <https://www.mdpi.com>. <https://doi.org/10.3390/app15010010>

[2] Шалевська, І., & Дорошенко, В. (2015). Використання відходів ливарного виробництва формувальних сумішей для виробництва будівельних матеріалів. *Екологія підприємства*, 11, 57–65.

[3] Sgarlata, Caterina & Ariza-Tarazona, Maria & Paradisi, Enrico & Siligardi, C. & Lancellotti, Isabella. (2023). Use of Foundry Sands in the Production of Ceramic and Geopolymers for Sustainable Construction Materials. *Applied Sciences*, 13. 5166. 10.3390/app13085166. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/370192730_Use_of_Foundry_Sands_in_the_Production_of_Ceramic_and_Geopolymers_for_Sustainable_Construction_Materials

Hudkov O.

Use of foundry waste in the production of building materials

УДК 621.331:504.75.05

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ КОНВЕРСІЇ АВТОМОБІЛІВ З ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ В ЕЛЕКТРОМОБІЛІ

Коч Д., студент¹, Маринець О. М., к.т.н., доцент²

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Україна, Миколаїв

¹koch.dima94@gmail.com, ²marinets.aleks@gmail.com

Застосування електричного приводу найефективнішим чином вирішує проблему підвищення екологічної безпеки транспортних засобів і вважається основним трендом його розвитку.

Основна перепона розвитку електричної тяги на автотransпортних засобах пов'язана з недосконалістю автономних джерел електричної енергії.

У світовій практиці існують різні підходи до розвитку електромобілів, запропоновані різні типи електричного приводу та різноманітні схеми гібридних енергетичних установок, розробляються принципово нові екологічно чисті транспортні силові установки.

Найбільше поширення отримали транспортні засоби групи BEV, які працюють на електроенергії, накопиченій в акумуляторі, що заряджається від зовнішнього джерела енергії. Альтернативою промислово виробленим електрокарам є переобладнання звичайного автомобіля з двигуном внутрішнього згорання на електромобіль [1]. На електроконверсію автомобільного транспорту також існують різні точки зору.

Тому метою роботи є аналіз впливу технічних, екологічних та соціально-економічних факторів на доцільність та ефективність реалізації проєктів електричної конверсії автомобілів з двигунами внутрішнього згорання.

Ситуація в сфері автомобільного транспорту характеризується наступним чином.

Якщо у 2020 р. у світі було 10 млн. електромобілів, то за підрахунками Global EV Outlook (GEVO) у 2023 р. їх кількість досягла 40 млн. А за оцінками Агентства Hedges and Company (США) загальний світовий автопарк на кінець 2023 року налічує близько 1,47 мільярда автомобілів. За останні 15 років їхня кількість збільшилася в 1,5 рази [2].

Встановлення більш точної кількості автомобілів ускладнюється через недосконалість їх оформлення, обліку та реєстрації.

За даними AUTO-Consulting автопарк транспортних засобів в Україні станом на 2024 рік становить близько 12 млн автомобілів, в тому числі 10,6 млн легкових автомобілів [3].

Якщо в 2019 році в Україні кількість електромобілів досягала 17 тис. одиниць, то станом на кінець вересня 2025 року в Україні налічується 193,5 тисячі електромобілів, переважно легкових автомобілів, у тому числі 3,9 тисяч електровантажівок.

При цьому загальнонаціональний середній показник кількості легкових електромобілів на 1000 чоловік населення становить 4,5 одиниці.

Лідерами електромобілізації на душу населення є Київська обл. (7,1), Тернопільська обл. (7,0), Волинська обл. (6,4), Рівненська обл. (6,4), Одеська обл. (5,9). В Кіровоградській – 2,5, в Запорізькій та Миколаївській – 1,7, в Чернігівській – 1,1, в Херсонській області – 0,3 електромобіля на 1000 мешканців. Для порівняння: у Норвегії цей показник перевищує 160 електроавто на 1000 осіб, у Німеччині – 29, у Великій Британії – 23. Але в Угорщині цей показник дорівнює 4,6, у Польщі у – 2,6 [4].

З наведених даних видно, що насиченість України електромобілями ще дуже низька та нерівномірна по регіонам. Видно також, що масового переходу на електротягу не сталося. Хоча популярність електромобілів висока, а їх переваги добре відомі. Насамперед електромобілі відрізняються екологічністю та конструктивною простотою у порівнянні з автомобілями, що працюють на паливі.

Електромобіль містить акумуляторну батарею, пов'язану електричним ланцюгом через інвертор, з електромотором, трансмісію, ведуче колесо, зарядний пристрій, звичайний акумулятор для живлення бортової електроніки та систему управління. Силова установка BEV має значно менше рухомих частин. Немає потреби в заміні мастил, ременів ГРМ, свічок запалювання, фільтрів та інших зношуваних компонентів. Це значно спрощує та здешевлює технічне обслуговування електромобіля.

За рік обслуговування електричного авто може коштувати 100–500 доларів, тоді як бензинового – 500–1500 доларів [5].

Ще одна позитивна економічна риса пов'язана з вартістю енерговитрат на кілометр пробігу. Зарядка електричного акумулятора електромобіля коштує дешевше, ніж заправка автомобіля паливом. Середньостатистичні річні витрати на зарядку складають приблизно 500–1000 доларів для електромобіля та 1500–3000 доларів на заправку бензином для автомобіля [5].

Але основною перевагою електромобіля є його екологічна безпечність в місцях експлуатації через відсутність викидів у довкілля токсичних

речовин з продуктами згоряння палив, що особливо важливо для міст та інших населених пунктів. Екологічні властивості електромобіля, такі як малотоксичність та малощумність, надають йому неперевершених урбаністичних переваг. Крім того, зазначимо, що електромобілізація транспорту і по багатьом іншим напрямкам впливає на процеси урбанізації [6].

Розвиток електромобілів стимулюється в різні способи. Власники та водії електромобілів можуть отримувати певні соціальні переваги перед іншими учасниками дорожнього руху [7]:

- електромобілі можуть їздити окремими вулицями, де проїзд транспорту з ДВЗ заборонено;
- можна їздити смугою, відведеною для громадського транспорту;
- власники електромобілів можуть мати знижки на проїзд платними автотрасами, на деяких стоянках можуть залишати транспорт безплатно.

Електромобілям притаманні і певні недоліки: недостатній запас ходу, обмежений ємністю акумуляторної батареї, довгий час зарядки, недостатній розвиток мережі (кількості) зарядних станцій у деяких регіонах, висока ціна – електромобілі дорожчі за автомобілі з ДВЗ.

У 2022 році експерти Інституту досліджень авторинку проаналізували статистику продажів електромобілів та виявили п'ять головних причин, які в Україні перешкоджають масовому переходу до нового популярного виду транспорту.

Причина № 1 пов'язана з фінансовими можливостями покупців на ринку. Продажна ціна 80 % електромобілів перевищує 10 тис. дол. Середня ціна електромобіля – 19 тис. дол. При цьому 70 % автомобілів, що купуються, коштують менше 10 тис. дол. [8].

Причина № 2: мала пропозиція бюджетних електроавтомобілів на ринку.

Причина № 3: недосконалі технічні характеристики представлених на ринку бюджетних електроавтомобілів.

Причина № 4. Вичерпна кількість покупців, які мають власну зарядну точку (в Україні більшість власників електричних автомобілів заряджають їх вдома).

Причина № 5. Поступове здорожчання електроавтомобілів.

Загалом, автори цих досліджень дійшли висновку, що для масового переходу на електромобілі необхідна наявність комплексу умов: подальше зростання ціни на паливе, здешевлення електромобілів, розширення їх асортименту на ринку, удосконалення батарей для збільшення їх ємності та зменшення часу заряджання, збільшення купівельної спроможності громадян [8].

Альтернативою купівлі нового або вживаного електромобіля може бути переобладнання автомобіля на електромобіль. При цьому вирішується не тільки проблема масового використання електричної тяги на колісних транспортних засобах, але й зменшення утворення відходів [9, 10].

Тема електричної конверсії автомобілів в електромобілі та набуває популярності в усьому світі та в Україні.

Конверсія автомобілів з тепловими двигунами в електромобіль передбачає повну заміну силових установок. З автомобіля вилучається двигун внутрішнього згоряння з усіма його системами (паливною, охолоджувальною, вихлопною). На звільнене місце встановлюється електричний двигун, а також тягові акумулятори, контролер, зарядний пристрій, система управління. Орієнтовна вартість такого переобладнання 7–20 тис. дол. і більше в залежності якості комплектуючих та самої мети конверсії. Переобладнання автомобіля має бути сертифіковане та задокументовано змінами у технічному паспорті автомобіля [9].

Для забезпечення доцільності та рентабельності переобладнанні автомобіля необхідно буде вирішити ряд проблем. Насамперед зробити оптимальний вибір комплектуючих (електричного двигуна, батарей, інших комплектуючих) в залежності від марки характеристик самого автомобіля, особливостей його експлуатації після електроконверсії. Вирішити питання опалення та кондиціонування салону. Врахувати перерозподіл мас, зміну навантажень на корпус, забезпечити збалансованість між вагою та міцністю тощо.

Світовий ринок електричної конверсії вже формується. З'являються компанії, які спеціалізуються на такому переобладнанні, різними виробниками серійно випускаються готові комплекти (набори) для електричної конверсії автомобілів.

Електрична конверсія автомобілів поступово може набути великого екологічного значення. Адже парк автомобілів з ДВЗ фізично і морально старіє і та його частина, яка в силу невідповідності нормам викидів шкідливих речовин, стає непридатною до експлуатації, повинна бути утилізована. Належної утилізації старих автомобілів поки що не налагоджено. Традиційний капітальний ремонт з глибокою модернізацією може бути нерентабельним. Тому уявляється, що переобладнання звичайних автомобілів в електричні або гібридні автомобілі є більш доцільним шляхом вирішення існуючих проблем [1].

Звичайно, така діяльність має бути забезпечена відповідним науково-технічним супроводженням, а її організація має носити секторальний

характер. При реалізації проєктів електричної конверсії автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння має бути врахований комплекс технічних, екологічних та соціально-економічних факторів, що впливають на його результативність та ефективність.

Висновки. Конверсія автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння в електромобіль потенційно дозволяє суттєво збільшити масштаби використання електроприводу на автотранспорті та вирішити/пом'якшити проблему утилізації старих автомобілів, що не відповідають екологічним нормам на викиди шкідливих речовин.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Гришук О.К., Тімков О. М., Гладченко В. С. (2021). Пошук параметрів силової установки переобладнаного автомобіля. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2 (17), 71–80. DOI: 10.36910/automash.v2i17.636

[2] Експерти перерахували всі автомобілі у світі. Режим доступу: <https://bukinfo.com.ua/cikavynky/eksperty-pererahuvaly-vsi-avtomobili-u-sviti-ce-neymovirna-kilkist>

[3] Який активний парк транспортних засобів в Україні? З'явилося непряме підтвердження. Режим доступу: <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=57949>

[4] Електрична карта України. Режим доступу: <https://eauto.org.ua/news/918-elektrichna-karta-ukrajini-silki-elektromobiliv-pripadaye-na-1000-meshkanciv>

[5] Що краще: електромобіль чи бензиновий автомобіль? Режим доступу: <https://ecofactortech.com/ua/what-is-better-an-electric-car-or-gasoline/>

[6] Дідик А., Лазарєв А. (2023). Світові тренди у автомобілебудівній галузі: уроки для розвитку автомобілебудування України в умовах економічної глобалізації. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки*, 324 (6), 44–56. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-324-6-7>

[7] Кишун В. А., Павлюк В. І., Зубенко В. А. (2024). Хронологія формування українського ринку електромобілів. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 1 (22), 182–193. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1359>

[8] Електромобілі: чому про них говорять більше, ніж купують. Режим доступу: <https://eauto.org.ua/news/150-elektromobili-chomu-pro-nih-govoryat-bilshe-anizh-kupuyut-statistika-prodazhiv>

[9] Переобладнання авто з ДВЗ на електромобіль: можливості, вартість та підводні камені. Режим доступу: <https://x-auto.com.ua/pereobladnannya-avto-z-dvz-na-elektromobil-mozhlyvosti-vartist-ta-pidvodni-kameni/>

[10] Гладченко В. С. (2021) Експериментальні дослідження переобладнаного колісного транспортного засобу категорії m1 в електромобіль. Системні технології. Вип. 4. С. 23–34. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/st_2021_4_5

Koch D., Marynets O.

***Analysis of the problems of converting cars
with internal combustion engines into electric vehicles***

УДК 620.92

**АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ
РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

Фалєєв Ф. Р., здобувач вищої освіти

Український державний університет залізничного транспорту

Науковий парк «Алгоритм інновацій»

Україна, Харків

E-mail: fedya.faleev2004@gmail.com

Перехід до відновлювальних джерел енергії є одним з ключових напрямків сталого розвитку у світі. Сонячна енергетика посідає центральне місце серед «зелених» технологій завдяки своїй екологічності, можливості децентралізації та зниженню залежності від викопного палива. Для світової енергетики використання сонячних панелей стає важливим інструментом підвищення енергетичної незалежності, зниження викидів CO₂ та розвитку інноваційних технологій.

Сонячна енергетика займає важливе місце в наукових дискусіях останніх років, особливо в контексті енергетичного переходу та сталого розвитку. Ряд досліджень був присвячений фізичним принципам фотоелектричних панелей і тому, як їх можна зробити більш ефективними. Зокрема, міжнародні огляди підкреслюють, що разом із традиційними кремнієвими технологіями активно розробляються тонкоплівкові та перовскітні матеріали, які можуть знизити вартість і розширити застосування сонячних систем [1]. Це вказує на те, що наука рухається до

диверсифікації технологій і пошуку оптимального поєднання ефективності, вартості та довговічності.

Інтенсивно вивчаються також соціально-економічні аспекти впровадження сонячної енергетики. Остання робота демонструє, що використання сонячних панелей у домогосподарствах і на підприємствах витрати на електроенергію та підвищує стійкість енергетичних систем. Українські дослідження, у свою чергу, зосереджуються на потенціалі децентралізованої генерації, де сонячні батареї розглядаються як ключовий інструмент зміцнення енергетичної незалежності країни в контексті зовнішніх викликів [2]. Можна сказати, що сучасна наукова думка рухається у двох напрямках, з одного боку, вдосконалення технологій, а з іншого – пошук економічних та організаційних моделей, які зроблять сонячну енергетику максимально доступною та стійкою.

Метою роботи є розглянути сучасний стан сонячної енергетики, її принцип роботи, переваги та недоліки, а також оцінити економічну ефективність і перспективи впровадження для приватних домогосподарств, бізнесу та енергетичних систем.

Розкриття принципу роботи сонячних панелей, аналіз їх переваг і недоліків з технічної, економічної та екологічної точок зору, розгляд економічного ефекту для приватних домогосподарств і бізнесу, а також оцінка світових тенденцій у розвитку сонячної енергетики.

Сонячна енергія станом на сьогодні є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку світової енергетики. Принцип роботи сонячних панелей полягає в перетворенні енергії сонячного випромінювання в електричну за рахунок фотоелектричних модулів, виготовлених переважно з кремнію. Існують два основних типи сонячних електростанцій – фотоелектричні, які безпосередньо виробляють електрику, і термодинамічні, де сонячна енергія спочатку перетворюється на тепло, а потім на електрику. Ефективність панелей залежить від технологій виготовлення, типу кремнієвих комірок і умов експлуатації, зокрема від температури і рівня сонячної інсоляції. Наприклад, в Україні використання сонячних панелей економічно та екологічно доцільним завдяки хорошим кліматичним умовам і підтримці держави через «зелений тариф» [3]. Таким чином, широке впровадження сонячних панелей не тільки знижує залежність від традиційних джерел енергії, але й сприяє поліпшенню екологічної ситуації та формуванню сталого енергетичного майбутнього.

Сонячні панелі мають як сильні, так і слабкі сторони, що робить їх використання предметом аналізу. Ключовою перевагою таких систем є їх

екологічність, в процесі вироблення електроенергії відсутні шкідливі викиди, що дозволяє знижувати навантаження на атмосферу і покращувати екологічну ситуацію. Крім того, сонячні панелі забезпечують автономність і енергетичну незалежність, що особливо важливо для віддалених об'єктів і домогосподарств. Економічний ефект виражається не тільки в можливості виражається не тільки в зниженні витрат на традиційне паливо, але і в можливості продажу надлишкової енергії за «зеленим тарифом». Важливим фактором є і довгий термін служби обладнання, який може досягати 30–50 років, що робить такі інвестиції довгостроково вигідними. Однак існують і певні недоліки. Висока вартість обладнання, а також порівняно низький коефіцієнт корисної дії, в середньому 14 %, вимагають значних початкових вкладень і великої площі для установки панелей. Крім того, для повноцінної роботи сонячних панелей необхідне додаткове обладнання, такі як інвертори та акумулятори, що ще більше підвищує вартість установки [4]. Таким чином, сонячні панелі є ефективними, але капіталомістким інструментом виробництва енергії, застосування якого найбільш виправдане в умовах тривалого горизонту планування та за наявності державної підтримки.

Аналіз світового досвіду показує, що сонячні панелі стають все більш економічно вигідними як для приватних домогосподарств, так і для бізнесу. Згідно з дослідженнями, термін окупності житлових сонячних систем у розвинених країнах становить приблизно 5–8 років, при цьому середній термін служби панелей перевищує 25 років [5]. Рівень LCOE (Levelized Cost of Energy) сонячної генерації знизився на значну кількість за останнє десятиліття, роблячи її конкурентоспроможною з традиційними джерелами енергії, такими як вугілля і газ [6]. Дослідження також показують, що використання сонячних панелей дозволяє знизити енерговитрати і підвищити стійкість бізнесу до коливань цін на електроенергію [7]. Можна сказати, що сонячні панелі є не тільки екологічно чистим рішенням, але й економічно виправданою інвестицією, здатною приносити стабільний фінансовий прибуток і забезпечувати енергетичну незалежність.

Сучасна світова енергетика демонструє стійкий інтерес до відновлюваних джерел енергії, особливо до фотоелектричної сонячної енергетики. Аналітичні дані показують, що вже в середині 2010-х років світові потужності фотоелектричних систем значно виросли, відображаючи високий рівень інвестицій та інтересу до цієї технології. Сонячна енергетика активно розвивається в різних регіонах, включаючи Європу, Азію та Північну Америку, де спостерігається поступове збільшення частки

сонячної генерації в загальному обсязі виробництва електроенергії. Ключовими факторами зростання галузі є зниження вартості фотоелектричних технологій, державна підтримка та активне впровадження інновацій, що робить сонячну енергетику привабливою як з екологічного, так і з економічної точки зору [8]. З наведеного можна зазначити, що розвиток фотоелектричної сонячної енергетики відображає глобальну тенденцію переходу до чистої та стійкої енергетики, створюючи можливості для економічної вигоди та підвищення енергетичної незалежності в довгостроковій перспективі.

Висновки. На підставі аналізу можна стверджувати, що сонячна енергетика є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку сучасної енергетики, поєднуючи екологічну безпеку, економічні вигоди та високий потенціал для децентралізованого впровадження. Дослідження принципів фотоелектричних панелей показало, що технологічні інновації продовжують знижувати вартість і підвищувати ефективність сонячних станцій, а огляд їх переваг і недоліків визначив ключові бар'єри, пов'язані з накопиченням енергії та інтеграцією в мережу. Економічний аналіз підтвердив ефективність сонячних систем для приватних будинків та підприємств, а дослідження світових тенденцій продемонструвало стратегічне значення сонячної енергетики у забезпеченні енергетичної стійкості та незалежності.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Pourasl H. H., Barenji R. V., Khojastehnezhad V. M. Solar energy status in the world: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. Vol. 10. P. 3474–3493.
- [2] Winker C., Dabrock K., Kapustyan S., Hart C., Heinrichs H., Weinand J. M., Linßen J., Stolten D. High-Resolution Rooftop-PV Potential Assessment for a Resilient Energy System in Ukraine. *Energy Conversion and Management X*. 2025. Vol. 28. P. 101242.
- [3] Головки А. В. Аналіз сонячних панелей. *Актуальні задачі сучасних технологій* : матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль, 2021. С. 22–23.
- [4] Болдирев А. А., Комар В. О. Доцільність використання сонячних панелей переваги та недоліки. Вінниця, 2021.
- [5] Fraunhofer ISE. Photovoltaics Report // Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. 2022. Режим доступу: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html>

[6] Bolinger M., Seel J. Utility-Scale Solar 2020: An Empirical Analysis of Project Cost, Performance, and Pricing trends in the United States. *Energy Policy*. 2021. Vol. 148. P. 111911.

[7] Zhang X., Wang H., Li Y. Economic and Environmentak Benefits of Solar PV Systems in Commercial Buildings: Case Studies in China. *Renewable Energy*. 2020. Vol. 152. P. 312–321.

[8] Разумков Центр. Перспективні технології фотоелектричної сонячної енергетики, 2017. Режим доступу: <https://razumkov.org.ua/statti/perspektyvni-tekhnologii-fotoelektrychnoi-soniachnoi-energetyky>

Falieiev F.

Analysis of the current state and prospects of the development of solar energy

УДК 621.33:620.9

**ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В
ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗА РАХУНОК
ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ**

Светош В. Ю., здобувач вищої освіти

Науковий парк «Алгоритм інновацій»

Україна, Харків

svetosvika@gmail.com

Залізничний транспорт є основою транспортної системи України та має стратегічне значення для національної економіки. Він забезпечує більшу частину вантажних і пасажирських перевезень, проте характеризується високою енергоємністю. Так, близько 80–84 % усієї електроенергії, споживаної галуззю, використовується на тягу поїздів [1], що актуалізує питання енергоефективності. Постійне зростання тарифів на енергоносії, а також потреба у зниженні шкідливих викидів в атмосферу стимулюють впровадження інноваційних технологій.

Одним із найрезультативніших напрямів енергозбереження є застосування систем рекуперації енергії[2]. Застосування таких систем дає змогу зменшити загальне енергоспоживання, знизити навантаження на контактну мережу та покращити екологічні показники залізничного транспорту, повертаючи частину кінетичної енергії рухомого складу в електричну мережу.

Енергоспоживання залізничного транспорту має циклічний характер, що обумовлено чергуванням фаз «розгін – рух – гальмування». Найбільші втрати енергії виникають саме під час гальмування, коли кінетична енергія розсіюється у вигляді тепла. Рекуперативні системи дозволяють перетворити цю енергію в електричну для живлення інших поїздів або зберігання в енергонакопичувачах.

Метою роботи є аналіз ефективності систем рекуперації енергії на залізничному транспорті, дослідження сучасних технічних рішень і визначення шляхів оптимізації процесу енергоспоживання з урахуванням технологічних, економічних та екологічних аспектів.

Зменшення енергоспоживання на залізничному транспорті досягається за рахунок кількох ключових заходів. Найефективнішим із них є рекуперативне гальмування, при якому тяговий двигун переходить у режим генератора. Енергія, що при цьому утворюється, може повертатися у контактну мережу для живлення інших поїздів, накопичуватися у стаціонарних чи бортових накопичувачах енергії, а також використовуватися для допоміжних систем самого поїзда [3]. Практичні дослідження свідчать, що застосування рекуперації дозволяє повернути в енергосистему до третини енергії, витраченої на тягу. Потенціал економії, за оцінками [4], може сягати 30–35 %, проте реальні показники залежать від інтенсивності руху та синхронізації режимів. Серед найперспективніших технологій – використання суперконденсаторів як накопичувачів енергії. Експерименти в європейських країнах [5] показали, що впровадження таких систем дає змогу знизити споживання електроенергії на 10–15 %, компенсуючи пікові навантаження.

Ефективність рекуперації визначається кількома факторами, зокрема типом рухомого складу та профілем колії. На практиці найбільший ефект досягається на ділянках з інтенсивним рухом і частими циклами гальмування та розгону, зокрема в приміському сполученні.

Сучасні електропоїзди з рекуперативними системами споживають у середньому на 30–40 % менше енергії. Наприклад, для трамваїв та тролейбусів із рекуперацією питомі витрати становлять 1,3–2,2 кВт·год/км [6], тоді як для старих моделей – 2,5–3,6 кВт·год/км. В Україні перші результати широкомасштабного використання рекуперації продемонструвала Львівська залізниця, де, за даними, за рік у мережу було повернуто понад 6 млн кВт·год, що дало економічний ефект близько 17 млн грн.

При комплексній модернізації можливе загальне скорочення споживання електроенергії на 20–30 %, що супроводжується зменшенням викидів

CO₂ приблизно на 150 тис. тонн на рік [7]. Суттєвим напрямом розвитку є також оптимізація графіка руху, що підвищує ефективність використання енергії рекуперації без великих інвестицій.

Висновки. Системи рекуперації енергії є важливим елементом енергоефективної політики на залізничному транспорті. Вони дозволяють істотно скоротити споживання електроенергії, підвищити надійність роботи мережі та зменшити викиди парникових газів. Найвищі результати досягаються при поєднанні рекуперації з енергонакопичувачами, автоматизованими системами керування тягою та оновленням рухомого складу.

Подальший розвиток у цьому напрямі потребує створення нормативної бази, державної підтримки інноваційних проєктів та розробки комплексних програм модернізації електричної тяги. Застосування технологій рекуперації сприятиме переходу української залізниці на сучасний, енергоефективний і екологічно безпечний рівень розвитку.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Сидоренко А., Яцько С. Оцінка впливу режимів роботи системи електричної тяги на втрати від нерівномірності споживання електроенергії. Збірник наукових праць ДУІТ. Вип. 39. 2022.

[2] Светош В. Ю. Екологічно чисті технології на залізничному транспорті як ключ до сталого розвитку. Харків, 2025.

[3] Пасько О. В., Тананян Є. Є. Розробка методів і засобів підвищення ефективності застосування рекуперативного гальмування на залізницях постійного струму. Харків, 2023.

[4] Кухта О. Моделювання режиму рекуперативного гальмування у системі тягової підстанції. Хмельницький, 2024.

[5] UIC. EnergyEfficiency Technologies inRailwaySystems. Paris : InternationalUnionofRailways, 2023.

[6] IONITY. Що таке рекуперація енергії та як вона працює? Взято з <https://ionity.ua/shho-take-rekuperacziya-energiyi-ta-yak-vona-praczuuye/>

[7] E-generator. Накопичувачі енергії для залізниці. Взято з <https://e-generator.com.ua/nakopychuvachi-enerhii-dlia-zaliznytsi/>

Svietosh V.

*Reducing Energy Consumption in Railway Transport through the
Implementation of Energy Recovery Systems*

УДК 662.6:504.06

ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА ПОРУШЕНИХ ЗЕМЛЯХ ЯК ДЖЕРЕЛО ОТРИМАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ

Шевчик-Костюк Л. З., к.б.н.¹, Романюк О. І., к.х.н., с.н.с.²,Романюк Г. В., к.х.н., доцент³, Куречко Н. Й.⁴Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії
і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України

Україна, Львів

¹lesyashevchik@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6394-8742²romaniuk@ua.fm, ORCID: 0000-0002-6249-2683³annatr2509@gmail.com, ORCID: 0009-0006-5592-2629⁴donadii20@ukr.net

Вичерпання природних ресурсів, енергетична криза, екологічні проблеми спонукають людство до пошуків нових альтернативних відновлюваних джерел енергії та сталого розвитку. Як наслідок, все більше уваги приділяється енергії сонця, води, вітру та особливо – біоенергії, енергії з біомаси, яка може бути застосована у вигляді твердих, рідких й газо-подібних видів палива. Війна загостила питання енергетичної безпеки й показала, що має сенс не протиставлення «зеленої» і «викопної» енергетики, а раціональне їх поєднання у «багатопаливну» енергетику, щоби мінімізувати ризики та мати можливість хоча б часткової взаємозаміни. Тому забезпечення ефективного використання власної паливно-енергетичної бази і здійснення диверсифікації джерел енергії є одним з основних завдань держави.

Водночас, в Україні наявні значні площі деградованих, порушених земель, що утворилися внаслідок промислової діяльності, видобутку корисних копалин, воєнних дій, які потребують відновлення. Перспективним напрямом рекультивції таких територій є вирощування енергетичних культур, що дасть можливість відновити деградовані землі та підвищити енергонезалежність країни через виробництво біопалива.

Однак не всі відомі енергетичні культури можуть рости в таких умовах і продукувати високі врожаї якісної біомаси. Тому, актуальним завданням є встановлення рослин фіторемедіантів, здатних рости на деградованих землях, відновлювати їх та продукувати якісну біомасу.

Нами досліджено чималу кількість рослин і показано їх фіторемедіаційний та енергетичний потенціали.

Доведено, що обліпіха крушиновидна (*Hippophae rhamnoides* L.) здатна рости на техногенних відвальних нафтозабруднених ґрунтах озокеритовидобутку, забезпечує високу ступінь їх очищення, зниження токсичності, покращення фізико-хімічних та біологічних показників ґрунту, а також інтенсивно накопичує біомасу [1]. Вона є перспективною швидкозростаючою деревною культурою з високим енергетичним потенціалом – теплота згоряння біомаси обліпіхи становить 20,60 МДж/кг. Чотирирічна енергетично-рекультивацийна плантація обліпіхи на техногенно порушених нафтозабруднених ґрунтах здатна давати 20–25 т/га деревної біомаси, шестирічна – 35–40 т/га, що в еквіваленті потенційної енергії становить відповідно 412–515 ГДж/га та 721–824 ГДж/га і є достатньо високим показником для деревних енергетичних рослин, особливо враховуючи те, що обліпіха одночасно виконує фіторе mediaційну роль [2].

Досліджено фіторе mediaційний потенціал трав'яних рослин: сорго цукрового (*Sorghum saccharatum*) та проса лозоподібного (*Switchgrass* – *Panicum virgatum*) на нафтозабруднених ґрунтах. Показано, що *S. saccharatum*, *P. virgatum* здатні рости на нафтозабрудненому ґрунті (5 % нафти у ґрунті) та покращувати його властивості. Використання агентів ре mediaції (сорбентів-меліорантів, гуматів, добрив) підвищує стійкість вищезгаданих рослин в умовах нафтозабрудненого ґрунту та врожай біомаси [3]. Просо лозоподібне і сорго цукрове належать до перспективних енергетичних культур, здатних продукувати значну кількість біомаси для виробництва біоенергії. Теплота згоряння біомаси *S. Saccharatum* та *P. virgatum* коливається в межах 16–18 МДж/кг [4, 5].

Здатність обліпіхи крушиновидної, проса лозоподібного, сорго цукрового адаптуватись до умов навколишнього середовища, відкриває перспективи для вирощування цих культур на деградованих, забруднених ґрунтах.

Закладання рекультивацийно-енергетичних плантацій дозволить ефективно використовувати техногенно порушені землі, зокрема забруднені внаслідок воєнних дій, що покращить екологічний стан у регіонах, дасть можливість повернути деградовані землі до господарського використання, зменшить проблему забезпечення енергоресурсами, забезпечить оптимальну диверсифікацію джерел енергопостачання.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Шевчик Л.З., Романюк О.І. (2016). Використання обліпіхи крушиновидної для фіторе mediaції нафтозабруднених ґрунтів. *Біологічний*

вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького, 6 (3), 472–480 <https://doi.org/10.15421/2016120>

[2] Шевчик-Костюк Л. З., Романюк О. І., Ощাপовський І. В. (2025). Оцінка енергетичного потенціалу біомаси обліпихи крушиновидної, вирощеної на техногенно порушених нафтозабруднених землях. *Відновлювана енергетика*, 1 (80), 168–175. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.1\(80\).168-175](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.1(80).168-175).

[3] Романюк, О. І., Шевчик-Костюк, Л. З., Долецька, А. С. (2024). Оптимізація технології вирощування енергетичної культури *Panicum virgatum* L. на нафтозабрудненому ґрунті. *Acta Biologica Ukrainica*, (1), 25–30. <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2023-1-04>

[4] Morales M. M., Hoshide A. K., Carvalho L. M. P., Tardin F. D. (2024). Sorghum Biomass as an Alternative Source for Bioenergy. *Biomass*, 4 (3), 1017–1030. <https://doi.org/10.3390/biomass4030057>

[5] Matin B., Leto J., Antonović A., Brandić I., Jurišić V., Matin A., Krička T., Grubor M., Kontek M., Bilandžija N. (2023). Energetic Properties and Biomass Productivity of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) under Agroecological Conditions in Northwestern Croatia. *Agronomy*, 13 (4), 1161. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041161>

Shevchyk-Kostiuk L., Romaniuk O., Romaniuk H., Kurechko N.
Growing energy crops on disturbed lands as a source of alternative energy

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РЕГІОНІВ

УДК 504:630.1

ІНТЕГРАЦІЯ БІОПОЗИТИВНИХ ШУМОЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ У МІСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Літвак О. А., к.е.н., доцент; Литвиненко Г. В., магістрант

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

olya.litvak@gmail.com, annalitvinenko176@gmail.com

Проблема шумового забруднення в містах України, як і в більшості країн світу, дедалі більше впливає на здоров'я населення, психоемоційний стан, працездатність та загальну якість життя. Водночас традиційні методи шумозахисту, що базуються на суто інженерних конструкціях (бетонні бар'єри, металеві панелі тощо), мають суттєві обмеження: вони часто не відповідають вимогам естетики, не вирішують екологічних проблем і не враховують потреб громади у комфортному середовищі. У цьому контексті біопозитивні рішення є перспективною альтернативою, що дозволяє поєднати акустичну ефективність з екологічною та соціальною цінністю.

Метою роботи є обґрунтування доцільності інтеграції біопозитивних конструкцій у міське середовище як ефективного інструменту зниження шумового забруднення, підвищення екологічної стійкості та формування комфортного урбаністичного простору.

Біопозитивні шумозахисні конструкції – це інженерні споруди, які мають елементи озеленення (вертикальні сади, зелені покриття, субстрати для мохів, трав, рослин), що інтегруються в міський ландшафт. Вони відрізняються великою варіативністю форм, матеріалів та способів озеленення. Вибір конкретного виду залежить від умов розміщення, рівня шумового навантаження, архітектурного контексту та функціонального призначення території. Умовно всі конструкції можна класифікувати за конструктивною формою та характером озеленення.

За конструктивною формою виділяють такі види біопозитивних шумозахисних конструкцій:

– вертикальні екрани з озелененням. Це найбільш поширений тип. Вони складаються з металевих або бетонних панелей, на які монтуються модульні системи для вирощування рослин. Такі конструкції займають мінімум площі, що особливо актуально в щільній забудові. Основні

переваги – економія простору, швидкий монтаж, можливість створення візуально привабливих композицій [1];

- габійні конструкції – це сітчасті контейнери, заповнені камінням, щебенем або іншими мінеральними матеріалами, які можуть бути комбіновані з озелененням. Зовні вони можуть мати оздоблення у вигляді зелених насаджень або ґрунтових кишень для трав і мохів. Основні переваги – довговічність, стійкість до атмосферних впливів, можливість утворення вертикальних озелених екранів, висока акустична ефективність завдяки масивності та пористості [2];

- насипні (земляні) вали з рослинністю, які формуються шляхом насипання ґрунту у вигляді бар'єру висотою 2–4 метри з подальшим озелененням. Такі конструкції мають високу шумопоглинальну здатність та природний вигляд. Основні переваги – висока ефективність поглинання шуму, природний ландшафтний вигляд, можливість посадки дерев та кущів;

- комбіновані конструкції, що поєднують вертикальні елементи з земляними насипами або мають різні рівні озеленення (наприклад, поєднання живої стіни та зеленої покрівлі). Основні переваги – багатофункціональність, естетика, можливість гнучкого проектування, ефективне шумопоглинання.

За способом озеленення можна виокремити наступні види:

- живі стіни. Для створення такої конструкції використовують модульні або мішечкові системи з ґрунтовим субстратом, в яких висаджуються багаторічні трав'янисті рослини, декоративні трави, мохи. Живі стіни потребують регулярного поливу та догляду, добре поглинають шум, очищають повітря;

- в'юнкі рослини на решітках. На каркасі або решітці висаджуються в'юнкі рослини, такі як плющ, дикий виноград, хміль. Це один із найдоступніших видів озеленення. Основні переваги – простота конструкції, природний вигляд, ефективне затінення;

- спеціальні покриття (біомати) з мохів та лишайників, які використовуються в регіонах з підвищеною вологістю або в екологічно чутливих зонах. Такі покриття мають високу звукопоглинальну здатність, затримують пил та добре фільтрують повітря. Вони не потребують ґрунту, можуть утримуватись на вертикальних або похилих площинах. Часто використовуються для створення біофільного дизайну в інтер'єрі. Основні переваги – природний захист, мінімальний догляд, відновлюваність [3];

- фітореMediaційні системи, в яких використовують спеціально підібрані рослини, що не лише покращують естетику та шумову ізоляцію, а

й здатні поглинати шкідливі речовини з повітря або ґрунту. Основні переваги – подвійна екологічна функція шумозахисту та очищення середовища.

Порівняльна табл. 1 дозволяє оцінити основні характеристики різних типів біопозитивних шумозахисних конструкцій за ключовими критеріями: рівнем шумопоглинання, довговічністю, займаною площею, потребами в обслуговуванні та біопозитивним ефектом. Найвищу акустичну ефективність демонструють земляні вали та комбіновані системи, що можуть забезпечувати зниження шуму до 18–20 дБ. У той же час вертикальні зелені екрани і габіонні конструкції займають менше простору і є більш доцільними для щільно забудованих міських зон.

Таблиця 1. Порівняння різних видів біопозитивних шумозахисних конструкцій за ключовими критеріями

Тип конструкції	Шумопоглинання, дБ	Термін служби, років	Необхідна площа	Потреба у догляді	Екологічний та шумозахисний ефект
Вертикальні зелені екрани	8–15	15–20	Мінімальна	Середня	Природне озеленення, що сприяє покращенню мікроклімату та фільтрації повітря
Земляні вали з озелененням	10–20	30–50	Велика	Низька	Природність, поєднання з ландшафтом
Габіонні конструкції	10–18	20–30	Середня	Середня	Стійкість, можливість використання локальних матеріалів
Комбіновані конструкції	15–20	20–50	Середня	Висока	Поєднання високого шумозахисту, естетичних та екологічних переваг
В'юнкі рослини на решітках	6–10	10–15	Мінімальна	Низька	Простота конструкції, ефективне затінення
Мохові покриття	8–12	8–10	Мінімальна	Середня	Легкі, не потребують ґрунту, очищують повітря

Біопозитивний ефект найвищий у тих конструкцій, що активно підтримують розвиток рослинності, сприяють підвищенню біорізноманіття, очищенню повітря та покращенню мікроклімату. Зокрема, живі стіни, земляні вали та комбіновані конструкції отримали максимальну оцінку – 5 балів за цією шкалою. Габіонні конструкції, які можуть бути частково або повністю озеленені, мають потенціал до високого біопозитивного впливу за умови належного проєктування.

На рис. 1 наочно показано співвідношення між акустичною ефективністю та рівнем біопозитивності. Це дозволяє швидко ідентифікувати типи конструкцій, які забезпечують найкращий баланс між функціональністю та екологічністю. Видно, що комбіновані системи мають найвищі показники в обох категоріях, а в'юнкі рослини на решітках, хоча й менш ефективні як шумозахист, можуть використовуватись як бюджетна альтернатива з екологічною цінністю.

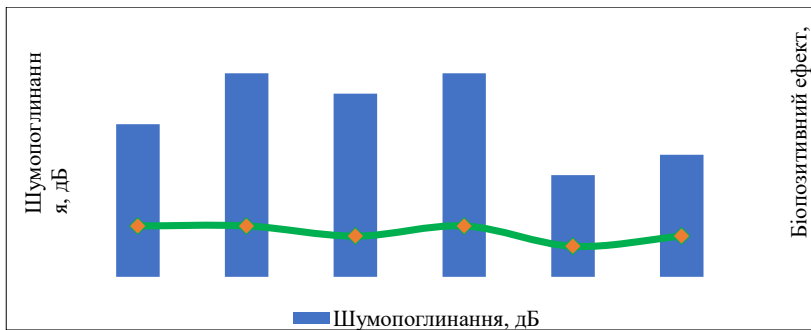


Рис. 1. Порівняння ефективності біопозитивних шумозахисних конструкцій

Біопозитивні шумозахисні рішення сприяють формуванню екосистемного середовища навіть у техногенних зонах. Вони зменшують ефект теплового острова, затримують дощову воду, створюють середовище існування для птахів і комах. Таким чином, біопозитивні елементи шумозахисту не просто екранують шум, а стають інструментом біореєnerації та виховання екологічної культури у міському середовищі. Вибір оптимального типу конструкції має базуватись на поєднанні технічних вимог, просторових обмежень та бажаного екологічного ефекту.

Інтеграція біопозитивних конструкцій у структуру міста відкриває нові можливості для естетизації міського простору, підвищення його

функціональності та комфортності. Шумозахист за допомогою біопозитивних конструкцій може виконувати кілька ролей:

- акустичну (зниження шуму до 20–30 дБ);
- візуальну (екранування промислових або транспортних об'єктів);
- ландшафтну (створення зелених коридорів, буферних зон, амфітеатрів);
- соціальну (місця відпочинку, зони рекреації біля шумозахисних валів та екранів).

Використання біопозитивних рішень у транспортній інфраструктурі (наприклад, уздовж автомагістралей, залізниць, трамвайних маршрутів) дозволяє відновлювати деградовані території, створюючи простори, що приносять користь і людині, і природі [4].

Попри вищі початкові витрати на проектування та реалізацію біопозитивних рішень порівняно з традиційними, їх довгострокові економічні переваги є суттєвими:

- зменшення витрат на охорону здоров'я через зниження рівнів стресу, серцево-судинних захворювань та безсоння;
- підвищення вартості нерухомості в районах з екологічно привабливою інфраструктурою;
- скорочення витрат на енергоспоживання за рахунок природного охолодження та теплоізоляції;
- розвиток місцевого виробництва екологічних матеріалів і технологій (солом'яні панелі, мохові касети, дерев'яні каркаси тощо).

Інвестиції в біопозитивні рішення окупаються за рахунок поєднання ефектів – економічних, соціальних та екологічних.

Біопозитивна інфраструктура створює середовище психологічного комфорту, знижує рівень агресії, підвищує мотивацію до екологічної поведінки. Особливо важливим є застосування біошумозахисту: біля шкіл і дитячих садків; у медичних та реабілітаційних закладах; в місцях масового скупчення людей; поблизу житлових будинків з підвищеним рівнем вразливості населення (пенсіонери, маломобільні групи). Крім того, реалізація таких проєктів зміцнює зв'язок громади з природою, формує нове бачення міста як простору здоров'я, безпеки та краси.

Існує вже значний накопичений досвід впровадження біопозитивних шумозахисних конструкцій в різних країнах світу. В Німеччині (Берлін, Гамбург) широко використовуються вертикальні екрани з зеленими рослинами або моховим покривом, які підтримують місцеву флору. В Амстердамі (Нідерланди) можна побачити інсталяції з «живих»

шумозахисних стін біля автострад та залізниць. В Швейцарії облаштовуються зелені шумозахисні бар'єри в рамках програми «Шум+Зелень», відбувається їх інтеграція з велосипедною інфраструктурою. В Польщі (Варшава і Краків реалізовані проекти з використанням модульних шумозахисних панелей, засіяних польовими квітами [5].

Україна має всі передумови для розвитку біопозитивного шумозахисту:

- доступ до природних матеріалів (деревина, солома, мох, глина);
- наявність архітекторів і дизайнерів з досвідом екологічного проєктування;
- розширення публічного запиту на комфортне міське середовище;
- досвід реалізації пілотних екологічних ініціатив у Львові, Києві, Харкові.

За умови нормативної підтримки, фінансування з боку екологічних фондів та активної участі муніципалітетів, потенціал може бути реалізований в системний спосіб – через інтеграцію в стратегії розвитку міст, програми адаптації до змін клімату та благоустрою.

Висновки. Потенціал впровадження біопозитивних рішень у шумозахисті є багатовимірним і актуальним. Він охоплює не лише боротьбу з акустичним забрудненням, а й розбудову екологічно сталого міського середовища, де людина живе в гармонії з природою. З огляду на сучасні урбаністичні виклики, біопозитивний шумозахист може стати новим стандартом екологічного комфорту, що інтегрує технології, природу та суспільні цінності.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Green Noise Barriers. RAU Lärmschutzwände Geosystem GBK GmbH. Retrieved from: <https://rau.de/en/noise-protection-by-the-roadside/>.
- [2] Environmental Protection Department. Highways Department. Government of the Hong Kong SAR (2022). Guidelines on Design of Noise Barriers. Third Issue. Hong Kong.
- [3] Noise reduction: Moss Walls VS Acoustic Panels. Retrieved from: <https://s.li/axakye>.
- [4] Коваленко М. Г. (2015) Функції міських зелених насаджень та їх нормування. *Містобудування та територіальне планування. КНУБА*. 55. 194–201.
- [5] Thakre C., Bisarya A., Laxmi V., Kalawapudi K., Vijay R. (2024). An innovative design and development of noise barrier with newly composite mix of acoustic panel, *Journal of Environmental Management*, 361, 121276.

Litvak O., Lytvynenko G.

Integration of biopositive noise-proofing structures into the urban environment

УДК 338.48

ВНУТРІШНІЙ ТУРИЗМ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Сіра І. В., к.е.н., ст. викладач кафедри туризму та готельно-ресторанного бізнесу

Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, Київ

Попри повномасштабну війну, внутрішній туризм в Україні зберігає свою актуальність. Більше того, у післявоєнних умовах він набуває нових функцій: окрім рекреаційної, дедалі більшого значення набуває культурно-пізнавальна складова, зокрема як засіб ознайомлення з національною історією, традиціями та цінностями.

Серед основних викликів, з якими стикається туристична сфера України, можна виокремити наступні: масштабне руйнування та тимчасова окупація туристичної інфраструктури; масовий відтік кваліфікованих фахівців за кордон; скорочення споживчої бази у зв'язку з еміграцією значної частини населення; а також зростання інфляції, що спричинило зниження купівельної спроможності громадян [1].

В умовах війни внутрішній туризм в Україні функціонує з урахуванням низки специфічних обмежень і факторів, що визначають його особливості. Насамперед, безпека залишається ключовим критерієм для організації подорожей: регулярні повітряні тривоги та бойові дії в окремих регіонах вимагають постійного моніторингу актуальної безпекової ситуації перед поїздкою, а також готовності до надзвичайних обставин (рис. 1).

Логістичні труднощі є ще одним суттєвим чинником: пошкоджена інфраструктура, часткове блокування автошляхів, обмеження у роботі громадського транспорту можуть призводити до затримок і змін у маршрутах. Проблемною є також доступність місць розміщення в регіонах, що приймають значну кількість внутрішньо переміщених осіб – у таких випадках необхідне завчасне бронювання [3].

Фінансовий аспект також відіграє важливу роль: зростання попиту на транспортні та готельні послуги в окремих регіонах може зумовлювати підвищення вартості подорожей. Окрім того, психологічний стан туристів не менш важливий, адже подорожі в умовах воєнного стану супроводжуються емоційним напруженням та невизначеністю, що потребує додаткової адаптації з боку мандрівників.

Від початку повномасштабного вторгнення понад 45 % опитаних подорожували країною з туристичною метою. Ставлення до мандрів у 23 %

українців не змінилося. 21 % вважають, що подорожами вони підтримують економіку країни. Стільки ж респондентів уникають будь-яких мандрівок через можливу небезпеку [2].



Рис. 1. Перешкоди або обмеження для подорожей в Україні під час війни, %
Джерело: [2]

Згідно з результатами опитування, проведеного Державним агентством розвитку туризму (ДАРТ) щодо подорожей Україною в умовах воєнного стану, найбільшу популярність серед українців мають такі форми дозвілля, як піші прогулянки та урбаністичний туризм, що пов'язаний з дослідженням міського середовища (рис. 2).



Рис. 2. Види внутрішнього туризму в Україні в умовах воєнного стану, %
Джерело: [2]

Станом на 2025 рік серед внутрішніх туристів в Україні найбільшою популярністю для літнього відпочинку користуються Карпатський регіон та Одеський напрямок (рис. 3). Хоча пляжний відпочинок на узбережжі Чорного та Азовського морів для українських туристів залишається недоступним: Азовське узбережжя перебуває під окупацією, а Чорноморське – становить загрозу через мінну небезпеку та ризик ракетних обстрілів.

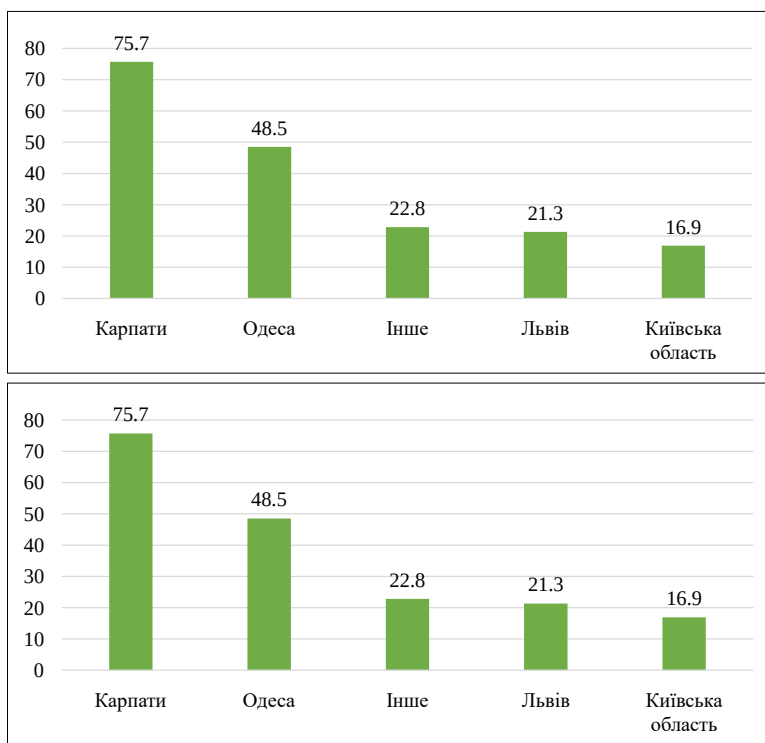


Рис. 3. Найпопулярніші напрями для літнього відпочинку у 2025 році в Україні

Джерело: [4]

Відносно безпечними для подорожей вважаються центральні та західні регіони України, що обумовлено їх віддаленістю від активних бойових дій і стабільнішою безпековою ситуацією. Саме ці території демонструють зростання туристичної активності, розширення пропозицій у сфері готельно-ресторанного бізнесу, а також розвиток культурно-пізнавальних, оздоровчих і природно-рекреаційних маршрутів. Водночас навіть у цих

регіонах діють регіональні обмеження, пов'язані з правовим режимом воєнного стану, зокрема комендантська година, обмеження щодо відвідування окремих природних територій та необхідність дотримання підвищених заходів безпеки.

На території України заборонено здійснення туристичної діяльності (справи, походи, екскурсії) поблизу об'єктів критичної інфраструктури, військових та стратегічних установ. Обмеження також стосуються регіонів, прилеглих до кордонів з росією та Білоруссю, а також окремих гірських маршрутів, водойм і лісових масивів. Відпочинок у прифронтових зонах сходу та півдня країни є небезпечним через бойові дії, а подорожі на нещодавно деокупованих територіях не рекомендуються з міркувань безпеки.

Отже, у період повномасштабного вторгнення внутрішній туризм став основним чинником, який забезпечує функціонування туристичної галузі України. Подорожі всередині країни виконують не лише рекреаційну функцію, а й слугують засобом фізичної та психологічної реабілітації населення, а також інструментом економічної підтримки держави. У нинішніх умовах основна увага зосереджується на адаптації до нових реалій та впровадженні кризового менеджменту, що дозволяє зберегти робочі місця та підтримувати функціонування сфери туризму на базовому рівні.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Bosovska, M. V., & Okhrimenko, A. H. (2024). *Stratehichni vektory rozvytku industrii hostynnosti v Ukraini* [Strategic vectors of hospitality industry development in Ukraine]. In *Perspektyvy rozvytku industrii turyzmu i hostynnosti v Ukraini ta sviti: Tezy dopovidei I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Prospects for the development of the tourism and hospitality industry in Ukraine and the world: Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference] (pp. 7–11). Lutsk National Technical University.

[2] State Agency for Tourism Development of Ukraine. (n.d.). *Ofitsiyniy sait Derzhavnoho ahentstva rozvytku turyzmu (DART)* [Official website of the State Agency for Tourism Development]. Retrieved July 22, 2025, from <https://www.tourism.gov.ua>

[3] Chervinska, T. M. (2024, March 21–22). *Materialy VIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Upravlinnia rozvytkom sotsialno-ekonomichnykh system"* (m. Kharkiv) [Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference "Management of Socio-Economic Systems Development" (Kharkiv)]. https://toib.net/statti_ukr/chervinska.htm

[4] Ribas Hotels Group. (2025). Opytuvannia ta prohnoz litnoho vidpochynku v Ukraini 2025 rik [Survey and forecast of summer vacation in Ukraine, 2025]. Retrieved July 23, 2025, from <https://ribashotelsgroup.ua/blog/opytuvannya-ta-prognoz-litnogo-vidpochynku-v-ukrayini-2025-rik/>

Sira I.

Domestic Tourism In Ukraine During The War

УДК 504:528.8

АНАЛІЗ РИЗИКІВ НЕБЕЗПЕКИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПЕРВОМАЙСЬКОЇ ГРОМАДИ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Тимченко І. В., к.т.н., доцент¹, Крисінська Д. О., к.т.н.², Гіржева О. Л., к.с.-г.н., доцент³

ДЗ Луганський національний університет імені Тараса Шевченка,
Національний екологічний центр України, ²Чорноморський національний
університет імені Петра Могили, Національний екологічний центр України
³Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Україна, Миколаїв

¹inna.tymchenko@nuos.edu.ua; ²d_krynska@chmnu.edu.ua,

³Giza0903@gmail.com

На сьогоднішній день проблема забезпечення питної водою Миколаївської області є одною з найбільш гострих. Особливо це стосується віддалених маргінальних прифронтових громад, які значно постраждали від воєнних дій.

Крім існуючих проблем питного та зрошувального водопостачання прифронтових громад Миколаївської області, які існували до повномасштабного вторгнення та посилювались в умовах змін клімату додалися соціально-економічні проблеми та ризики потрапляння в підземні джерела води токсичних елементів через обстріли.

Однією з таких громад є Первомайська сільська територіальна громада Миколаївської області, яка до листопада 2022 року знаходилась під постійними обстрілами з боку окупантів, була «сірою зоною» та частково окупованою. Воєнні дії призвели до значного забруднення ґрунтів важкими металами та іншими токсичними елементами. В місцях обстрілів також

фіксується значні перевищення гранично допустимих концентрацій фосфору, сірки та арсену. Такі забруднення в подальшому можуть призвести до забруднень продукції та питної води.

Крім того, було пошкоджено приватні свердловини та водонапірні вежі. Технічне обладнання та водопровідні мережі громади також вже мають високий ступінь зношення та потребують заміни.

Метою даної роботи є оцінка ризиків небезпеки питного водопостачання на прикладі Первомайської громади Миколаївської області.

Миколаївська область належить до маловодних регіонів України, що характеризуються обмеженими ресурсами прісної води. Гідрогеологічні умови області є складними, з обмеженими запасами підземних вод, що зумовлено поєднанням негативних природних (геологічних і кліматичних) чинників.

Загальний рівень забезпеченості Миколаївської області прогнозними ресурсами підземних вод є одним із найнижчих в Україні – лише 441,6 тис. м³/добу. На території області розвідано найменший обсяг експлуатаційних запасів підземних вод з яких фактично відбирається лише 11,16 % від загального обсягу затверджених запасів [1].

Родовища підземних вод придатних для використання горизонтах приурочені переважно до піщано-гравійних четвертинних алювіальних відкладів, вапняків і пісків сарматського віку, дрібнозернистих пісків київського регіоярису еоцену, піщаних порід верхньої крейди, а також кристалічних порід архею – протерозою [1].

Проведенні аналізи говорять, що загальна мінералізація підземних вод перевищує 1000 мг/л та часто досягає 1500–2000 мг/л.

Первомайська селищна рада розташовується у південно-східній частині Миколаївської області. Чисельність громади на 2024 рік 9913 осіб, площа – 366,54 км². Водозабезпечення громади включає свердловини, водопровідна мережа, водонапірна вежа та очисні системи.

Було проведено дослідження води в с. Партизанському Первомайської громади з наступних джерел: свердловина № 2 (орієнтовна глибина 70 м), використовується для питних та технічних потреб жителями с. Партизанське, свердловина № 1, водонапірна вежа та р. Інгулець – зрошувальна система.

Аналіз проводився за допомогою приладів: аналізатор eXact® Micro 20 (США), Солемір/TDS-метр AZ-8373, рН метр/термометр EZODO 7011. придбаних за підтримки програми «Майбутні лідери України» (UFLP) (рис. 1).



Рис. 1. Аналіз зразків води в с. Партизанському, 27.06.25 р.

Дослідження мали на меті оцінити ризики небезпеки питного водопостачання та обговорити та спроектувати спільні рішення по забезпеченню безпечного питного водопостачання громади з жителями громади та студентами-екологами.

Результати аналізу зразків води наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати аналізу зразків води

Параметр	1 зразок	2 зразок	3 зразок	Нормативні значення *
1	2	3	4	5
Сухий залишок, мг/л	1330	2700	1460	$\leq 1000-1500^{**}$
pH	6,6	6,6	7,9	6,5–8,5
Сульфати, мг/л	500	750	480	$\leq 250-500^{**}$
Хлориди, мг/л	>1000	<250	>1500	$\leq 250-350^{**}$
Жорсткість кальцієва/кальцій, мг/л	189/75	3300	>600	Не визначається
Загальна жорсткість, мг/л	265	>3300	Не визначався	7–10 ^{**} ммоль/л (~700–1000 мг/л)
Важкі метали	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	
Фосфати	<0,003	<3,5	Не визначався	$\leq 3,5$ (за PO_4^{3-})
Загальна лужність	Не визначався	<200	Не визначався	Не визначається

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Мідь	Не визначався	Не виявлено	Не визначався	
Нітриди	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	
Фториди	Не визначався	Не виявлено	Не визначався	
Залізо, мг/л	Не визначався	33	Не визначався	≤ 0,2
Загальні колиформи	Не визначався	Не визначався	Не визначався	
E. Coli	Не визначався	Не визначався	Не визначався	

Примітки. * Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» зі змінами від 18.02.2022 (Наказ № 341).

** Максимальний рівень нормативів застосовується в окремих випадках, що пов'язані з особливими природними умовами та технологією підготовки питної води, що не дозволяє довести якість питної води до жорсткішого нормативу, про що повинно бути зазначено у технологічному регламенті або іншому документі з описом технологічного процесу виробництва питної води.

Невідповідність показників якості питної води санітарно-епідеміологічним вимогам є основною причиною підвищення захворюваності серед населення, постійне вживання непридатної води може призвести до хронічних захворювань, погіршити перебіг існуючих хвороб та зменшити якість та тривалість життя.

Оцінено основні ризики небезпеки питного водопостачання Первомайської громади на прикладі с. Партизанське.

Первомайська сільська громада, зокрема село Партизанське Миколаївського району, розташована на території із складними гідрогеологічними умовами та обмеженими ресурсами якісної прісної води. Проведені дослідження якості води з місцевих джерел (дві свердловини та зрошувальна система з р. Інгулець) виявили серйозні відхилення від нормативів, що встановлені для питної води.

Перевищення вмісту хлоридів (понад 1000 мг/л у зразку 1), що у 4 рази вище гігієнічного нормативу. Це створює ризик для роботи нирок, судинної системи, водно-сольового балансу, особливо у дітей, людей з гіпертонією та хронічними захворюваннями.

Надмірна жорсткість води, зокрема понад 3300 мг/л загальної жорсткості (у зразку 2), що в кілька разів перевищує рекомендовані

значення. Це може сприяти утворенню каменів у нирках, а також значному зносу побутової техніки й водогонів.

Підвищений вміст сульфатів (до 750 мг/л у зразку 2) у поєднанні з високим сухим залишком (до 2700 мг/л) створює умови для подразнення слизової травного тракту, а також знижує придатність води навіть для технічного використання.

Високий вміст заліза (33 мг/л у зразку 2) більш ніж у 165 разів перевищує допустимий рівень (0,2 мг/л). Це може свідчити про внутрішню корозію водонапірної вежі або забруднення водоносного горизонту, і потребує додаткового аналізу.

Мікробіологічні показники не визначались, що не дозволяє оцінити ризик інфекційних захворювань. За відсутності таких даних воду не можна вважати безпечною для споживання.

Окрім виявлених хімічних перевищень, слід враховувати природну мінералізацію підземних вод регіону, яка, за іншими джерелами, може перевищувати 1,5 г/дм³. Це свідчить про низький природний потенціал підземних вод для питного водопостачання без попередньої підготовки.

Зразок 3 відповідає джерелу зрошувальної системи, для даного джерела не застосовуються нормативи питної води. Разом з тим, результати випробування говорять про те, що вода з даного джерела має підвищений вміст хлоридів. Високий вміст хлоридів води для зрошення може призвести до засолення ґрунту, що негативно вплине на здатність рослин поглинати воду та поживні речовини. За іншими показниками, що було визначено джерело може вважатися придатною для зрошення.

Можна виділити наступні потенційні наслідки для жителів громади:

- погіршення стану здоров'я (ниркові захворювання, артеріальна гіпертензія, порушення травлення);
- зниження якості життя та підвищення витрат на лікування;
- ризик інфекцій у разі мікробного забруднення;
- технічні проблеми у водогонах, побутовій техніці, шкода для ґрунтів при поливі.

Результати попередніх досліджень дозволяють сформулювати рекомендації:

- виключити використання води з джерел 1 і 2 для пиття без очищення,
- розглянути встановлення систем зворотного осмосу для очищення води зі свердловини № 1 – як оптимальний варіант за якістю та витратами,
- провести повторне дослідження в акредитованій лабораторії, включаючи мікробіологічні показники,

- організувати зону санітарного захисту навколо свердловини, провести гідрогеологічне уточнення горизонту водовідбору,
- у разі неможливості підготовки води – забезпечити доступ до привізної питної води.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Саніна, І. В., & Люта, Н. Г. (2024). Щодо забезпеченості експлуатаційними запасами питних підземних вод Дніпропетровської, Запорізької, Миколаївської та Херсонської областей. *Мінеральні ресурси України*, 3, 61–68. <https://doi.org/10.31996/mru.2024.3.61-68>

Tymchenko I., Kryszynska D., Girzeva O.

Risk analysis of drinking water supply of the Pervomayska community of Mykolaiv region

УДК 613.648

ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ У М. ВІННИЦІ

Кондратюк О. Ю.¹, магістрант, Сакалова Г. В.², д.т.н., проф.

Вінницький національний технічний університет

Україна, Вінниця

themosquic@gmail.com¹, sakalova@vntu.edu.ua²

Населення, що проживає в густонаселених районах сучасних міст останнім часом усе більше піддається впливу радіовипромінювання від різних джерел, серед яких мобільний зв'язок, супутникове і височастотне наземне телебачення (MMDS), інтернет мережі wi-fi і wi-max. Дані про структуру захворюваності населення наведено в таблиці 1.

Вивчення механізмів дії ЕМП на біологічні об'єкти в даний час знаходиться на стику різних напрямків – фізики, біології, медицини, біофізики, радіоелектроніки, екології і т.д. Зі зростанням інтенсивності височастотних електромагнітних полів з'явилися смертельні випадки від їх впливу. У таблиці 2 наведена смертність осіб, працюючих з джерелами електромагнітних полів.

Тривалий і систематичний вплив на працюючих ЕМП різних частот з інтенсивністю, що перевищує гранично допустимі рівні, може призвести до деяких функціональних змін в організмі, в першу чергу у центральній нервовій системі.

*Таблиця 1. Структура захворюваності населення,
що проживає під впливом електромагнітного випромінювання*

Класи захворювань	Вікові групи, %					Всього, го, %
	20–29	30–39	40–49	50–59	> 60	
Інформаційні і паразитичні захворювання	1,04	0,61	0,64	0,81	3,59	1,22
Новоутворення	–	0,82	1,83	0,99	1,15	1,05
Захворювання ендокринної системи	0,21	0,41	1,07	1,44	0,57	0,83
Захворювання нервової системи	8,30	3,07	7,84	2,88	4,45	4,91
Захворювання очей	1,24	0,82	1,40	0,54	–	0,79
Захворювання вуха	–	–	0,86	–	0,86	0,33
Захворювання шкіри	–	–	0,97	0,72	–	0,41
Захворювання системи кровообігу	8,71	6,04	10,53	17,28	23,24	13,18
Захворювання органів дихання	54,60	71,41	52,20	58,78	38,74	56,45
Травми, отруєння	2,49	1,24	2,04	0,63	–	1,19
Захворювання кістково-м'язової системи	5,60	0,82	9,13	9,27	15,35	7,86
Захворювання сечостатевої системи	5,19	2,77	2,68	1,26	1,87	2,48
Захворювання органів травлення	11,62	10,35	7,95	4,23	9,32	8,17
Алергічні захворювання	1,04	1,64	0,86	1,17	0,86	1,14

*Таблиця 2. Смертність осіб, працюючих з джерелами
електромагнітних полів [4]*

Категорія смертності	Щільність потоку енергії менше 1 мВт/см ²		Щільність потоку енергії більше 1 мВт/см ²	
	абсолютна величина	відносна величина, %	абсолютна величина	відносна величина, %
Число людей у вибірці	20781	100	20109	100
Загальне число випадків смерті	665	0,31	783	0,39
Загибель від нещасних випадків	223	0,009	318	0,016
Смертність від хвороб	359	0,0017	357	0,0017
Новоутворення	94	0,0045	108	0,0053
Серцево-судинна система	180	0,0085	175	0,0087
Органи травлення	27	0,0013	25	0,0012
Кровотворення і лімфатична система	20	0,001	26	0,0013

Ці зміни проявляються у головного болю, порушення сну, підвищеної стомлюваності, дратівливості і ряді інших симптомів. Крім того, відмічається уповільнення пульсу, знижений кров'яний тиск, зміни в печінці і селезінці. Центральна нервова система має високу чутливість до електромагнітних випромінювань, варіативність фізіологічних і біохімічних показників дуже висока. Основна маса експериментальних даних зосередилася в діапазоні щільності потоку енергії 1–100 мВт/см і часу опромінення 10–1000 хв. Спостерігається явище адаптації центральної нервової системи до електромагнітного випромінювання, що виявляється в поступово затухаючій реакції в міру зменшення інтенсивності, тривалості і повторюваності сеансів опромінення. З іншого боку, спостерігається також явище функціональної кумуляції, що виражається в наростанні симптомів при збільшенні часу опромінення [1–4].

Основний вплив на електромагнітний стан міста Вінниці здійснюють випромінювання базових станцій стільникового зв'язку представлені на рисунку 1, Вінницького телецентру, радіонавігаційних засобів, радіотехнічних засобів, лінії електропередачі високої напруги тощо. Разом з цим для задоволення максимальних потреб абонентів мобільних мереж у підземних і наземних спорудах (супермаркети, торгово-розважальні комплекси), куди звичайним способом не можуть проникнути радіохвилі, оператори мобільних мереж встановлюють приймально-передавальне обладнання в середині цих споруд. Як показує практика, електромагнітне випромінювання в таких спорудах перевищує гранично допустимий рівень (ГДР) у 2,5 мкВт/см² [1].

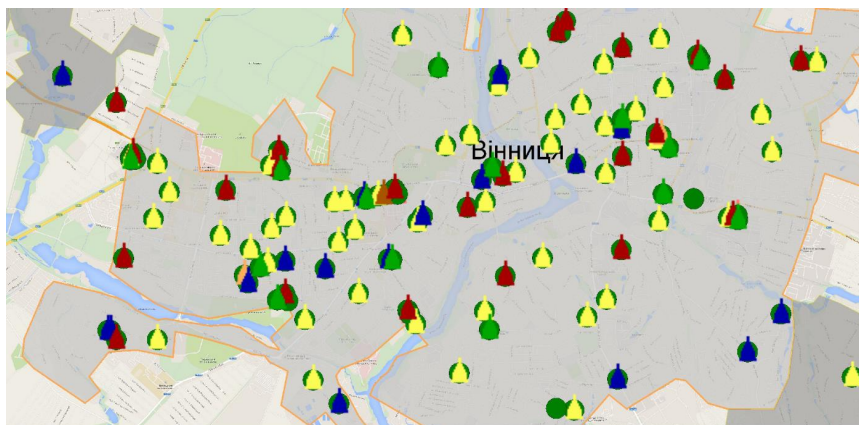


Рис. 1. Розташування базових станцій стільникового зв'язку у м. Вінниці

Вимірювання рівнів електромагнітного випромінювання проводяться не рідше ніж один раз на рік, а також при введенні в дію нових установок або при зміні їх конструкції. У кожній точці проводиться не менше трьох вимірів із занесенням у протокол найбільшого із зареєстрованих значень. В залежності від рівня складності поставленого завдання використовують такі прилади для вимірювання рівня електромагнітного поля: МТМ-01, ВЕ-МЕТР-АТ-003, ВЕ-50, ПЗ-41, АТТ-2593, Norda NBM-550, Norda SRM-3000, Norda SRM-3006. Як свідчать дані еколого-гігієнічного моніторингу місць розташування радіотехнічних об'єктів відносно житлової забудови, більше 70 % цих об'єктів розташовані в густонаселених районах або безпосередньо біля них. Рівні електромагнітних випромінювань можуть перевищувати допустиму норму у 2–20 разів, при цьому в зоні впливу одного радіотехнічного об'єкта знаходиться в середньому до 2 тис. чоловік, також під електромагнітним впливом може знаходитися навчальний, лікувальний заклад чи дитяча установа [2].

Найбільшого електромагнітного навантаження зазнають вінничани, які мешкають у центральних густонаселених районах міста (вул. Соборна, Київська, Пирогова, Келецька, Хмельницьке шосе), унаслідок підвищеної концентрації розміщення базових станцій стільникового зв'язку в центральній частині міста. Це пов'язано з тим, що основна частина населення м. Вінниці працює або проїжджає через центральну частину міста і для безперебійної роботи мобільних мереж потрібно встановлювати додаткові базові станції стільникового зв'язку [3].

Вимірювання напруженості магнітного поля і щільності електромагнітного випромінювання проводять відповідно до державних стандартів та надають рекомендації щодо зменшення негативного впливу ЕМП на організм людини.

Для складання оперативної карти електромагнітного забруднення території міста доцільно використовувати мобільну станцію радіомоніторингу і пеленгування «Аргумент» зображену на рисунку 2. На кузові станції закріплена телескопічна діелектрична поворотна щогла з вимірювальною антеною. У станції є три відсіки: кабіна водія, салон операторів із трьома робітниками місцями й установленим вимірювальним устаткуванням, технічний відсік для перевезення антен, телескопічної поворотної щогли, розміщення блоків системи електроживлення, включаючи автономну електростанцію і резервний акумулятор.

Станція здатна вирішувати наступні завдання:

- 1) вимірювати напруженість або щільність потоку потужності ЕМП у довільних смугах радіочастот від декількох кГц до декількох ГГц;

2) вимірювати інтенсивності інфразвуку, звуку й низькочастотного ультразвуку;

3) вимірювати магнітну індукцію постійних і змінних магнітних полів;

4) вимірювати напруженості поля промислової частоти;

5) зберігати результати вимірів з географічними координатами точок вимірів, передавати дані на картографічний додаток;

6) відображати на електронній карті діаграми розподілу обмірюваних величин, у тому числі діаграми напруженості поля й інтенсивності звуку;

7) порівнювати обмірювані рівні із гранично-припустимими значеннями, показувати території, де перевищені гранично припустимі значення.

8) будувати на карті комплексний розподіл показників фізичного навантаження.



Рис. 2. Зовнішній вигляд мобільної станції

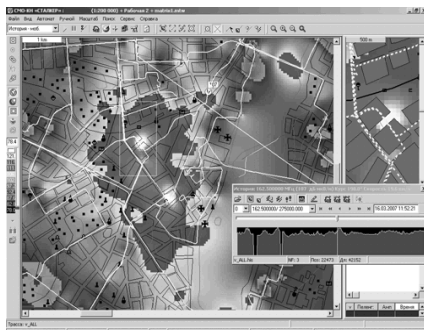


Рис. 3. Відображення результатів вимірів напруги поля на карті місцевості

Для вимірів інтенсивності ЕМП станція радіомоніторингу оснащена наступними вимірювальними приладами [2–4]:

1) панорамним вимірювальним приймачем;

2) вимірювальним панорамним конвертером;

3) набором вимірювальних антен.

Крім цифрового вимірювального радіоприймального пристрою і виносного панорамного конвертера, до складу станції входять додаткові прилади, що розширюють набір вимірюваних фізичних факторів:

1) вимірник електромагнітних випромінювань ПЗ-40;

2) вимірник напруженості поля промислової частоти ПЗ-50;

3) мілітесламір портативний універсальний ТП-2У;

- 4) пристрій знімання даних ПЗД-01;
- 5) шумометр-аналізатор спектра SVAN-945A.

Для розширення робочого діапазону частот до 18 ГГц до приймача комплексу радіоконтролю підключається панорамний конвертер.

Висновки. Вимірювання інтенсивності випромінювання базових станцій мобільного зв'язку на висоті до двох метрів над рівнем землі у місті Вінниці показали, що цей показник має значення 0,8–1,8 мкВт/см² (гранично допустимий рівень – 2,5 мкВт/см²).

Питання про рівень електромагнітного забруднення та його шкоду для здоров'я населення є актуальним. Тому мешканці забруднених територій повинні бути поінформовані про ступінь і характер джерел ЕМП випромінювання. А дані про характер і рівень ЕМП забруднення повинні бути представлені у вигляді карти забруднень. При відображенні на карті задається поріг відображуваних значень (наприклад, гранично допустимий рівень), нижче якого обмірювані значення не відображаються. Якщо засоби вимірювання будуть працювати в режимі реального часу, то це дасть змогу відслідковувати постійну добову динаміку зміни рівня електромагнітного забруднення на контрольованій території.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Антипов В.В, Давидов Б. І., Тихончук В. С. (2002). Біологічна дія, нормування та захист від електромагнітних випромінювань. М. : Вища школа. 177 с.

[2] Державні санітарні норми та правила захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання. ДСП-239-96: Наказ МОЗ від 01.08.1996 р. № 239. База даних «Законодавство України» / ВР України. Взято з <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96>

[3] Олійник Б. О., Васильківський І. В. (2019). Контроль високо-частотного електромагнітного навантаження у місті Вінниці. VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, 25–27 вересня, 2019. Вінниця : ВНТУ. С. 113.

[4] Петрук В.Г, Васильківський І. В., Килимник В. О., Кватернюк С. М. (2014). Характеристика біологічного впливу електромагнітних полів. *Наука. Молодь. Екологія* : матеріали Міжнародної НПК в рамках I Всеукраїнського молодіжного з'їзду екологів з міжнародною участю, м. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. С. 85–89.

Kondratiuk O., Sakalova H.
Electromagnetic pollution in Vinnytsia

УДК574.5:502.4

ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ ІХТІОФАУНИ ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОГО ЛИМАНУ ПІСЛЯ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

Курило О. В.

Національний природний парк «Білобережжя Святослава»

Україна, Очаків

alexbindas1996@gmail.com

ORCID: 0009-0001-6703-8711

Дніпровсько-Бузький лиман – важливий екологічний об’єкт південної України, який знаходиться на пересіченні Дніпровського, Бузького та Азово-Чорноморського екологічних коридорів, тому є зоною концентрації солонуватоводної (в тому числі реліктової, ендемічної, напіврохідної та прохідної) іхтіофауни.

Руйнування дамби Каховської ГЕС у червні 2023 року призвело до корінної зміни гідрологічного та гідрохімічного режимів пониззя Дніпра, Дніпровсько-Бузького лиману та прилеглої акваторії Чорного моря. З одного боку, через затоплення узбережних ділянок, потрапляння великої кількості різноманітних забруднюючих речовин та дію великих швидкостей течії, відбувся вкрай негативний вплив на природно-територіальні комплекси та окремі компоненти біорізноманіття. З іншого боку, відбулось розпріснення вод лиману, промив плавневих комплексів та повернення гідрологічного і гідрохімічного режимів пониззя Дніпра і лиману до більш природного стану (у порівнянні з режимами, які встановились після будівництва Каховського водосховища), що вплинуло на іхтіофауну [1; наші дані].

Тому актуальним є проведення аналізу змін в іхтіофауні акваторій Дніпровсько-Бузького лиману після руйнування Каховської ГЕС, оскільки частина лиману має заповідний статус та охороняється Чорноморським біосферним заповідником і національними природними парками «Білобережжя Святослава» та «Нижняодніпровський». Окрім того, вся акваторія Дніпровсько-Бузького лиману входить до об’єктів Смарагдової мережі Dniprovsko-Buzkyi Lyman (SiteCode: UA0000109) та Biloberezhzhia Sviatoslava National Nature Park (SiteCode: UA0000097).

Під час руйнування греблі значна частина іхтіофауни була вимита до Нижнього Дніпра та північно-західної частини Чорного моря. Особливо сильним відбувся вплив на молодь та личинки риб, змив яких у солоні

морські води призвів до їх загибелі, оскільки вони не були адаптовані до нових умов. Значна частина риби загинула у своєрідних пастках під час відступу повені із затоплених узбережних ділянок, але частина риби вижила та залишилася в акваторії лиману, що призвело до змін у складі видового різноманіття іхтіофауни, змін чисельності окремих видів.

Згідно досліджень іхтіологів [2], було встановлено переміщення у доволі великих кількостях низки видів риб, які заходили до Дніпровсько-Бузького лиману раніше рідко та поодинокі (сом звичайний *Silurus glanis* Linnaeus 1758, щука звичайна *Esox lucius* Linnaeus 1758), або постійно мешкали у невеликих кількостях (краснопірка звичайна *Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus 1758, тараня *Rutilus heckelii* Nordmann 1840, окунь звичайний *Persa fluviatilis* Linnaeus 1758). Проте з'явилися види риб, які раніше від слова взагалі були відсутніми на теренах акваторії Дніпровсько-Бузького лиману – це в'юн звичайний (*Misgurnus fossilis*, Linnaeus 1758), або не зустрічалися більше, ніж 25 років – лин (*Tinca tinca*, Linnaeus 1758). Якщо взяти до уваги маточні стада, то відповідно, щуки звичайної у такому стані не було раніше у лимані. Навіть, незважаючи на періодичні осінньо-весняні штормові прояви у Чорному морі, при потраплянні морських вод у лиман, частина прісноводних риб переміщується у пониззя Дніпра, але при відході тих же морських вод не всі прісноводні види повертаються. Це може бути пов'язано з різними факторами – гідрохімічні та гідрологічні умови, кормова база та ін. Щодо ендемічного виду (який, доречі, є червонокнижним представником іхтіофауни України) – судака морського (*Sander marinus*, Cuvier, 1828), то частина популяції, що вижила, змістилась до верхівки (північної частини) Бузького лиману (Бузька частина Дніпровсько-Бузького лиману) і фіксується у кількості до 10 особин щотижня [2].

Усього після прориву греблі та виносу дніпровської води в море вдалося зафіксувати 6 видів прісноводних риб: товстолобик *Hypophthalmichthys*, плітка (тарань) *Rutilus rutilus*, карась сріблястий *Carassius gibelio*, короп *Cyprinus carpio*, сонячний окунь *Lepomis gibbosus*, судак *Sander lucioperca*. Можна вважати, що зрештою вся прісноводна риба, що вийшла в море, загинула[3], але у самому лимані деякі представники прісноводних видів прижилися.

Деякі види риб, такі як осетрові та оселедці, повертаються до регіону після тривалої відсутності. Тим паче, що одним із найбільш показових фактів стало повернення осетра – біля острова Хортиця вперше за понад 70 років зафіксовані особини вагою понад 10 кг. Відсутність дамби відкрила шлях для міграції риби з Чорного моря на відстань понад 200 км угору по

Дніпру. Це відновлює історичні нерестовища осетрових, що є критично важливим для збереження популяції та біорізноманіття в цілому [4]. Навіть є випадки вилову даних представників іхтіофауни на місці колишнього Каховського водосховища та у гирловій області р. Інгулець (за словами місцевих рибалок-аматорів). Однак загальний стан екосистеми залишається нестабільним через забруднення важкими металами та іншими токсичними речовинами, внаслідок бойових дій.

Відновлення іхтіофауни Дніпровсько-Бузького лиману після Каховської водно-екологічної катастрофи є складним, але здійсненним завданням. Воно потребує комплексного підходу, включаючи екологічні, гідрологічні та соціально-економічні аспекти. Для ефективного відновлення іхтіофауни необхідно:

- моніторинг стану екосистеми для своєчасного виявлення проблем та коригування заходів відновлення;
- відновлення гідрологічного режиму природних нерестовищ у лимані та на Кінбурнському півострові;
- боротьба з бракон'єрством та профілактична робота з місцевими рибалками та населенням;
- зариблення місцевими видами риб;
- співпраця з науковими установами та екологічними організаціями для обміну досвідом та пошук міжнародних донорів.

Успішне відновлення іхтіофауни сприятиме відродженню біорізноманіття та сталому розвитку рибальства в регіоні.

Висновки:

1. Руйнування дамби Каховської ГЕС призвело до загибелі частини риб, що потрапила у своєрідні пастки та невідповідні умови існування.

2. Руйнування дамби призвело до появи та зростання чисельності щонайменше 5–6 видів риб, в тому числі таких, котрі були відсутні раніше у Дніпровсько-Бузькому лимані.

3. Після завершення бойових дій та повернення під контроль України Лівобережжя слід впроваджувати систему активних біотехнічних заходів, спрямованих на відновлення нерестовищ та кормових угідь (зокрема, шляхом відновлення гідрологічного режиму Бієнкових та Васиївських плавнів, що розташовані на Кінбурнському п-ові).

4. Висока природна біологічна продуктивність лиману потребує додаткової охорони шляхом включення додаткових ділянок його акваторій до ПЗФ України, зокрема через реалізацію проєкту розширення НПП «Білобережжя Святослава» (робоча назва – «Ольвійська Хора»).

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Ukrainian Nature Conservation Group. (2025). Знищення Каховського водосховища: наслідки для довкілля. Доступно за посиланням: <https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2025/02/znyshhennya-kahovskogo-vodoshovyshha-naslidky-dlya-dovkillya-2025.pdf>

[2] Ткаченко П. В., Маркауцан О. Є., Квач Ю. В. (2024). Переміщення рибного населення до лиманів та заток північно-західної частини Чорного моря внаслідок техногенних катастроф та природних процесів 2023 р. *Гідробіол. журн.*, 60 (6), 33–51.

[3] Афанасьєв, С. О. (2023). Про екологічні наслідки руйнування греблі Каховської ГЕС: Стенограма доповіді на засіданні Президії НАН України 6 вересня 2023 року. *Visnik Nacional Noi Akademii Nauk Ukrai Ni*, 11, 71–80. <https://doi.org/10.15407/visn2023.11.071>

[4] Forestbrief (09.09.2025). Відновлення після катастрофи: на дні Каховського моря оживають річки та повертається осетер. Retrieved from: <https://forestbrief.com/vidnovlennya-pislya-katastrofy-na-dni-kahovskogo-morya-ozhyvayut-richky-ta-povertayetsya-oseter/>

Kurylo O.

***Prospects for restoration of the ichthiofauna of the Dnipro-Buzky
Estimates after the destruction of the Kakhovsky Hydropower Plant***

УДК 504.064.4:614.777(477.73)

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДЛЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЦІЛЕЙ

Магась Н. І., к.т.н., доцент

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

nataly.magas@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2579-1465

Протягом усієї історії людства природні водойми посідали ключове місце у забезпеченні життєдіяльності суспільства, розвитку економіки та формуванні безпеки держав. Вони виконували не лише функцію джерела водопостачання, а й були важливими транспортними артеріями, осередками господарської діяльності та просторами рекреації.

Сучасний етап розвитку характеризується низкою викликів, зумовлених інтенсивною урбанізацією та зростанням промислового навантаження.

До основних проблем належать нераціональне використання водних ресурсів, забруднення водойм побутовими, промисловими та будівельними відходами, а також хімічними сполуками, що надходять у довкілля як унаслідок функціонування підприємств, так і в результаті воєнних дій на території України, зокрема у Миколаївській області.

Повномасштабне військове вторгнення Російської Федерації призвело не лише до руйнування інфраструктури, але й до масштабного забруднення водних об'єктів важкими металами, токсичними речовинами зі складів пального, компонентами вибухових речовин та іншими небезпечними сполуками. Це створює серйозні ризики для екологічної безпеки та здоров'я населення.

В умовах воєнного стану, соціальної нестабільності, зростання рівня стресу та погіршення якості життя особливої актуальності набуває потреба у якісному відпочинку та відновленні психоемоційного стану. Екологічно безпечний контакт із природним середовищем стає не лише засобом рекреації та оздоровлення, але й важливим чинником психологічної реабілітації та підтримання базової гігієни психіки. Таким чином, роль природних водойм у сучасних умовах виходить за межі суто ресурсної функції, набуваючи багатовимірного соціально-екологічного значення.

Унаслідок повномасштабної війни та регулярних обстрілів узбережжя Чорного моря доступ до традиційних морських рекреаційних зон став обмеженим і небезпечним. Це зумовило зростання рекреаційного навантаження на річкові водойми, які дедалі частіше виступають альтернативними місцями відпочинку населення. Водночас річкові системи є вразливими до антропогенного тиску та вже перебувають у стані значного екологічного забруднення. У цьому контексті оцінка якості поверхневих вод для рекреаційних цілей набуває особливої актуальності – як у площині охорони здоров'я, так і з огляду на забезпечення безпечного природного середовища для психологічного відновлення населення в умовах воєнного стану.

Миколаївська область має значний рекреаційний потенціал, зумовлений географічним розташуванням та гідрографічною мережею: територія регіону багата на водойми, серед яких річки Південний Буг, Інгул, Інгулець, а також численні лимани й озера. У регіоні функціонує понад 100 рекреаційних об'єктів. Проте цей потенціал не завжди використовується відповідно до принципів сталого природокористування. Надмірне антропогенне навантаження – скиди забруднюючих речовин і стічних вод, накопичення твердих побутових відходів, несанкціоноване використання узбережжя та самих водойм – створює серйозні загрози як для стану природного середовища, так і для здоров'я населення [1–4].

Метою дослідження є аналіз показників якості води у природних водоймах Миколаївської області та оцінка відповідності стану водних об'єктів у зонах відпочинку сучасним вимогам рекреаційного використання.

Дослідження якості поверхневих вод в зонах рекреації було проведено у річках Південний Буг, Інгул та Бузькому лимані. Для проведення дослідження було використано відкриті дані Центру громадського здоров'я МОЗ України за 2018–2024 рр., що містять результати аналізів хімічних і бактеріологічних показників у літній сезон [5–9]. Відбір проб проводився не рідше двох разів на місяць упродовж купального сезону. Оцінку відповідності якості води проводили шляхом порівняльного аналізу фактичних концентрацій речовин з нормативними показниками [10–12].

Оцінку ризику для здоров'я населення, пов'язаного з якістю води рекреаційних об'єктів, було виконано за трьома групами показників:

1. Органолептичні властивості води (забарвленість, запах, присмак, рН).
2. Епідеміологічна небезпека (колі-індекс, індекс ентерококів, індекс колифагів).
3. Санітарно-токсикологічні властивості (наявність токсичних та канцерогенних речовин).

Для кожної групи застосовувались математичні моделі, що дозволяють кількісно оцінити ймовірність негативного впливу [13]. Зокрема:

- ризик за органолептичними показниками визначали через співвідношення фактичних значень до нормативних;
- епідеміологічний ризик розраховували залежно від чисельності індикаторних мікроорганізмів;
- ймовірність інфікування оцінювали за дозо-ефектними залежностями;
- токсикологічний ризик визначали з урахуванням концентрації речовин, часу контакту та коефіцієнтів запасу.

Отримані значення ризику оцінювали за ранговою шкалою (табл. 1), що дозволяє класифікувати вплив від «незначного» до «дуже великого» [13].

Таблиця 1. Залежність ваги ефектів від величини ризику здоров'ю населення

Risk	Клас	Характеристика ризику
<0,1	1	Незначний вплив на здоров'я людини
0,1–0,19	2	Слабкий вплив, граничні хронічні ефекти
0,2–0,59	3	Значний вплив, важкі хронічні ефекти
0,6–0,89	3	Великий вплив, важкі гострі ефекти
0,9–1,0	4	Дуже великий вплив на здоров'я населення

За результатами аналізу даних багаторічного моніторингу якості води в зонах рекреації було встановлено, що вода р. Південний Буг в районі міського пляжу «Райдуга» у м. Первомайськ характеризується найкращими показниками якості серед усіх точок контролю. Систематичні перевищення ГДК спостерігаються за окремими показниками – зокрема, за рівнем завислих речовин, хімічного споживання кисню (ХСК) та кількістю лактозопозитивних кишкових паличок (ЛКП), що свідчить про наявність певних стабільних джерел забруднення. Підвищені показники забруднення за вмістом ЛКП, можуть свідчити про точкові органічні забруднення, ймовірно – побутового чи каналізаційного скиду.

Перевищення ГДК спостерігається у воді р. Інгул в районі міського пляжу Стрілка у м. Миколаїв за такими речовинами, як завислі речовини, ХСК, сульфати, хлориди, сухий залишок. Незначне перевищення нормативних значень спостерігається для водневого показника рН.

Найгірші показники хімічного забруднення спостерігались у воді Бузького лиману в районі пляжу Чайка. Перевищення рекомендованих норм спостерігалось за завислими речовинами, ХСК, сульфатами, хлоридами, сухому залишку. Упродовж усіх років спостереження саме ці показники є стабільно високими і мають тенденцію до поступового підвищення, що також можна пояснити внесенням солоних морських вод внаслідок згінно-нагінних явищ у лимані.

На обох досліджуваних ділянках в межах м. Миколаїв у літній період спостерігається високі показники забруднення за ЛКП.

Згідно даних моніторингу, протягом всього літнього періоду стабільно високі рівні забруднення за показниками ЛКП спостерігаються тільки в районі пляжу Чайка на Бузькому лимані у м. Миколаїв, де перевищення нормативних значень сягає 4–5 разів. Аналіз зміни температури води у ті самі періоди свідчить, що чіткої кореляції рівня забруднення з температурними показниками не спостерігається. Що свідчить про наявність інших чинників, які призводять до погіршення епідеміологічної ситуації та екологічного стану водних об'єктів. Основними причинами збільшення вмісту лактозопозитивної кишкової палички у водоймах можуть бути скиди недостатньо очищених стічних вод, поверхневий стік та збільшення рекреаційного навантаження на водні об'єкти у літній період.

Таким чином, можна стверджувати, що жоден із пляжів не є повністю безпечним з точки зору як хімічних, так і бактеріологічних показників.

За органолептичними показниками ризик для здоров'я населення, пов'язаного з якістю води рекреаційних об'єктів відповідає I класу, і характеризується як незначний вплив на здоров'я населення.

Результати оцінки ризику для здоров'я населення, пов'язаний з епідеміологічною небезпекою води свідчать про дуже високу ймовірність інфікування при випадковому потраплянні такої води до організму людини. Кількість лактозопозитивних кишкових паличок перевищує нормативні значення, встановлені для рекреаційного використання води у р. Південний Буг у 48 разів, у р. Інгул – 2–14 рази, Бузькому лимані – 4–4,8 рази.

Підвищені концентрації ХСК у воді водних об'єктів можуть викликати слабкий вплив та граничні хронічні ефекти для здоров'я населення. Високий вміст хлоридів та сухого залишку у водних об'єктів в межах м. Миколаїв, при рекреаційному використанні, значно впливає на здоров'я населення та викликає важкі хронічні ефекти.

За результатами проведеної оцінки потенційних ризиків негативного впливу якості води на здоров'я населення, можна зробити висновки – більшість пляжів регіону є непридатними для їхнього використання в рекреаційних цілях – для купання, активного спорту та рибалки. Також у цілому як якість води, так і якість територій пляжів є незадовільною і вимагає своєчасного втручання місцевої влади та інших екологічних організацій.

Систематичне перевищення ключових параметрів якості води свідчить про необхідність впровадження посилених заходів моніторингу, очищення та запобігання подальшому забрудненню водойм. Ігнорування поточних екологічних проблем може призвести до занепаду і втрати не лише якісного здійснення водоймами їхньої екосистемної ролі, а і їхньої цінності для суспільства як частини культурного, рекреаційного і туристичного простору Миколаївської області.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Хільчевський В. К., Гребінь В. В. (2022). Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води: навч. Посібник. К.: ДІА. 240 с.

[2] Водні ресурси Миколаївської області. Регіональний офіс водних ресурсів у Миколаївській області. Взято з <https://mk-vodres.davr.gov.ua/2010-10-25-12-51-17>

[3] Стратегія розвитку Миколаївської області на період до 2027 року. Миколаївська обласна рада. Взято з <https://www.mk-oblrada.gov.ua/userfiles/decreeproject/16079590335fd781f91dd87.pdf>

[4] Екологічний паспорт Миколаївської області, 2021. Взято з <https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/1631168384.pdf>

[5] Якість води у водоймах і річках у межах пляжів – моніторинг водних об'єктів рекреаційного та оздоровчого використання. Центр

громадського здоров'я МОЗ України. 2024. Взято з <https://phc.org.ua/news/yakist-vodi-u-vodoyмах-i-richkakh-u-mezhakh-plyazhiv-monitoring-vodnikh-obektiv-6>

[6] Якість води у водоймах і річках у межах пляжів – моніторинг водних об'єктів рекреаційного та оздоровчого використання. Центр громадського здоров'я МОЗ України. 2024. Взято з <https://phc.org.ua/news/yakist-vodi-u-vodoyмах-i-richkakh-u-mezhakh-plyazhiv-monitoring-vodnikh-obektiv-2>

[7] Якість води у водоймах і річках у межах пляжів – моніторинг водних об'єктів рекреаційного та оздоровчого використання. Центр громадського здоров'я МОЗ України. 2021. Взято з <https://phc.org.ua/news/informaciya-pro-yakist-vodi-v-mezhakh-plyazhiv-stanom-na-27-serpnya-2021-roku>

[8] Якість води у водоймах і річках у межах пляжів – моніторинг водних об'єктів рекреаційного та оздоровчого використання. Центр громадського здоров'я МОЗ України. 2021. Взято з <https://phc.org.ua/news/informaciya-pro-yakist-vodi-v-mezhakh-plyazhiv-stanom-na-3-veresnya-2021-roku>

[9] Якість води у водоймах і річках у межах пляжів – моніторинг водних об'єктів рекреаційного та оздоровчого використання. Центр громадського здоров'я МОЗ України. 2018. Взято з <https://phc.org.ua/news/karta-ne-rekomendovanikh-dlya-kupannya-misc-z-2-po-9-serpnya>

[10] Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів : Наказ МОЗ України від 19.06.1996 № 173: станом на 7 берез. 2019 р. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>

[11] Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення : Наказ МОЗ України від 02.05.2022 № 721 : станом на 21 січ. 2025 року. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>

[12] Хільчевський В., Забокрицька М. (2022). Особливості нормативного оцінювання якості води водних об'єктів для рекреаційних цілей в Україні. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 1, 40–53.

[13] Васенко О. Г., Рибалова О. В., Артем'єв С. Р. та ін. (2015). Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія. Харків : НУГЗУ. 419 с.

УДК 502.174.2

ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ ДЛЯ БІОРЕМЕДІАЦІЇ НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

Трохименко Г. Г., д.т.н., професор¹;Грушина О. Г., старший викладач²; Гурець Н. В., старший викладач³;Ремешевська І. В., к.т.н., доцент⁴

Кафедра екології та природоохоронних технологій,

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

¹ORCIDID0000-0002-0835-3551; ²ORCIDID 0000-0002-1209-592X; ³ORCIDID0000-0001-8859-4891; ⁴ORCIDID0000-0002-3040-3922

У зв'язку з розповсюдженням та зростанням кількості джерел потрапляння нафтопродуктів у довкілля проблема забруднення ґрунтів нафтопродуктами стає все більш актуальною. Традиційні методи очищення забруднених ґрунтів, зокрема механічні та фізико-хімічні, часто характеризуються низькою ефективністю або високою вартістю реалізації, що значно обмежує їхнє широке застосування в умовах глибокого забруднення. У зв'язку з цим актуальним напрямом сучасних екологічних досліджень є розробка біотехнологічних методів рекультиваци, заснованих на використанні мікроорганізмів-деструкторів, здатних трансформувати токсичні нафтові компоненти у менш шкідливі або екологічно нейтральні продукти метаболізму.

Одним із найбільш перспективних рішень у цьому контексті є застосування мікробіологічних препаратів [1, 2], які стимулюють активне розмноження нафтоокиснювальних бактерій у середовищах з високим вмістом вуглеводнів. Такі біопрепарати не лише сприяють природному очищенню ґрунту, але й позитивно впливають на його агрономічні властивості, знижуючи екологічні ризики та сприяючи відновленню біотичних компонентів екосистеми.

Метою дослідження є вивчення шляхів рекультиваци нафтозабруднених ґрунтів та визначення можливості відновлення нафтозабруднених ґрунтів при обробці експериментальним мікробіологічним препаратом, оцінити його ефективність та проаналізувати вплив на рослинні біотести.

Одним із ключових напрямів дослідження нафтозабруднених ґрунтів є розробка та впровадження методів оцінки рівня забруднення навколишнього середовища нафтовими компонентами. Серед таких методів найбільш

поширеним і дієвим є метод біотестування, який дозволяє визначити ступінь токсичності ґрунтового середовища шляхом аналізу біологічної реакції живих організмів на наявність поллютантів. На відміну від хімічного аналізу, біотест не фіксує точну концентрацію забруднювача, а оцінює його вплив на життєдіяльність тест-об'єктів, що забезпечує комплексне уявлення про екологічний стан ґрунту. Важливою особливістю біотестування є те, що основним критерієм оцінки забруднення виступає реакція тест-об'єктів, а не лише концентрація забруднювача. Такий підхід дозволяє комплексно оцінити біологічну активність токсичних агентів та їхній вплив на функціонування екосистем.

У процесі проведення досліджень було використано метод фітотестування – біоіндикаційний підхід, який базується на аналізі змін у розвитку рослин, вирощених у забрудненому та контрольному середовищах. Рослини, як ключові автотрофні елементи екосистем, здатні поглинати токсичні речовини з ґрунту, демонструючи чутливу реакцію на їхній вплив через зміни фізіолого-біохімічних показників. Така реакція дозволяє оцінити ступінь фітотоксичності ґрунтового середовища без необхідності прямого визначення концентрації забруднювачів. Інформативними критеріями оцінки фітотоксичності є оцінка таких параметрів, як енергія проростання насіння, динаміка розвитку кореневої системи та надземної частини, а також біомаса рослин. Для проведення експерименту було використано крес-салат (*Lepidium sativum*), який характеризується швидким проростанням та інтенсивним ростом, що дозволяє в достатньо короткі строки оцінити забрудненість ґрунту нафтопродуктами.

Методика ґрунтувалася на порівняльному аналізі проростання тестових рослин у контрольному та обробленому ґрунті за різних концентрацій внесеного біопрепарату. Різні штами нафтоокиснювальних бактерій демонструють різний ступінь активності залежно від умов середовища. Застосовано новий біологічний препарат на основі концентрату суспензій мікроорганізмів експериментального штаму 531C *Bacillus amyloliquefaciens* ssp. *plantarum*. Штам 531C володіє активною ростостимулюючою властивістю та високою резистентністю до важких металів Cd, Pb, Ni, Zn, що позитивно впливає на покращення екологічного стану ґрунту. Визначено, що основними агентами природного розкладання нафтопродуктів є ґрунтові мікроорганізми, здатні метаболізувати вуглеводні з метою отримання енергії, необхідної для підтримання життєвих процесів та формування нових мікробних популяцій. Отримані результати свідчать про перспективність використання біопрепарату для екологічної реабілітації техногенно порушених територій.

Висновки. Застосування біопрепарату, створеного на основі штаму *Bacillus amyloliquefaciens ssp. plantarum* (531C), продемонструвало високу ефективність у відновленні ґрунтової біоти та зниженні токсичності середовища, забрудненого нафтопродуктами. Експериментальні дані свідчать, що при концентрації препарату 1:25 рівень проростання рослинних тест-об'єктів становив 80 %, що суттєво перевищує аналогічний показник для концентрації 1:50 (50 %). Отримані результати підтверджують потенціал використання даного штаму як біологічного агента для екологічної ремедіації. Водночас ефективність біопрепарату значною мірою залежить від зовнішніх абіотичних чинників, зокрема вологості, температурного режиму та гранулометричного складу ґрунту. Ці параметри можуть модифікувати біологічну активність мікроорганізмів та впливати на кінцеві результати біотестування.

З огляду на зазначене, подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію умов застосування біопрепаратів, зокрема шляхом моделювання різних кліматичних сценаріїв. Це дозволить підвищити надійність і відтворюваність результатів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Трохименко Г. Г., Недорода В. М. (2023). Технологічні етапи біоремедіації забруднених нафтопродуктами ґрунтів на основі мікроорганізмів роду *Bacillus*. *Збірник наукових праць НУК*. № 2–3. С. 167–177. DOI [https://doi.org/10.15589/znp2023.2-3\(491-492\).20](https://doi.org/10.15589/znp2023.2-3(491-492).20)

[2] Трохименко Г. Г., Недорода В. М. (2023). Аналіз деструктивного потенціалу мікроорганізмів роду *Bacillus* у комбінації з фульвокислотами для ризодеградації нафтових вуглеводнів. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. № 1 (46). С. 85–91. DOI <https://doi.org/10.32846/23069716/2023.eco.1-46.15>

Trokhymenko G., Grushyna O., Gurets N., Remeshevskaya I.
***Research on the Effectiveness of the Use of an Experimental
Bioremediant for the Restoration of Oil-Polluted Soils***

УДК 502.175:581.52(477.53-751.4)

ФЛОРОСОЗОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «БАЛКА ШИРОКА» (ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ) ТА ПРИЛЕГЛИХ ДО НЬОГО ТЕРИТОРІЙ ЗА ДАНИМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Левицька А. С., здобувач вищої освіти¹, Смоляр Н. О., к.б.н., доцент²

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Україна, Полтава

¹annalevicka713@gmail.com

²smolarnat@ukr.net

Екологічний моніторинг є одним із найважливіших методів збору інформації про стан навколишнього середовища, зокрема й біорізноманіття. За допомогою моніторингу вдається відстежувати його зміни, тенденції розвитку й розробляти програми та менеджмент-плани збереження, відновлення, охорони та раціонального використання.

У період із 2024 по 2025 рік нами започаткований моніторинг фіто-різноманіття ландшафтного заказника місцевого значення «Балка Широка» та прилеглих з ним територій.

Ландшафтний заказник місцевого значення «Балка Широка» є складовою частиною природно-заповідної мережі Кам'янопотоківської сільської громади, що розташована у Кременчуцькому районі Полтавської області. На сьогодні площа заказника становить 383,0 га. Територія знаходиться між двома містами – Кременчук та Світловодськ.

У картці первинного обліку (ІДК ПЗФ) на цей об'єкт природно-заповідного фонду України для цієї території вказуються й рідкісні види рослин, зокрема, *Tulipa quercetorum* Klok. et Zoz, що включений до Червоної книги України, а також *Amygdalus nana* L., *Scilla bifolia* L., *S. siberica* Haw. – включені до регіонального созологічного списку Полтавщини [1]. В процесі моніторингових досліджень фіторізноманіття, саме на території заказника, нам вдалося підтвердити місцезнаходження лише двох із них (*Scilla bifolia* L., *S. siberica* Haw.).

Упродовж двох років моніторингові дослідження проводились не лише на території ландшафтного заказника, а й на суміжних із ним ділянках. Їх результатом стало виявлення ще кількох созофітів. Упершеними зазначено у публікаціях [2], про *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill., *Muscari neglectum* Mill., *Iris pumila* L. У ході подальшого моніторингу виявлено ще кілька рідкісних

видів рослин, зокрема, *Crocus reticulatus* Steven ex Adams [3], *Scilla bifolia* L., *S. siberica* Haw., *Stipa pulcherrima* K.Koch, *Astragalus A. dasyanthus* Pall. Таким чином, за результатами дворічного моніторингу на території заказника та прилеглих до нього місцевостях виявлено місцезнаходження дев'яти рідкісних видів рослин.

Оскільки, ці ділянки (луки, степові схили та яри) є місцезнаходженнями ряду рідкісних видів рослин, нами обґрунтовується доцільність їх заповідання і приєднання до існуючого заказника місцевого значення «Балка Широка», збільшивши площу останнього до 500 га.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Байрак, О. М., Стецюк, Н. О. (2005). *Атлас рідкісних і зникаючих рослин Полтавщини*. Полтава: Верстка.

[2] Смоляр, Н. О., Левицька, А. С. (2024). Концепція розвитку ландшафтного заказника місцевого значення «Балка Широка» (Кременчуцький район, Полтавська область, Україна). *Відновлення екосистем, які постраждали внаслідок воєнних дій: українські та європейські виклики: Тези доповідей міжнарод. наук.-теор. та прикл. конф.* (с. 97). Київ : НАУ.

[3] Смоляр, Н. О., Левицька, А. С. (2025). Нові місцезнаходження *Crocus reticulatus* на Полтавщині (Україна). *Екологічна безпека держави: Тези доповідей XIX Всеукр. наук.-пр. конф. молодих учених та студентів* (с. 65). Київ : НАУ.

Levytska A., Smoliar N.
***Florosozological Characteristics of the Landscape Reserve “BalkaShyroka”
(Poltava Region) and the Adjacent Territories
Based on Environmental Monitoring Data***

УДК 551.504

АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОЇ ХМАРНOSTІ НЕБА НАД ВОЛИНСЬКОЮ ВИСОЧИНОЮ В КОНТЕКСТІ ПРОЯВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Федонюк В. В., к. геогр. н., доцент, Гусар О. Н., здобувачка

Луцький національний технічний університет

Україна, Луцьк

ecolutsk@gmail.com; ORCID ID 0000-0002-1880-6710

1212olexandra@gmail.com; ORCID ID 0009-0000-6836-3930

Під впливом процесів кліматичних змін змінюється динаміка окремих метеорологічних явищ в межах України в цілому та Волині, зокрема. Хмарність неба – одне з таких явищ, зміни в динаміці хмарності протягом останніх десятиліть в Україні вивчені поки що недостатньо. Це визначило актуальність даного дослідження, присвяченого аналізу показників хмарності неба в межах Волинської височини протягом минулого десятиріччя 2010–2020 рр. за даними трьох метеорологічних станцій, розміщених на даній височині, а саме – станцій Луцьк, Володимир та Рівне.

Мета роботи: дослідження змін в динаміці показників хмарності в межах Волинської височини. Завдання роботи: 1) проаналізувати сучасні погляди на утворення та динаміку хмар; 2) дослідити зміни в динаміці хмарності в межах Волинської височини на основі аналізу архівних матеріалів трьох метеорологічних станцій: Луцьк, Рівне, Володимир-Волинський за період 2010–2020 рр.; 3) оцінити зміни у висоті нижньої основи хмар за вказаний період; 4) продовжити власні візуальні та інструментальні спостереження за хмарністю, фотографування родів і видів хмар та складання Атласу хмар.

Дослідження динаміки хмарності неба у Волинському регіоні було розпочато у роботах Федонюк В. В., Гусар О. Н., Федонюка М. А. [1, 4]. Як важливий елемент формування атмосферних опадів та грозової активності, динаміка хмарності в регіоні розглядалася у працях Федонюк В. В., Павлусь А. М., Федонюка М. А. [2], Fedoniuk M. A., Fedoniuk V. V., Ivantsiv V. V. [3], Fedoniuk V., Fesyuk V., Fedoniuk M. [5]. Праці Федонюк В. В., Гусар О. Н., Федонюка М. А. [6, 7] були присвячені вивченню хмарності у м. Луцьку. Дані дослідження виступили теоретичною базою для нашої роботи.

Аналіз розрахованих показників засвідчує, що середня річна хмарність неба зменшилася в порівнянні з кліматичною нормою на всіх трьох метеостанціях. Проте це зменшення не є однаковим. Найбільше відхилення

від кліматичної норми показала ст. Луцьк (зменшення хмарності на 1 бал), на ст. Володимир та Рівне зменшення склало менше значення – близько 0,5 бали. При порівнянні трьох станцій між собою було виявлено, що в переважній більшості років найменш хмарним небо є у Луцьку, а найбільш хмарним – у Володимирі. Ст. Рівне має проміжні показники. Винятком були 2018–2019 рр., коли показники усіх трьох станцій мало відрізнялися між собою, та 2017 р., який був суттєво більш хмарним для Луцька.

За показником висоти нижньої основи хмарності три станції демонструють тенденцію до зростання цієї висоти в порівнянні з кліматичною нормою. Проте це зростання також не є рівномірним. Найбільше зростання (від 1200 м у XX ст. до 1300 м у XXI ст.) відмічено для ст. Луцьк, а найменше зростання спостерігається для Володимира (від 1200 м до 1210 м у середньому, хоча в окремі роки відхилення було більшим). Для ст. Рівне висота нижньої основи хмар суттєво коливається з року в рік і може мати як додатне, так і від'ємне відхилення від кліматичної норми.

Основні висновки. Було встановлено, що протягом 2010–2020 рр. середня річна та місячна хмарність неба на досліджуваній території зменшилася у порівнянні з кліматичною нормою. Зменшення становить 0,5–1 бали. Висота основи хмар виросла з 1200 м до 1250–1300 м. Для трьох метеостанцій, що аналізувалися, ці зміни не є однаковими. Найбільше зменшення річної хмарності спостерігається у м. Луцьку, найменше – у м. Володимирі. Це пов'язано з географічним розташуванням метеостанцій, показники яких досліджувалися.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Федонюк В. В., Гусар О. Н., Федонюк М. А. Динаміка хмарності в межах Волинської області в період 2010–2021 рр. *Український журнал природничих наук*. Житомир, 2023. № 4, С. 86–95. Взято з <https://journals.univ.zhitomir.ua/index.php/ujns/article/view/40>

[2] Федонюк В. В., Павлусь А. М., Федонюк М. А. Дослідження грозової діяльності на Волині та в Україні за даними онлайн-ресурсу Blitzortung. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2021. № 28. С. 16–28. Взято з <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.02>

[3] Fedoniuk M. A., Fedoniuk V. V., Ivantsiv V. V. Possibilities for improvement of environmental monitoring of precipitation in the city (a case of Lutsk). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. Харків, 2019. Вип. 50. С. 210–219. [Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series “Geology.

Geography. Ecology”]. Взято з <http://journals.urau.ua/geoeco/article/view/204884> DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-16>

[4] Fedoniuk V. V., Husar O. N., Fedoniuk M. A. Study of the cloudiness dynamics in Lutsk in the context of climate change. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. Source: Conference Proceedings, 16th International Scientific Conference, 15–18 Nov 2022, Vol. 2022. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580125>

[5] Fedoniuk V., Fesyuk V., Fedoniuk M. Analysis of the dynamics and precipitation regime in the cross-border region Poland-Belarus-Ukraine (2010–2018). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. Dnipro, 2023. 32 (2). P. 241–253. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112323>

[6] Федонюк В. В., Гусар О. Н., Федонюк М. А. Дослідження динаміки хмарності у Луцьку в контексті глобальних змін клімату. *Географічна освіта і наука: виклики і поступ*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 140-річчю географії у Львівському університеті (м. Львів, 18–20 травня 2023 р.) / відповід. редактори: В. Біланюк, Є. Іванов. У 3-ох томах. Львів: Простір-М, 2023. Том 2. С. 67–71. Взято з <https://s.lu/nnnjsb>

[7] Гусар О. Н., Федонюк В. В. Динаміка хмарності в Луцьку у XXI ст. та її вплив на геліоенергетичний потенціал. *Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI ст.* : матеріали XXIII-ої міжнародної науково-практичної конференції. Київ : КІП ім. І. Сікорського, Інтерсервіс, 2022. С. 305–307.

Fedoniuk V., Gusar O.
Analysis of the general cloudiness of the sky over the Volyn Upland in the context of the manifestation of climate change

УДК 598.2.477.73

СПРИЯННЯ ОХОРОНИ ПТАХІВ У ПОКРОВСЬКО-ХУТОРСЬКОМУ ВІДДІЛЕННІ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «БІЛОБЕРЕЖЖЯ СВЯТОСЛАВА»: ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Редінов К. О.¹, Шалаєвський В. В.²

Національний природний парк «Білобережжя Святослава»

Україна, Очаків

¹ ORCID: 0000-0003-4903-3586; brufinus@gmail.com² shalaevskijj@gmail.com

В заповідних об'єктах охорона рідкісних та охороняємих видів птахів має зазвичай пасивний характер, оскільки зберігаються лише їх оселища. Але людина настільки втрутилась в функціонування екосистем, що зараз навіть в заповідних об'єктах є необхідність інколи втручатись в «хід подій» та впроваджувати заходи направлені на збереження оселищ, покращення їх стану та навіть створення нових оселищ [1–4].

Одним зі шляхів збереження рідкісних видів птахів залишається впровадження біотехнічних заходів. Практика подібної роботи має багато позитивних прикладів за кордоном. В Україні теж накопичено досвід подібної роботи, але широкого вжитку вона не набула [1]. На Кінбурнському півострові така робота проводилась регіональним ландшафтним парком «Кінбурнська коса» та національним природним парком (НПП) «Білобережжя Святослава» понад двадцять років, накопичено позитивний та негативний досвід [1–4]. У зв'язку з тимчасовою окупацією півострова [4], перспективною та єдиною територією НПП «Білобережжя Святослава» для впровадження біотехнічних заходів залишається Покровсько-Хуторське природоохоронне науково-дослідне відділення (ПНДВ) в межах Коблівської сільської територіальної громади, що включає озеро Солонець-Тузли разом з прилеглою водоохоронною зоною.

Необхідність впровадження біотехнічних заходів в межах Покровсько-Хуторського ПНДВ НПП викликана наступними причинами, на оз. Солонець-Тузли, в місцях, де потенційно сприятливі умови для гніздування птахів водно-болотного комплексу, спостерігається дефіцит місць для гніздування та низька його успішність. Наповненість озера залежить від опадів, а рівень води швидко знижується протягом літнього періоду, інколи майже до нуля, що не сприяє успішному гніздуванню водно-болотних птахів. Про цінність озера для гніздування рідкісних сивкоподібних свідчать, наприклад, дані обліку проведеного 2.05.2024 р. (табл. 1).

Таблиця 1. Результати обліків гніздуючих сивкоподібних
на оз. Солонець-Тузли

Вид	К-сть, пар	Охоронні переліки
<i>Himantopus himantopus</i>	30	ЧКУ, БК, БонК, АЕВА
<i>Recurvirostra avosetta</i>	15	ЧКУ, БК, БонК, АЕВА
<i>Vanellus vanellus</i>	1	РЧС, БК, БонК, ETS – VU, IUCN – NT, АЕВА
<i>Tringa totanus</i>	1	РЧС, БК, БонК, ETS – VU, АЕВА
<i>Charadrius alexandrinus</i>	3	ЧКУ, БК, БонК, АЕВА
Разом:	50	

Примітки: ЧКУ – Червона книга України; РЧС – Регіональний Червоний список; БК – Бернська конвенція; БонК – Боннська конвенція; ETS – Європейський перелік видів, що знаходяться під загрозою; IUCN – Всесвітнє товариство з охорони природи. Категорії: VU – Vulnerable (вразливий); NT – Near Threatened (близький до загрозливого); АЕВА – Афро-Євразійська Угода про охорону мігруючих видів птахів.

Наші дослідження в останні роки показують, що довгоніг (*Himantopus himantopus*), чоботар (*Recurvirostra avosetta*), морський пісочник (*Charadrius alexandrinus*), занесені до Червоної книги України, гніздяться на узбережжі озера та прилеглих мілинах включно з затоками. Зазвичай, під час насиджування кладок (пік у травні-червні) рівень води починає знижуватись і всі гнізда опиняються на березі. Відповідно, зростають шанси кладок або пташенят бути знищеними хижими ссавцями: лис рудий (*Vulpes vulpes*), шакал звичайний (*Canis aureus*), єнот уссурійський (*Nyctereutes procyonoides*), пес свійський (*Canis familiaris*) та навіть дикий кабаном (*Sus scrofa*).

З метою підвищення успішності гніздування та місткості гніздових оселищ на оз. Солонець-Тузли восени 2025 р. побудовано 5 штучних острівців-платформ з підручних матеріалів розміром 1,2 x 1,8 м (рис. 1).



Рис. 1. Спорудження штучного
острівця-платформи
на оз. Солонець-Тузли
працівниками
Покровсько-Хуторського
ПНДВ НПП «Білобережжя
Святослава», вересень 2025 р.

На дерев'яну сітчасту основу покладено шар очерету та купини, навесні буде додано гніздовий субстрат – сіно. Висота острівців над дном озера близько метра. Острівці побудовано на відстані десятків метрів від берега озера, оскільки споруджувати їх в центрі, через багноку та сіль технологічно складно. Навесні острівці з великою ймовірністю будуть знаходитися серед води та приваблювати птахів.

Штучні острівці-платформи розраховані на гніздування рідкісних видів – довгоніг, чоботар, а також річкового крячка (*Sterna hirundo*), крижня (*Anas platyrhynchos*). Можливе тут гніздування й інших видів.

Найближчим часом НПП планує провести біотехнічні заходи, орієнтовані на інші види охороняємих птахів:

- виготовлення штучних гніздівель – нір для галагаза (*Tadorna tadorna*). Ця качка гніздиться в норах поблизу оз. Солонець-Тузли та приводить пташенят на озеро. Поряд з гніздуючими парами, на озері тримається велика кількість літучих особин, котрі не беруть участі в розмноженні. Виготовлення штучних нір для регіонально рідкісного галагаза сприятиме зростанню кількості пар, які беруть участь у розмноженні;

- виготовлення штучних гнізд-дуплянок (шпаківень) для занесеної до Червоної книги України совки (*Otus scops*). Необхідність спорудження гнізд для цієї сови – дуплогніздника пов'язана з дефіцитом природних дупел у лісонасадженнях прилеглих до озера.

- виготовлення штучних гнізд для звичайного боривітра (*Falco tinnunculus*) та вухатої сови (*Asio otus*). Необхідність спорудження гнізд для цих, регіонально рідкісних хижих птахів, викликана дефіцитом гнізд воронових птахів, які вони використовують для гніздування.

Гнізда для совки, вухатої сови та звичайного боривітра буде розвішано на деревах. Для звичайного боривітра також можна робити ніші в урвистих глиняних берегах озера.

Успішному гніздуванню зазначених видів, на нашу думку, сприятиме гарна харчова база, а для сов та звичайного боривітра також відсутність на гніздуванні великого яструба (*Accipiter gentilis*). Останній успішно здобуває цих птахів [4].

Окремим напрямом біотехнічних заходів є організація підгодовлі звичайного фазана (*Phasianus colchicus*) та інших тварин зерновою сумішшю в спеціально облаштованих годівницях. Цей захід вже впроваджується на Покровсько-Хуторському ПНДВ НПП не один рік.

У лісонасадженнях прилеглих до озера можна розвішувати синичники та шпаківні, що сприятиме зростанню щільності гніздування звичайних видів птахів – звичайний шпак (*Sturnus vulgaris*), велика синиця (*Parus*

major), польовий горобець (*Passer montanus*). До виготовлення цих гніздівель можна залучати школярів з батьками з місцевої громади. Останнє матиме і неабияке еколого-освітнє значення.

При впровадженні біотехнічних заходів на території Покровсько-Хуторського ПНДВ ННП використовуються «Методичні рекомендації...» та інші джерела [1, 5], досвід роботи на Кінбурнському півострові [2–4] та експериментування.

Слід додати, що впровадження більшості біотехнічних заходів не потребує значних фінансових втрат, оскільки значною мірою орієнтоване на використання підручних матеріалів. Так, з метою підвищення успішності гніздування та місткості гніздових оселищ на оз. Солонець-Тузли восени 2025 р. побудовано 5 штучних острівців-платформ з підручних матеріалів загальною площею 10,8 м² за якими ведуться постійні моніторингові спостереження. В травні 2025 року виготовлено штучні гніздівлі, за якими ведуться спостереження – 5 нір для галагаза; 8 штучних гніздівель для совки, вухатої сови та звичайного боривітра.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Grishchenko, V. N. (1997). *Biotehnicheskiye meropriyatiya po okhrane redkikh vidov ptits*. Chernovtsy: Bercut, 143 с.

[2] Редінов, К. О. (2014). Сприяння гніздуванню птахів на Кінбурнському півострові: досвід, проблеми та перспективні напрямки. Активне збереження окремих видів флори і фауни, природних середовищ: матеріали науково-практичного семінару працівників установ природно-заповідного фонду. Суми: Університетська книга, 173–177 с.

[3] Редінов, К. О. (2020). Сприяння гніздуванню птахів на територіях заповідних парків Кінбурнського півострова. Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні: Тваринний світ. Серія “Conservation Biology in Ukraine”. Вип. 16. т. 2. Київ; Чернівці: Друк Арт, 170–171.

[4] Редінов, К. О., Петрович, З. О. (2023). Птахи Кінбурнської коси. Еколого-фауністичний довідник. Миколаїв: Вид-во Швец В. М., 67 с.

[5] Методичні рекомендації по проведенню біотехнічних заходів в межах НПП «Білобережжя Святослава». 2022. Рукопис. Очаків, 45 с.

Redinov K., Shalaievskiy V.

Promoting bird conservation in the Rybakiv branch of the Biloberezhya Sviatoslav National Nature Park

УДК628.41:502

СТАН І ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ У ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Таврель М. І.

ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Україна, Запоріжжя

maryna.tavrel@mipolytech.education

Дніпропетровська область потерпає від значного техногенного навантаження. Академія наук України відносить Дніпропетровську область до найбільш забруднених територій України. Великою проблемою залишається забруднення водойм. 60 % забруднюючих речовин, що надходять у річку Дніпро, скидають промислові підприємства, 40 % це підприємства житлово-комунального господарства. Річки Інгулець та Самара забруднюються високомінералізованими шахтними водами. Однак результати аналізу проб свідчать, що якість питної води в Дніпропетровській області відносно висока. Водопостачальні підприємства області регулярно проводять лабораторний контроль якості води. Крім того, контрольні дослідження здійснюють акредитовані лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів (Держпродспоживслужби) спільно з Центрами контролю та профілактики хвороб МОЗ України. Бактеріальне забруднення сягає 1,3 % проб, тоді як середній показник по Україні становить 3,25 %.

Існують різноманітні способи очищення води до якості питної. Очисні фільтри відрізняються за конструкцією, пропускнуою здатністю, споживанням електроенергії та вартістю. Щоб визначити, який фільтр необхідно застосувати, слід знати, від яких саме забруднювачів і яким способом потрібно очистити воду. Вода забруднена такими шкідливими речовинами, як мінералізовані скиди з шахт та різноманітних підприємств області, а також зваженими речовинами та іншими домішками [1].

Також проблемою сьогодення є надмірне зростання кількості біогенних речовин та розкладання рослин і тварин у водоймах, низька турбулентність, підвищення температури, а отже зменшення вмісту розчиненого кисню у воді. Зменшення її прозорості призводить до такого явища, як евтрофікація. У свою чергу, наслідком евтрофікації є так зване «цвітіння» води – біологічний сигнал неблагополуччя в гідросфері, що потребує негайного вирішення.

Особливо тривожним аспектом шкідливого цвітіння водойм є поширення цвітіння у водах, що раніше не зацвітали, які зазнають

антропогенного збагачення поживними речовинами (особливо азотом та фосфором). Історично найбільш відомими та небезпечними через токсини, що вони виробляють, водоростями у прісних водах є ціанобактерії. Найбільш помітним і тривожним аспектом ціанобактерій є розвиток та розповсюдження їхнього розквіту у поверхневих та глибоких шарах води збагачених поживними речовинами прісноводних та солонуватих екосистемах. Оскільки вони можуть бути токсичними, цвітіння може спричинити серйозні наслідки для води, рибних ресурсів, аквакультури та призвести до проблем зі здоров'ям тварин і людей.

Основними факторами навколишнього середовища, які опосередковують розширення ціанобактеріального цвітіння та пов'язані з людською діяльністю, є азот і фосфор, органічні речовини, слабка турбулентність, зміна клімату, температура [2].

Для боротьби з цвітінням водойм найпоширенішими є такі методи: продування водної товщі киснем, розведення рослиноїдної риби, вирощування очерету на мілководдях, застосування хімічних засобів, обмеження надходження біогенних елементів у водосховища, очищення дна від омертвілих водоростей тощо. Проте ефективність цих заходів, за винятком окремих випадків, недостатньо висока.

Способи та засоби боротьби з евтрофікацією водойм і викликаним нею «цвітінням» води можна умовно розділити на дві групи: перша – профілактичні заходи; друга – регулюючі заходи.

Профілактичні заходи передбачають повне припинення скидання у водойми неочищених або частково очищених стічних вод промислових підприємств і побутових стоків. Практична реалізація профілактичних заходів – процес складний, тривалий, капіталомісткий і пов'язаний з виникненням нових технічних і біологічних проблем.

Регулюючі заходи включають фізичні методи, зокрема штучну аерацію, яка підвищує ступінь кисневого насичення води й прискорює деструкцію органічних речовин. Аерація водойми – це необхідність, особливо для штучних ставків на приватних ділянках або у водосховищах. Аерація необхідна для того, щоб забезпечити життєдіяльність гідрофауни водойми, очистити її від різних забруднень та забезпечити киснем.

Розчинений кисень є важливим елементом взаємодії мінеральних і органічних компонентів озерного середовища. Він бере участь у процесах окислення водних організмів для дихання. Вміст розчиненого кисню у середовищі залежить від температури та атмосферного тиску [3].

У поверхневих водах вміст кисню нижчий за теоретично можливий через процеси, що зменшують його концентрацію, а саме: споживання

кисню різними організмами, бродіння, гниття органічних залишків, реакції окислення тощо.

Вміст кисню в поверхневих водах є непрямою характеристикою якості поверхневих вод. Для них нормальною вважається ступінь насичення не менше 75 %.

Існують різні способи аерації водойм. Нині найпопулярнішими є фонтанні, плаваючі й заглибні методи. Для організації фонтанної аерації застосовується pompa або насос, здатний відкачувати повітря, розпилювач і система шлангів. За допомогою конструкції з водойми забирається вода й розпорошується на поверхні водойми. Під час польоту вода змішується з повітрям та, повертаючись назад у водойму, збагачує її киснем.

Аерація ставка взимку ще більш важлива, ніж влітку. Це, насамперед, пов'язано з тим, що невеликі водойми швидко вкриваються кригою. Щоб запобігти цьому процесу, використовують заглибні аераційні системи. Повітря пробивається крізь товщу води й, завдяки постійному утворенню бульбашок, не дає утворюватися шару льоду. Забезпечити повний захист від утворення кірки льоду практично неможливо, особливо коли водойма має великі розміри. Тому збагачення киснем просто необхідне рибному господарству [4].

Схема очищення води включає такі етапи. Спочатку рекомендується безпосередньо у водотоках влаштовувати аератори, які забезпечать попереднє насичення водойми киснем та перемішування водних мас, охолоджуючи її й таким чином знижуючи евтрофікаційні процеси. Далі вода проходить через решітки, призначені для затримання великих предметів, що надходять на споруду з потоком рідини. Потім стоки потрапляють у піскоуловлювачі, де відбувається видалення піску та інших важких мінеральних домішок. Під час проходження стоків через піскоуловлювачі якість води дещо покращується, оскільки разом із частинками піску та інших зважених речовин видаляється до 20 % яєць гельмінтів. Стічні води після піскоуловлювачів надходять до розподільчої камери, з якої вони спрямовуються на відповідну технологічну лінію очищення.

З розподільчої камери стоки надходять у первинні відстійники, де видаляються найбільш важкі й великі частинки зважених речовин. Плаваючі речовини з поверхні відстійника збираються жирозбірниками за допомогою ерліфтів і видаляються у мулоперегнивач. У процесі відстоювання стічної води досягається освітлення за зваженими речовинами не менш як на 50 %, зниження БСК та ХСК приблизно на 20 %, зменшення вмісту загального азоту й фосфатів на 25 %, а також зниження біологічного забруднення до 50 %.

З первинних відстійників освітлена вода по периферійному лотку відводиться в розподільний лоток аеротенків. Аеротенки представляють собою двокоридорні резервуари з розосередженим впуском стічних вод. У них відбувається біологічне очищення стічних вод, що імітує процеси самоочищення у водоймах, але проходить інтенсивніше завдяки насиченню стічних вод киснем та наявності активного мулу. Після аеротенків стоки надходять у вторинні відстійники, призначені для відділення мулу від води. На цьому етапі завершується процес біологічного очищення стічних вод. Освітлені, очищені води по лотках надходять у контактний резервуар, призначений для знезараження. Знезараження стічних вод на цих очисних спорудах здійснюється хлорною водою, що готується у хлораторній, яка працює на рідкому хлорі.

Для підвищення якості води доцільно додати на кінцевій стадії, перед подачею води споживачеві, сорбційні фільтри. Це найпоширеніші й економічні фільтри, які використовуються як окремо, так і у складі багаторівневих систем очищення. Фільтрувальним середовищем слугує активоване вугілля з кокосової шкаралупи, адсорбційні властивості якого у чотири рази вищі, ніж у деревного вугілля. Вугільні фільтри здатні поліпшити смак, колір та запах води, видалити залишковий хлор, розчинені гази й органічні сполуки. При додаванні до вугілля іонообмінних речовин можлива очистка води від важких металів, бактерій, пестицидів, гербіцидів, азбесту та нафтопродуктів. Однак вугільні фільтри, адсорбуючи органічні сполуки, створюють сприятливе середовище для розмноження мікроорганізмів і бактерій, тому їх слід використовувати лише разом із системами знезараження води.

Попри цей недолік, переваг такого методу очистки значно більше, ніж недоліків. Використання вугільних фільтрів істотно поліпшить якість питної води в області, де методи очищення та знезараження води значною мірою застаріли, а питна вода не завжди відповідає належним вимогам.

Отже, евтрофікація є переважно наслідком діяльності людини та потребує комплексного вирішення. Вона включає як профілактичні, так і регулюючі заходи. Перспективним є застосування аерації, що дозволяє ефективно боротися з «цвітінням» синьо-зелених водоростей, у тому числі токсичних, як у теплий, так і в холодний період року, запобігаючи утворенню кірки льоду. Додатково доцільним є використання сорбційних фільтрів для підвищення якості води. Досягнення позитивних результатів можливе лише за умови співпраці органів влади, громадських організацій та наукових установ.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Yuntunen, H. M., & Onul, N. M. (2024). Microelement composition of drinking water in centralized water supply of industrial cities of Dnipropetrovsk region. *Hygiene of Populated Places*, 2024 (74), 10–17. <https://doi.org/10.32402/hygiene2024.74.010>
- [2] Ruiz-Verdú, A., Simis, S. G. H., deHoyos, C., Gons, H. J., & Peña-Martínez, R. (2008). An evaluation of algorithms for the remote sensing of cyanobacterial biomass. *Remote Sensing of Environment*, 112 (11), 3996–4008. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.11.019>
- [3] Matthews, M., & Bernard, S. (2013). Characterizing the Absorption Properties for Remote Sensing of Three Small Optically-Diverse South African Reservoirs. *Remote Sensing*, 5 (9), 4370–4404. <https://doi.org/10.3390/rs5094370>
- [4] Román, J. R., Roncero-Ramos, B., Rodríguez-Caballero, E., Chamizo, S., & Cantón, Y. (2021). Effect of water availability on induced cyanobacterial bio crust development. *CATENA*, 197, 104988. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104988>

Tavrel M.

State and problems of drinking water quality in Dnipropetrovsk region

УДК 502/504:628.4

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВІДХОДІВ, УТВОРЕНИХ УНАСЛІДОК КАТАСТРОФИ НА КАХОВСЬКІЙ ГЕС

Магась Н. І.¹, к.т.н., доцент,

Свинарчук К. О.², магістрант

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова^{1,2}

Україна, Миколаїв

ORCID: 0000-0002-2579-1465¹

nataly.magas@gmail.com¹

Збройні конфлікти та військові дії завжди мають масштабний вплив на довкілля, інфраструктуру та життєдіяльність населення. Особливо небезпечними є руйнування об'єктів водної інфраструктури, які забезпечують водопостачання, енергетику, зрошення та рекреацію. Яскравим прикладом є катастрофа, спричинена руйнуванням греблі Каховської ГЕС у червні

2023 року. Внаслідок вибуху та прориву дамби відбулося масштабне затоплення територій нижнього Дніпра, що призвело до руйнування населених пунктів, інфраструктури, знищення природних оселищ та утворення значних обсягів відходів різних категорій [1]. Повінь супроводжувалася винесенням у довкілля великої кількості сміття, уламків будівельних матеріалів, відходів побутового та промислового походження, а також викидом небезпечних хімічних речовин, включаючи нафтопродукти, добрива та токсичні сполуки з підтоплених складів. Це створило серйозні ризики для екологічної безпеки, здоров'я населення та відновлення господарської діяльності у регіоні.

Катастрофа на Каховській ГЕС стала однією з найбільших техногенно-екологічних подій в історії України. Її наслідки виходять далеко за межі локальної екосистеми, впливаючи на басейн нижнього Дніпра, Чорне море та міжнародні екологічні процеси. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю оцінки масштабів утворення відходів після затоплення; визначення категорій небезпечних речовин, що потрапили у довкілля; розробки рекомендацій щодо управління відходами та мінімізації ризиків для здоров'я населення; формування науково обґрунтованих підходів до відновлення екосистем у поствоєнний період.

Метою роботи є аналіз та оцінка обсягів і категорій відходів, що утворилися внаслідок затоплення територій після руйнування греблі Каховської ГЕС, а також розробка рекомендацій щодо їхнього управління та утилізації.

У дослідженні використано:

- збір та систематизацію даних з відкритих джерел (державні звіти, публікації міжнародних організацій, супутникові знімки);
- дистанційні методи зондування Землі (ДЗЗ) для визначення площ затоплених територій;
- геоінформаційні та картографічні методи для просторового аналізу;
- математичний аналіз для оцінки обсягів відходів;
- екологічну класифікацію відходів відповідно до чинного законодавства України.

Руйнування греблі Каховської ГЕС у червні 2023 року спричинило масштабну екологічну катастрофу, яка проявилася у комплексі взаємопов'язаних наслідків: від гідрологічних змін у басейні нижнього Дніпра до утворення значних обсягів відходів різного походження. Проведений аналіз дозволив виявити як просторові масштаби затоплення, так і характерні

категорії відходів, що утворилися внаслідок повені, а також оцінити потенційні ризики для довкілля та здоров'я населення.

За результатами дистанційного зондування Землі та картографічного аналізу встановлено, що хвиля прориву охопила сотні квадратних кілометрів територій у Херсонській та частково Миколаївській областях [2]. Найбільшого впливу зазнали прибережні населені пункти, сільськогосподарські угіддя, промислові об'єкти та транспортна інфраструктура. Затоплення мало неоднорідний характер: у пригирловій частині Дніпра спостерігалось швидке підняття рівня води з подальшим утворенням застійних зон, тоді як у дельтовій області відбулося формування нових тимчасових водойм та заболочених ділянок [1, 2]. Це призвело до значних змін у структурі ландшафтів та гідрологічному режимі.

Унаслідок затоплення на території населених пунктів та прилеглих земель утворилися відходи різних категорій. Найбільшу частку становили будівельні матеріали – уламки бетонних та цегляних конструкцій, металеві елементи, деревина, що залишилися після руйнування житлових будинків та інфраструктурних об'єктів. Значний обсяг припав на побутові відходи, винесені з підтоплених житлових приміщень: пластик, меблі, текстиль, побутова техніка.

Особливу небезпеку становили промислові та сільськогосподарські відходи. Підтоплення складів і підприємств призвело до потрапляння у воду нафтопродуктів, мастил, хімічних реагентів, а також залишків мінеральних добрив і пестицидів. Це спричинило локальне хімічне забруднення, яке ускладнює відновлення екосистем. Крім того, у зоні затоплення виявлено небезпечні відходи – вибухонебезпечні предмети, токсичні речовини та важкі метали, що створюють довготривалі ризики для довкілля.

Аналіз даних свідчить, що у водні об'єкти потрапили значні кількості важких металів (свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк), які мають здатність акумулюватися у донних відкладах і надалі мігрувати у харчові ланцюги. Нафтопродукти утворили на поверхні води плівку, що знижує вміст розчиненого кисню та погіршує умови існування водних організмів [3].

Високі концентрації азотних і фосфорних сполук спричинили процеси евтрофікації, що проявилися у масовому «цвітінні» синьо-зелених водоростей. Це, у свою чергу, призвело до виділення токсинів, небезпечних для здоров'я людини та тварин. Бактеріологічні дослідження вказують на підвищений рівень коліформних бактерій та ентерококів, що свідчить про високий епідеміологічний ризик під час контакту з водою.

Наслідки катастрофи мають багатовимірний характер. Для населення це означає зростання ризику інфекційних захворювань, обмеження доступу

до безпечної питної води та психологічний стрес від втрати житла й майна. Для довкілля – деградацію прибережних екосистем, загибель рибних популяцій, руйнування місць гніздування птахів і знищення природних оселищ. Для економіки – втрату сільськогосподарських угідь, пошкодження інфраструктури та необхідність значних фінансових витрат на відновлення.

Попередні розрахунки свідчать, що загальний обсяг відходів у зоні затоплення може сягати кількох мільйонів тонн. Приблизно 40 % становлять будівельні матеріали, близько 30 % – побутові відходи, 20 % – промислові та сільськогосподарські, і близько 10 % – небезпечні відходи, що потребують спеціальної утилізації. Такий розподіл свідчить про необхідність комплексного підходу до управління відходами, з пріоритетом на ліквідацію небезпечних компонентів [3].

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що руйнування Каховської ГЕС призвело не лише до гідрологічних змін, але й до масштабного утворення відходів, які становлять серйозну загрозу для екологічної безпеки та здоров'я населення. Виявлені закономірності дозволяють сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо подальшого управління відходами та відновлення екосистем.

Руйнування Каховської ГЕС та спричинене ним затоплення територій нижнього Дніпра створили багаторівневу екологічну кризу, що потребує комплексного підходу до подолання наслідків. На основі проведеного аналізу можна сформулювати низку рекомендацій, спрямованих на мінімізацію ризиків для довкілля та здоров'я населення, а також на відновлення екосистем і соціально-економічної стабільності регіону.

Необхідно налагодити постійний моніторинг стану поверхневих і підземних вод, ґрунтів та донних відкладів. Особливу увагу слід приділити:

- вмісту важких металів, нафтопродуктів та залишків агрохімікатів;
- бактеріологічним показникам (колі-індекс, ентерококи, коліфаги);
- динаміці евтрофікаційних процесів у водоймах. Моніторинг має

здійснюватися у співпраці державних лабораторій, наукових установ та міжнародних організацій, що дозволить забезпечити об'єктивність і прозорість даних.

Першочерговим завданням є проведення інвентаризації відходів на затоплених територіях із поділом їх на категорії: будівельні, побутові, промислові, сільськогосподарські та небезпечні. Така класифікація дозволить визначити пріоритетність заходів з утилізації та переробки. Особливу увагу слід приділити небезпечним відходам – вибухонебезпечним предметам, токсичним речовинам і хімікатам, які потребують спеціалізованої утилізації.

Доцільним є облаштування тимчасових майданчиків для збору, сортування та зберігання відходів. Це дозволить уникнути їхнього повторного потрапляння у довкілля. Для будівельних матеріалів можливе застосування технологій вторинної переробки, тоді як небезпечні відходи мають бути передані на спеціалізовані підприємства.

Важливим напрямом є відновлення природних екосистем. Це включає:

- рекультивацію забруднених ґрунтів;
- очищення прибережних зон від сміття та уламків;
- біологічну реабілітацію водойм (аерація, біофільтрація, використання біопрепаратів для зниження токсичності середовища);
- відновлення популяцій риб і водоплавних птахів.

Для зменшення негативного впливу на населення необхідно:

- забезпечити доступ до безпечної питної води;
- організувати санітарно-епідеміологічний контроль у зонах рекреації;
- проводити інформаційні кампанії щодо правил безпечного використання водних ресурсів;
- створити програми психологічної підтримки для постраждалих громад.

З огляду на масштабність катастрофи та її транскордонний характер, доцільним є залучення міжнародних організацій (ООН, ЄС, UNEP, ПРООН) для технічної, фінансової та експертної підтримки. Це дозволить впровадити сучасні технології управління відходами та екологічної реабілітації, а також забезпечити інтеграцію українських практик у глобальний контекст.

Отримані результати дослідження мають багатовимірне значення та можуть бути використані у кількох ключових напрямках – від практичної реалізації заходів із ліквідації наслідків катастрофи до формування стратегічних підходів у сфері екологічної безпеки та сталого розвитку.

Розроблені оцінки обсягів і категорій відходів можуть стати основою для:

- удосконалення державних програм управління відходами у надзвичайних ситуаціях;
- створення регіональних планів поводження з небезпечними відходами, зокрема у зонах підвищеного воєнного ризику;
- інтеграції результатів у національні стратегії екологічної безпеки та адаптації до змін клімату.

Дані дослідження можуть бути використані для планування заходів із реабілітації прибережних екосистем, відновлення біорізноманіття та

рекреаційних зон. Це особливо важливо для регіонів, де водойми виконують не лише ресурсну, а й соціальну функцію – забезпечують відпочинок, психологічну реабілітацію та підтримку здоров'я населення.

Розроблена методика оцінки наслідків руйнування гідротехнічних споруд може бути використана як модель для подальших досліджень у сфері екології воєнних дій. Вона дозволяє поєднувати дистанційні методи зондування Землі, геоінформаційний аналіз та екологічну класифікацію відходів, що робить її універсальною для застосування в інших регіонах України та світу.

З огляду на транскордонний характер наслідків катастрофи (забруднення Чорного моря, вплив на біорізноманіття міжнародного значення), результати дослідження можуть бути використані у:

- звітах для міжнародних екологічних організацій (UNEP, OSCE, Європейська агенція з довкілля);
- формуванні позиції України у міжнародних перемовинах щодо компенсацій за екологічні збитки;
- розробці спільних програм відновлення у рамках Європейського зеленого курсу та глобальних ініціатив сталого розвитку.

Результати можуть бути інтегровані у навчальні програми з екології, географії та управління природними ресурсами. Це сприятиме підготовці нової генерації фахівців, здатних працювати в умовах екологічних криз. Крім того, поширення результатів серед громадськості сприятиме підвищенню рівня екологічної свідомості та формуванню культури відповідального ставлення до довкілля.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Магась Н. І., Хоренженко Г. В., Замуруєва К. М., Бешевець Ю. В., Риндюк С. І., Баркар В. Ю., Замрій М. В., Бондар М. В. (2023). Аналіз гідрологічної ситуації у Дніпровсько-Бузькій гирловій області, внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*, 4 (49), 15–25. DOI: 10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.2

[2] Tomchenko O., Magas N., Yakovenko M., Stakhiv I. (2023). Comparative analysis of the shallowing of the Kakhovska reservoir based on the data of RS (remote sensing). 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. November 7–10, 2023, (Kyiv, Ukraine). <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-147.pdf> DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520147>

[3] Магась Н. І., Свиначчук К. О. (2024). Оцінка обсягів утворених відходів внаслідок затоплення територій після руйнування греблі

Каховської ГЕС: *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці* : XV Міжнародна науковотехнічна конференція : матеріали. Миколаїв : НУК. С. 452–455.

Magas N., Svinarchuk K.

Environmental Assessment of Waste Generated by the Kakhovka Dam Disaster

УДК 574.5:502.131.1

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКИ СІВКА В МЕЖАХ КАЛУСЬКОГО ПРОМИСЛОВОГО ВУЗЛА

Темченко М. Т., магістрант, Мандрик О. М. д.т.н., професор
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Україна, Івано-Франківськ
temchenkomaria@gmail.com, mandryk68@gmail.com

У сучасних умовах урбанізації та інтенсивного розвитку промисловості малі річки України зазнають найбільшого антропогенного навантаження. Вони часто виступають приймачами комунальних і промислових стоків, що суттєво впливає на якість води та стан екосистем. Одним із найбільш показових прикладів є річка Сівка – права притока Дністра, яка протікає територією Калуського району Івано-Франківської області. Саме тут зосереджені найбільші промислові об'єкти регіону: нафтохімічне підприємство «Карпатнафтохім», виробниче об'єднання «Хлорвініл», Домбровський кар'єр із відвалами калійних солей та інші [1].

Основним джерелом техногенного навантаження на водну екосистему басейну річки Сівка є Домбровський кар'єр – великий гірничо-промисловий об'єкт, де з 1967 по 1997 рік здійснювався відкритий видобуток калійних солей. У процесі розробки кар'єр перетнув природну долину річки Сівка, вода якої була відведена штучним каналом. Це втручання порушило природні гідрогеологічні умови, спричинивши розвиток фільтраційних та карстових процесів.

Під час активного видобутку щороку у кар'єр надходило близько 1,4 млн м³ технічних вод, які скидалися у річку з перевищенням допустимого рівня мінералізації (понад 3 г/дм³). Після зупинки насосного обладнання кар'єр почав накопичувати високомінералізовані розчини.

Станом на 2016 рік об'єм цієї штучної водойми перевищував 20 млн м³, площа дзеркала води становила понад 80 га, а щороку рівень піднімається на 2–3 м залежно від кількості атмосферних опадів [2].

На сьогодні Домбровський кар'єр функціонує як велика депресійна лійка, що акумулює солі з хвостосховищ, солевідвалів, зон фільтрації та прилеглих територій. Розчини характеризуються високими концентраціями важких металів (у 20–40 разів перевищують ГДК), що виключає їх подальше промислове використання. Гідравлічна взаємодія з річкою Сівка є постійною – зони інфільтрації гідравлічно пов'язані з руслом. На сьогодні зона засолення ґрунтових вод охоплює понад 1000 га, включаючи населені пункти Довге-Калуське та Пійло. Виявлено більше 20 джерел витоку інфільтратів з тіла відвалів, а максимальна мінералізація у старому руслі Сівки поблизу солевідвалів досягала 325,33 г/дм³.

Затоплення кар'єру супроводжується геоморфологічними змінами – розвитком карстових явищ, зсувів, обвалів та абразії берегів. Ширина зони обвалів сягає 25–40 м. Досягнення рівнем розсолів гравійно-галькових відкладів може спричинити прорив солоної води до водоносного горизонту, що становить загрозу для екосистеми Сівки та регіональної системи водопостачання. У разі гідродинамічного прориву відбудеться масове перенесення забруднень у напрямку Дністра [3].

Таким чином, враховуючи значний техногенний вплив Домбровського кар'єру та нерегульовані скиди стічних вод у річку Сівка, актуальним є детальне вивчення фізико-хімічних показників води на різних ділянках річки для оцінки сучасного екологічного стану водного об'єкта.

Дослідження проводилися у 2023–2024 роках в лабораторії моніторингу вод Західного регіону на двох ключових створах.

Перша точка – на 39,5 км від витоку, в межах міста Калуш (координати: 49.047806° пн. ш., 24.330528° сх. д.). Ця ділянка характеризується значним техногенним впливом, зумовленим близькістю до солевідвалів та хвостосховищ підприємств калійного виробництва.

Друга точка – на 2 км до гирла, поблизу села Сівка-Войнилівська (координати: 49.188342° пн. ш., 24.541503° сх. д.). Цей відрізок річки зазнає впливу скидів стічних вод, що надходять з прилеглих населених пунктів.

Вибір зазначених точок був обумовлений необхідністю простежити зміни якості води на різних етапах течії річки та в умовах різного типу забруднення. Наявність двох контрастних ділянок дозволяє порівняти вплив промислового та побутового навантаження на екологічний стан водного об'єкта.

У межах дослідження було здійснено відбір проб води та їх аналіз за фізико-хімічними показниками відповідно до стандартних методик ДСТУ ISO. Визначалися концентрації амоній-іонів (NH_4^+), нітритів (NO_2^-), нітратів (NO_3^-), сульфатів (SO_4^{2-}), хлоридів (Cl^-), фосфатів (PO_4^{3-}), завислих речовин, розчиненого кисню (O_2), біохімічного (БСК₅) і хімічного споживання кисню (ХСК).

Основні результати:

- У межах м. Калуш виявлено перевищення за амоній-іонами у 2,1–2,7 раза порівняно з ГДК.

- Концентрація сульфатів досягала 480 мг/дм³ при нормативі 250 мг/дм³, що вказує на вплив Домбровського кар'єру.

- Вміст хлоридів перевищував норму у 1,5–2,0 раза, що пов'язано з відвалами калійних солей.

- Рівень завислих речовин у пікові періоди сягав 60 мг/дм³ при нормативі 15 мг/дм³, що свідчить про ерозійні процеси й комунальні скиди.

- За показником ХСК (38–42 мг O_2 /дм³) вода належала до категорії «забруднена», що підтверджує наявність органічного навантаження.

Порівняльний аналіз показав, що у створі нижче Калуша якість води є суттєво гіршою, ніж у контрольному пункті с. Сівка-Войнилівська, де спостерігалось часткове природне розбавлення. Це підтверджує вирішальну роль локальних промислових джерел у формуванні екологічного стану річки.

Висновки. Калуський промисловий вузол є основним джерелом забруднення річки Сівка, зумовлюючи перевищення за амоній-іонами, сульфатами, хлоридами та завислими речовинами. Результати досліджень 2023–2024 рр. показали, що вода у межах Калуша має «задовільний» стан за національною шкалою, проте за європейськими критеріями Рамкової водної директиви відповідає категорії «недосягнення доброго стану». Отримані дані підтверджують необхідність комплексних заходів із модернізації очисних споруд, рекультивації Домбровського кар'єру та впровадження басейнового управління. Інтеграція у басейновий план управління Дністра локальних заходів відновлення річки Сівка відповідно до вимог Рамкової водної директиви ЄС є стратегічним напрямом для покращення її екологічного стану.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] с. Сівка-Калуська Калуського району Івано-Франківської області: звіт про стратегічну екологічну оцінку генерального плану населеного

пункту. 2021. Взято з [https://kalushcity.gov.ua/assets/files/article/000/002/899/Том%204_Звіт%20про%20стратегічну%20екологічну%20оцінку_Сівка-Калуська%20\(1\).pdf](https://kalushcity.gov.ua/assets/files/article/000/002/899/Том%204_Звіт%20про%20стратегічну%20екологічну%20оцінку_Сівка-Калуська%20(1).pdf)

[2] Малькова Я. Еколого-техногенні закономірності формування розсолів Домбровського кар'єру. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2020. № 4. Взято з https://www.researchgate.net/profile/Y-Malkova/publication/349578726_ECOLOGICAL_AND_TECHNOLOGICAL_REGULARITIES_OF_SALT_BRINES_FORMATIONS_OF_DOMBROVSKY_QUARRY/links/6334769c769781354ea1aeaf/ECOLOGICAL-AND-TECHNOLOGICAL-REGULARITIES-OF-SALT-BRINES-FORMATIONS-OF-DOMBROVSKY-QUARRY.pdf

[3] Іванов Є. Проблеми формування водойми і постмайнінгових геосистем у Домбровському кар'єрі. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку*: зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький. 2016. № 21. Взято з https://www.researchgate.net/profile/Evgen-Ivanov-2/publication/321732040_Problemi_formuvanna_vodojmi_i_postmajningovih_geosistem_u_Dombrovskomu_kar'eri/links/5a2ee4f5aca2726d0bd69dfa/Problemi-formuvanna-vodojmi-i-postmajningovih-geosistem-u-Dombrovskomu-kareri.pdf

Tyemchenko M., Mandryk O.

The Impact of Anthropogenic Load on the Ecological Condition of the Sivka River with in the Kalush Industrial Area

УДК 599.74

**СВІЙСЬКІ КОТИ ТА ПСИ У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ:
ЕКОЛОГІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ**

Редінов К. О.

Регіональний ландшафтний парк «Кінбурнська коса»,

Національний природний парк «Білобережжя Святослава»

Україна, м. Очаків

ORCID: 0000-0003-4903-3586

e-mail: brufinus@gmail.com

Сучасні свійські коти (*Felis catus*) походять від африканського підвиду kota лісового (*Felis silvestris lybica*), що розповсюджений в дикій природі на території Азії та Африки [1]. Достеменно невідомо коли свійські коти були

завезені в Україну, оскільки їх рештки в археологічних пам'ятках складно відрізнити від дикого лісового kota або нащадків останнього з домашнім котом. На території України знахідки котів, визначених як свійські, вперше зафіксовані на трипільських пам'ятках. У добу раннього заліза на території України археологічні рештки котів відомі лише на пам'ятках Північного Причорномор'я раннього римського часу, I–II ст. н. е., зокрема в Ольвії [1]. Пес свійський (*Canis familiaris*) – одомашнена форма азійського підвиду вовка, що було доведено методом генетичного аналізу [2].

Свійські коти та пси завдяки тривалій коєволюції разом з людиною розселилися по всьому Світу та мають велику чисельність. Приручення котів та псів призвело до появи численних безпритульних, у тому числі здичавілих особин, які живуть в природних та антропогенних ландшафтах, включно з територіями заповідних об'єктів [2].

Зоолог К. Кесслер [3] відвідавши у 1858 р. м. Миколаїв писав наступне «Сама пустельна частина міста – південна, закінчується скотобійнями розташованими на березі лиману: там собаки найогиднішої зовнішності блукають цілими зграями...».

Протягом 1987–2025 рр. чисельність безпритульних собак є високою та зростає. За підрахунками організацій “Animal ID” та “Чотири лапи» в 2018 р. на вулицях м. Миколаїв мешкало 4,5 тис. безпритульних собак [4]. Підрахунок проведений Комунальним підприємством (КП) «Центр захисту тварин» 30.04–2.05.2025 р. по методиці організації “Animal ID” показав, що у межах міста мешкає близько 5,5 тис. безпритульних собак [5]. У м. Очаків та прилеглий курортний та промисловий зонах, включно з селами Чорноморка та Куцуруб, в останні п'ять років за нашою оцінкою мешкає до 500 безпритульних собак. Приблизна чисельність безпритульних, у тому числі здичавілих собак, у Миколаївській області може сягати протягом 2018–2025 рр. близько 10 тис. особин. Чисельність котів є дещо вищою, орієнтовно – 15 тис. особин. Ще є велика кількість собак котрі утримуються безприв'язно, біля будинків, складів, баз відпочинку, кордонів тощо. У приватних садибах, особливо у сільській місцевості, коти звичайно вільно переміщуються по подвір'ях та на прилеглий території. Часто коти мешкають і біля будівель віддалених від населених пунктів..

Екологічне значення свійських котів та псів у природних та антропогенних ландшафтах часто є більшим ніж інших видів хижих ссавців [2], до того ж вони становлять певну загрозу здоров'ю людини. Так, дослідження проведені у різних країнах довели, що хижацтво котів є одним з найважливіших факторів смертності птахів внаслідок діяльності людини [6, 7 та ін.].

Тому дослідження свійських котів та псів, як складової фауни екологічних систем антропогенних та природних комплексів Миколаївської області та їх взаємодії з людиною є актуальним. Особливу увагу приділено безпритульним тваринам.

Розглянемо окремі аспекти існування свійських котів та псів у природних та антропогенних ландшафтах для місцевої фауни; взаємовідносини безпритульних тварин з людиною та заходи котрі вживаються для регулювання чисельності безпритульних особин.

Хижацтво. Здичавілі та домашні особини свійських котів полюють на диких птахів, мишоподібних гризунів та інших ссавців, ловлять рибу, плазунів, саранових тощо. Нам відомі випадки успішного полювання котів на прудких ящірок (*Lacerta agilis*), звичайних вужів (*Natrix natrix*), каспійського полоза (*Dolichophis caspius*), довжина останнього була близько 50 см. Серед здобичі котів нами відзначено таких птахів: перепілка (*Coturnix coturnix*), звичайна зозуля (*Cuculus canorus*), сизий голуб (*Columba livia (forma domestica)*), кільчаста горлиця (*Streptopelia decaocto*), водяний пастушок (*Rallus aquaticus*), деркач (*Crex crex*), терновий сорокопуд (*Lanius collurio*), посмітюха (*Galerida cristata*), сільська ластівка (*Hirundo rustica*), чорноголова кропив'янка (*Sylvia atricapilla*), кропивник (*Troglodytes troglodytes*), звичайний шпак (*Sturnus vulgaris*), вівчарики (*Phylloscopus sp.*), співочий дрізд (*Turdus philomelos*), чорний дрізд (*Turdus merula*), вільшанка (*Erithacus rubecula*), східний соловей (*Luscinia luscinia*), польовий горобець (*Passer montanus*), хатній горобець (*Passer domesticus*), коноплянка (*Linaria cannabina*) тощо. Також коти здобувають малят сірого зайця (*Lepus europaeus*), вивірку лісову (*Sciurus vulgaris*), дрібних комахоїдних тварин, наприклад, малу білозубку (*Crocidura suaveolens*) тощо.

Позитивне значення котів для людини полягає у регулюванні чисельності мишоподібних гризунів, особливо хатніх мишей (*Mus musculus*), полівок (*Microtus sp.*) та мандрівних пацюків (*Rattus norvegicus*).

Здичавілі та безприв'язні пси знищують наземногніздових птахів та їх кладки, приплід зайців, європейських сарн (*Capreolus capreolus*), оленів тощо [2 та ін.]. Неодноразово доводилось спостерігати колективне та індивідуальне полювання здичавілих та безприв'язних собак на зайців та звичайних фазанів (*Phasianus colchicus*). Серед здобичі собак відмічено також білочеревого їжака (*Erinaceus roumanicus*), сарматського полоза (*Elaphe sauromates*), ласицю (*Mustela nivalis*), мишоподібних гризунів тощо.

Також здичавілі та безприв'язні пси нападають на домашню худобу. Наприклад, в Мостівській територіальній громаді Вознесенського району

місцева жителька 31.05.2024 р. помітила, як зграя собак вигнала із лісу молоду сарну, тварину вдалось врятувати [8]. Нам відомий випадок коли зграя з 4 собак загризла 6-місячне теля на випасі у с. Чорноморка Миколаївського району; спостерігали непоодинокі випадки нападів зграй собак або поодиноких особин на корів, кіз, курей тощо. Відомий випадок, коли у травні 2019 р. невеликий безпородний пес без прив'язі зібрав та приніс у двір господарці у с. Покровка на Кінбурнському півострові 4 живих зайченят (особ. повід. В. Г. Гаркуши).

Перенесення хвороб, травмування людей. Свійські коти є переносниками сказу та деяких інших хвороб. Лише протягом 2019–2023 рр. до медичних установ Миколаївської області звернулись 2430 осіб з укусами котів, у тому числі від безпритульних котів постраждали 626 людей. У 55 випадках підтверджено сказ, переносниками якого були домашні та безпритульні тварини [9].

При неконтрольованому рості чисельності бездомні пси стають загрозою для містян і сільських жителів (рани, зараження низкою хвороб, автоколізії). У м. Миколаїв з засобів місцевої інформації відомі непоодинокі випадки, коли напади безпритульних собак на людей закінчувались каліцтвом або смертю останніх, наприклад, два випадки у 2011 р. [10]. Лише протягом 2019–2023 рр. до медичних установ Миколаївської області звернулись 7543 осіб з укусами псів, у тому числі від безпритульних тварин постраждали 2818 людей. У 73 випадках підтверджено сказ, переносниками якого були домашні та безпритульні тварини [9].

Коти, пси й військова агресія. Ситуація з безпритульними, у томі числі здичавілими котами і псами, безперечно погіршилася під час російсько-української війни, коли люди були змушені під час евакуацій або переїзду в безпечні місця випускати на «волю» домашніх собак і котів, зокрема у м. Миколаїв [5] та м. Очаків [наші дані]. Останнє актуально не лише для обласного центру, прифронтових міст і сіл, а й інших населених пунктів Миколаївщини. Враховуючи масовий та терміновий виїзд багатьох жителів у 2022 р. із сіл тимчасово окупованого Кінбурнського півострову, кількість безпритульних собак та котів принаймні на якийсь час там суттєво збільшилась [11].

Зі здичавілими особинами в угіддях мисливських товариств та господарств ситуація невідома, але у зв'язку з заборонаю полювання під час воєнного стану протягом 2022–2023 рр. та вибіркового полювання у сезон 2024–2025 рр. (в окремих мисливських угіддях та господарствах) чисельність їх певно є високою та регулюється доступністю їжі, хворобами, в першу чергу сказом, та іншими хижими ссавцями.

Регулювання чисельності. Регулювання чисельності безпритульних тварин в Україні здійснюється гуманними методами, що включають вилов, стерилізацію, вакцинацію, ідентифікацію та повернення тварин на місце їх виллову, прилаштування, посилення відповідальності власників за домашніх тварин та інформаційно-просвітницьку роботу згідно з Законодавством України. Міська рада Миколаєва офіційно визнала котів частиною екосистеми міста. Відповідно до рішення «Про деякі питання безпритульних котів у місті Миколаєві» регулювання чисельності безпритульних котів у місті має здійснюватися способом стерилізації з обов'язковою вакцинацією та візуальною ідентифікацією [12]. Рішення прийнято з метою розв'язання питання про регулювання чисельності безпритульних тварин гуманними методами та врегулювання відносин у сфері поводження з безпритульними тваринами в обласному центрі. Зазначимо, що Правила утримання домашніх собак та котів у м. Миколаєві затверджені рішенням Миколаївської міської ради ще у 2009 р. [13].

Регулювання чисельності безпритульних котів і псів у Миколаєві здійснює КП «Центр захисту тварин» у рамках Програми гуманного регулювання їх чисельності шляхом стерилізації та прилаштування до людей. У 2023 р. було стерилізовано 1735 псів, 161 kota, а за перше півріччя 2024 р. – вже 1131 собаку і 189 котів, що перевищувало показники попереднього року [14]. Протягом 2025 р. КП планувало в обласному центрі стерилізувати 1500 безпритульних котів і псів [4]. Також цією діяльністю займаються громадські організації.

В природних ландшафтах на безпритульних собак та котів полює вовк. Також їх чисельність регулюють мисливці в мисливських угіддях. Часто безпритульні та безприв'язні собаки та безпритульні коти потрапляють під колеса транспорту на дорогах. Рештками котів та собак живляться звичайні шакали (*Canis aureus*), ворони та деякі хижі види птахів.

Приблизна чисельність безпритульних псів у Миколаївській області протягом 2018–2025 рр. може сягати близько 10 тис. особин. Чисельність котів є дещо вищою, орієнтовно – 15 тис. особин. Ситуація з безпритульними котами і псами погіршилася під час російсько-української війни, коли люди були змушені під час евакуацій або переїздів випускати на «волю» домашніх собак і котів, що призвело до зростання їх чисельності. Враховуючи масовий та терміновий виїзд багатьох жителів у 2022 р. із сіл Кінбурнського півострова, кількість безпритульних собак та котів принаймні на якийсь час там суттєво збільшилась, що безперечно вплинуло на успішність гніздування птахів тощо. Безпритульні та домашні коти та

безпритульні й безприв'язні пси є важливим компонентом антропогенних та природних екосистем де виконують роль хижих ссавців, особливо небажані вони у межах заповідних об'єктів. Серед здобичі kota відмічено щонайменше 30 видів диких тварин, собак – 8. Бездомні пси становлять загрозу для містян і сільських жителів: рани, зараження хворобами, автоколізії. Бездомні коти теж становлять загрозу для людини: рани, зараження хворобами. Регулювання чисельності безпритульних котів й псів у Миколаєві здійснює КП «Центр захисту тварин» згідно з Законодавством України, але проблему вирішити повністю не вдається через брак фінансів та фахівців, російську агресію тощо. В природних ландшафтах на безпритульних собак та котів полює вовк (*Canis lupus*), вірогідно і шакал (*Canis aureus*), певно вони гинуть і вживаючи отруєних зерною приманкою гризунів. Також їх чисельність регулюють мисливці в мисливських угіддях.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Хамайко Н., Гольдін П., Яніш Є., Кублій М. (2024): Коти в Київській Русі: звідки вони з'явилися і якими були в Середньовіччі? *Theriologia Ukrainica*, 27, 25–35 s. Взято з <http://doi.org/10.53452/TU2704>
- [2] Загороднюк, І. (2025). Дикі пси (*Canis familiaris*) Голосіївського лісу (Київ). *Novitates Theriologicae*, 17, 107–118. doi: <http://doi.org/10.53452/nt1720>
- [3] Kessler, K. (1840). *Puteshestviye s zoologicheskoy tsel'yu k Severnomu beregu Chernogo morya i v Krym v 1858 g.* Kiyev: Universitetskaya tipografiya, 1–211 s.
- [4] Квітко, А. (2024). В Миколаєві підраховують кількість безпритульних собак через їх збільшення – востаннє це робили 6 років тому. Взято з <https://nikvesti.com/news/public/298887-u-mikolaievi-kilkist-bezpritulnikh-sobak-zrostaie-i-novii-pidrahunok-zaplanovano-na-navesni-2025-roku>
- [5] Коханчук А. (2025). Цьогоріч у Миколаєві нарахували 5500 безпритульних собак. Взято з <https://nikvesti.com/news/public/308964-pidrahunok-bezpritulnikh-sobak-u-mykolayeve-2024>
- [6] Loss, S. R., Will, T. & Marra, P. P. (2013). The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature Communications*, 4, 1396. DOI: 10.1038/ncomms2380
- [7] Yuzyk, A. (2024). Vulnerable bird species and avian mortality due to predation by domestic cat (*Felis catus*) in anthropogenically transformed landscapes of the Bukovynian Carpathians. *Ornis Hungarica*, 32 (2), 174–203. DOI: 10.2478/orhu-2024-0029

[8] Гакман, А. (2024). На Миколаївщині врятували маленьку косулю. Взято з <https://nikvesti.com/ua/news/incidents/na-mykolaivshchyni-vryatowaly-malenku-kosyulyu-ua>

[9] Аналітична довідка щодо епідемічної ситуації зі сказу на території Миколаївської області за 2019–2023 роки та прогноз на 2024 р. Взято з <https://berezneguvatska-gromada.gov.ua/news/1708075238/>

[10] Новини ТСН. У Миколаєві згряя розлючених собак розірвала жінку. Взято з <https://tsn.ua/chorna-hronika/u-mikolayevi-zgraya-rozlyuchenih-sobak-rozirvala-zhinku.html?page=3&items=34>

[11] Редінов, К. О., Петрович, З. О. (2023). Птахи Кінбурнської коси. Еколого-фауністичний довідник. Миколаїв: Вид-во Швець В. М., 196 с.

[12] Рішення Миколаївської міської ради «Про деякі питання безпритульних котів у місті Миколаєві» № 56/86 (2019).

[13] Рішення Миколаївської міської ради «Про затвердження Правил утримання домашніх собак та котів в м. Миколаєві», зі змінами та доповненнями. № 36/8 (2009).

[14] Глухова І. У Миколаєві збільшилася кількість бродячих собак: названі причини. Взято з <https://intent.press/news/society/2024/u-mikolayevi-zbilshilasya-kilkist-brodyachih-sobak-nazvani-prichini/>

Redinov K.

Domestic cats and dogs in the Mykolaiv region: ecological and social aspects

УДК 372.857-042.4:574.3-043

**ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ ЕКОЛОГО-ОСВІТНЬОЇ
ТА РЕКРЕАЦІЙНОЇ РОБОТИ В УМОВАХ ВОЄННОГО
СТАНУ В НАЦІОНАЛЬНОМУ ПРИРОДНОМУ ПАРКУ
«БІЛОБЕРЕЖЖЯ СВЯТОСЛАВА»**

Тарабан С. В., Трусов Ю. В.

Національний природний парк «Білобережжя Святослава»

Україна, м. Очаків

e-mail: tarabansv1966@gmail.com, iurii.trusoff@gmail.com.

Екологічна освітньо-виховна та рекреаційна робота в Національному природному парку «Білобережжя Святослава» завжди була і залишається в умовах воєнного стану однією з пріоритетних в діяльності установи.

Основним напрямком цієї роботи є ведення освітньо-виховних заходів щодо необхідності збереження природних та історико-культурних цінностей на території парку, інформування місцевого населення та відвідувачів про діяльність установи, створення позитивного іміджу і забезпечення підтримки природоохоронної діяльності парку місцевим населенням. Звісно, рекреаційна діяльність зазнала значних трансформацій та змін. Так, наша рекреаційна діяльність в умовах воєнного стану значно обмежена, але в деяких випадках (на неокупованій території) частково відновлена з дотриманням суворих заходів безпеки та чинного законодавства, що регулює заповідні території. Тож основним завданням залишається збереження природних об'єктів, тому пріоритет надається екологічному туризму, який мінімізує антропогенне навантаження, а також освітнім та оздоровчим цілям [1].

Основними напрямками діяльності, в умовах військового стану, залишаються:

- Організація туризму – продовжує впроваджуватися ефективний туризм та відпочинок у природних умовах на безпечних територіях (територія навколо акваторії озера Солонець-Тузли, в межах Коблівської сільської територіальної громади), адже це не суперечить режимам охорони території.

- Оздоровлення – як і в передвоєнні роки, забезпечується оздоровчий та культурно-пізнавальний відпочинок для відвідувачів поблизу акваторії озера Солонець -Тузли;

- Рекламно-видавнича та просвітницька діяльність – парк здійснює активну інформаційно-просвітницьку діяльність в електронних засобах масової інформації, а саме розміщення на офіційному сайті парку, на Фейсбук та в Телеграм-сторінці парку [2].

Також впродовж 2025 року парк став організатором та ініціатором близько 60 екоосвітніх заходів, в тому числі природоохоронних акцій, до яких вдалося залучити здобувачів освіти в гімназіях та ліцєях м. Очаків, Куцурубської та Рибаківської сільських територіальних громад, студентів Національного університету Кораблебудування ім. адм. Макарова, місцевих жителів, громадськість. В Телеграм-каналі парку та на сторінці в Фейсбук організовано проведення Еко-марафону «Я люблю Чорне море!», еколого-інформаційної кампанії «Безбар'єрність – зручно всім!», екоосвітньої програми «Відчуй природу на дотик» та челенджу «Кінбурн – це Україна!».

Систематично здійснюється розповсюдження листівок, буклетів, флаєрів про природоохоронну цінність території озера Сологєць-Тузли

серед учнів місцевих шкіл та їх батьків, проводяться бесіди з населенням та подорожуючими стосовно цінності природних комплексів парку та ризиків, що можуть виникати при контакті з вибухонебезпечними предметами.

Частину еколого – освітніх заходів: акцій, екологічних свят, конкурсів, екологічних практикумів, екохвилюнок проводяться в режимі онлайн – «Наша допомога зимуючим птахам», «Збережемо водно – болотні угіддя – збережемо біорізноманіття Кінбурна», «Білобережжя зустрічає птахів». Проводяться свята: «Синиччин день» (м.Очаків, онлайн), майстер клас «Меню для птахів» та акція «Годівничка» у Очаківському ліцеї та Очаківській гімназії № 2, в Немирівській спецшколі та Тузлівському ліцеї. Проведено близько 18 екозаходів, приурочених до Всесвітнього дня водно-болотних угідь, а саме: екозахід у ЗОШ – інтернаті, віртуальна екскурсія на Ягорлицьку затоку та «День водно – болотних угідь» у Очаківській гімназії № 2 та Немирівській спецшколі. Учні Очаківських гімназій № 1, № 2 та № 4 в рамках дистанційного навчання під гаслом «Водно-болотні угіддя України та світу – на користь людям і природі» проведено онлайн-уроки з демонстрацією відео сюжетів про важливість боліт і торфовищ, долин річок і заплав. Також проведено фотоконкурс «Вартові заповідного Білобережжя» для здобувачів освіти в м.Очаків, Коблівській та Куцурубській сільських територіальних громадах.

Здобувачі освіти Тузлівського ліцею, Немирівської спецшколи, Очаківської гімназії № 2 та Куцурубського ліцею традиційно беруть участь у Великому зимовому та весняному обліку птахів, практикумі «Наша допомога мешканцям водно-болотних угідь», «Тижні знань про птахів» та конкурсних програмах. Створено чат-бот еко-групи «ЕкоКлас» у Viber для просування екорубрик та спілкувань членів міні-парку «Борисфен». До Всеукраїнського дня Довкілля був проведений екологічний флешмоб «Довкілля починається з мене» для дітей Немирівської спецшколи, Очаківських гімназій № 1 та № 2 працівниками відділу, «Екотолока покінбурнські» (офлайн) та екоакція на території міського парку «Немирівський» до Міжнародного дня біорізноманіття.

Організовано онлайн-навчання для здобувачів освіти Очаківської міської, Коблівської ТГ та Куцурубської сільських територіальних громад (учні 6–9 класів) на тему «Це допоможе зберегти життя: правила поведінки та техніка безпеки в контексті бойових дій та їх наслідків».

Традиційні природоохоронні акції парку «Щедра годівниця», «Подаруй ялинці нове життя», «Зроби домівку для пернатих друзів», «Обережно, батарейка!», «Зробимо Україну чистою», «Чисте Білобережжя

для мігруючих птахів», «Кінбурн – це Україна», «Я люблю Чорне море» проводяться з дітьми, волонтерами та студентами в змішаному форматі, враховуючи безпекову ситуацію. Так, до Міжнародного дня чистих берегів відбулося 12 акцій за участю ековолонтерів, школярів, студентів та місцевих жителів по прибиранню території навколо озера Солонець – Тузли (в квітні, травні, серпні, вересні) по прибиранню прилеглої до офісної будівлі парку території (м. Очаків).

Загалом на території парку за попередні роки було облаштовано 8 еколого-туристичних маршрутів та 3 екостежки. Тільки в цьому році створено та облаштовано інформаційними стендами та аншлагами нову екостежку «На солі» та туристично-екскурсійний маршрут «Навколо солі» в межах озера Солонець-Тузли (Коблівська сільська територіальна промада).

Систематично здійснюються експедиційні виїзди на територію біля озера Солонець-Тузли з метою аналізу стану водойми, фото- та відеофіксації флори та фауни навколо озера, здійснення ремонту стовпчиків під вказівниками, оновлення вказівників з назвою озера, встановлення нових інформаційних стендів, сміттєзбірників та інформаційних стендів. Разом з ековолонтерами, місцевими жителями, студентами здійснюється прибирання прилеглої території, очищення від сміття та сухої рослинності навколо озера.

Щодо рекреаційної роботи в національному природному парку «Білобережжя Святослава» за повоєнні роки, то вона проводилася відповідно до Положення про рекреаційну діяльність в межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України та Положення про відділ. У зв'язку із складною ситуацією, що склалася внаслідок російського воєнного вторгнення на територію України та Кінбурнський півострів зокрема, координація, організація, проведення рекреаційної діяльності роботи відділу відбувається в напрямку організації рекламно-видавничої та інформаційної діяльності, екологічної просвіти в режимі онлайн серед потенційних відпочиваючих і туристів [3].

Здійснюється натурне обстеження та відповідно інвентаризовано територію в районі озера Солонець-Тузли з метою організації та створення екологічної стежки «На солі» та туристичного маршруту «Навколо солі», а також розроблено ескізи вказівників, інформаційних стендів для розміщення на оглядовому майданчику цієї стежки та маршруту.

Виготовлено та встановлено на прилеглий території в районі озера Солонець-Тузли вказівні та інформаційні знаки з картосхемами для облаштування турмаршруту «Навколо солі» та екостежки «На солі».

Внесено зміни та доповнення (деталізована інформація та доповнено новими фото) до паспортів екологічних стежок «Розливи», «Дубовий гайок» та «Орхідне поле», а також турмаршруту «Навколо солі» та екостежки «На солі».

Здійснюється регулярне оновлення та поповнення офіційного веб-сайту парку, медіа-ресурсу «Очаківський портал». Налагоджена співпраця з редакціями інтернет-газет «Николаевский обозреватель», «Преступности НЕТ», «Новости-Н». Продовжено співпрацю з Миколаївською телерадіокомпанією «UA: Суспільне. Миколаїв» в підготовці та випуску теле- та радіо-передач про парк та екоосвітні заходи – проводяться інтерв'ю стосовно роботи установи.

Також готуються інформаційні матеріали про парк для розміщення на вебсайті Природно-заповідного фонду України в проєкті «Підтримка природно-заповідних територій в Україні», а також сторінка парку на Google-сайті.

Навіть в умовах війни, наш Національний природний парк «Білобережжя Святослава» зберігає свою роль у збереженні природно-заповідного фонду держави, забезпечення відновлення духовних та фізичних сил людей, а також у формуванні екологічної свідомості та відіграє провідну роль у збереженні природних територій Південної частини України.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Проект організації території національного природного парку «Білобережжя Святослава» охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів та об'єктів» м. Миколаїв: ТОВ Український експертний центр вимірювання та оцінки, 2015 р. 683 с.

[2] Літопис природи НПП «Білобережжя Святослава» (2022), м. Очаків. 260 с.

[3] Панченко Т. Ф. (2015). Ландшафтно-рекреаційне планування природно-заповідних територій, м. Київ: Логос, 176 с

Taraban S., Trusov Yu.

Experience of carrying out environmental educational and work in martial state conditions in the national natural park “Biloberezhya Sviatoslav”

УДК 657

АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ У КОСТЯНТИНІВСЬКІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ШЛЯХІВ ЩОДО ЇЇ РОЗВИТКУ

Чаплигін М. М., магістр, Мельничук С. С., к.біол.н., доцент

Національний університет кораблебудування імені Адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

caplyginn05@gmail.com, s.s.melnychuk87@gmail.com

Основною екологічною проблемою Костянтинівської територіальної громади є засміченість територій берегів річок і лісів, а також зростання чисельності несанкціонованих скупчень сміття. Основою цієї проблеми є не вирішення питання щодо збору і розміщення побутових відходів людей, що проживають в даній громаді. Наслідки не вирішення цієї проблеми нажаль дуже погано впливають на екологію даної місцевості, через те що забруднюються поверхневі води та ґрунти. Також є велика загроза зменшення використання сільськогосподарських земель, через забруднення ґрунтів. Це погано вплине на економіку Миколаївської області. Подальше засмічення територій вже через кілька років буде негативно впливати на рекреаційний потенціал даної області.

До основних негативних наслідків несанкціонованих сміттєзвалищ відносять також скупчення великої кількості птахів та гризунів. Представники цих тварин є рознощиками різних інфекційних захворювань, тому велика їх кількість може призводити навіть до епідемій. Основними місцями несанкціонованих сміттєзвалищ є старі будинки, ферми, закинуті території, посадки населених пунктів Костянтинівської територіальної громади.

Тема побутових відходів є дуже потрібною та актуальною на сьогодні, адже з кожним роком утворюється все більше сміття, яке люди нажаль вивозять на місця не призначенні для нього, так утворюються несанкціоновані звалища. Ці звалища з роками стають більшими і їх тяжче ліквідувати. Тому дуже важливо створити умови населенню для правильного збирання та сортування сміття.

Ціль роботи: провести аналіз системи управління побутовими відходами Костянтинівської ТГ та надати рекомендації щодо шляхів її розвитку.

Костянтинівська сільська територіальна громада – є територіальною громадою Миколаївської області, Миколаївського району. Адміністративний центр – село Костянтинівка. Територіальна громада розташована в

центрі Миколаївської області. Площа даної громади становить – 467,6 км². Станом на 2020 рік, кількість населення становить – 9782 особи [1].

До складу громади входять одинадцять населених пунктів: Баловне, Гур'івка, Зайве, Кандибине, Костянтинівка, Новоінгулка, Новоматвіївське, Новопетрівське, Піски, Себине, Сільвестрівське.

Міжнародний аеропорт Миколаїв знаходиться поблизу села Баловне.

Загальна площа житлового фонду складає – 287,64 тис. м². Кожне село має свою площу та кількість будинків [2].

На території Костянтинівської громади є три підприємства, які надають комунальні послуги з благоустрою. Є два комунальних підприємства які надають послуги в Костянтинівській селищній територіальній громаді, це КП «Добробут» і КП «Садове сервіс». Ці комунальні підприємства надають такі послуги: благоустрій території, водопостачання, вивезення сміття, утримання будинків. Твердими побутовими відходами в громаді, займається ПП «Евако».

Метою впровадження заходів природоохоронного значення у Костянтинівській ТГ є: екологічна безпека навколишнього середовища, міцний стан екосистеми ТГ, зменшення техногенного впливу на поверхневі та підземні об'єкти(потрібно зменшити кількість неочищених стоків у водні ресурси), створення природо-заповідних територій.

Політика Костянтинівської громади полягає в зменшенні рівня забруднення атмосферного повітря її території та зменшенні обсягів скидання неочищених стоків у водні ресурси.

У 2020 році було створено нову комплексну програму охорони довкілля Миколаївської області на 2021–2027 роки. В ній для кожної громади були розписані завдання та заходи, які повинні виконуватися та підтримуватися [3].

14.06.2024 затвердили Комплексну програму охорони навколишнього природного середовища Костянтинівської сільської ради на 2024–2029 роки.

Основні екологічні проблеми Костянтинівської сільської громади на сьогодні є: відсутність ефективних схем очищення селищ від відходів; недостатні обсяги утилізації відходів; відсутність полігонів для захоронення відходів, які повинні бути обладнані; забруднення територій громади промисловими та побутовими відходами; незадовільний стан зеленого господарства в селищах; забруднення атмосферного повітря;

Одним з перших етапів виконання даної програми є створення ботанічного заказника, загально-державного значення Матвіївській кучугури [4].

Костянтинівська ТГ складається з 11 населених пунктів, в кожному з яких збираються побутові відходи [5], до них відносять: ремонтні, тверді, рідкі, великогабаритні відходи. Сюди також можуть входити і небезпечні відходи, що є складовими деяких твердих побутових відходів(ТПВ) [6].

Відходи з населених пунктів Костянтинівської ТГ за обліком становили приблизно 30 тис.м³, з них тверді побутові відходи – 28,8 тис. м³, рідкі побутові відходи – 1,2 тис. м³. Небезпечні відходи відсутні, так само як великогабаритні та ремонтні побутові відходи.

Ці всі відходи утворюють населення даної територіальної громади. Вони проживають деякі в багатоквартирних будинках(в меншій кількості), та в будинках з присадибною ділянкою з або без централізованого теплопостачання, водовідведення і водопостачання, підприємства небюджетної форми, бюджетні заклади (школи, дитсадки та ін.) [7].

Вивозять тверді побутові відходи з населених пунктів Костянтинівської територіальної громади один раз в тиждень безконтейнерною схемою. За кожним селом закріплений свій день. Сміття при цьому нажалі ніхто не сортує. На території громади контейнери та майданчики для збирання сміття відсутні. Перероблення твердих побутових відходів на території громади не відбувається. Рідкі відходи Костянтинівської територіальної громади знешкоджуються на каналізаційних очисних спорудах міста Миколаїв.

На території даної громади є підприємства, з яких вилучають відходи III класу небезпеки(аптеки, амбулаторії) та підприємства з яких вилучають відходів IV класу небезпеки, такі є багато бо до цих відходів належать:

- паперове сміття, яке можна використовувати повторно: газети, журнали, книги тощо;
- скляні відходи, які можна переплавляти на нові речі: пляшки, склянки, лампочки;
- пластик і металеві відходи: пляшки, контейнери, банки, дроти, цвяхи та інші відходи, придатні для повторного використання.

Кількість утворення промислових відходів III класу небезпеки громади на рік становить 1,5 тони на рік. А кількість утворення промислових відходів IV класу небезпеки на рік становить приблизно 95,4 тони [7].

Є одна єдина планово-регулярна система для організації проведення збирання, перевезення та перероблення побутових відходів, яка відповідає правилам і нормам [8].

Нажалі, в Костянтинівській територіальній громаді немає контейнерів для будівельних відходів, який міг би в себе помістити великогабаритні

відходи. На територіях сіл громади ці будівельно-ремонтні відходи зберігають без контейнерів. Це в свою чергу забруднює ділянки ґрунту де вони є, що негативно впливає на нього.

На сьогодні досі не ведуть документи про обсяги небезпечних відходів. Також не проведені роботи для окремого їх збирання та утилізації. Деякі жителі громади навіть не замислюються над тим що такі компоненти їх відходів можуть бути небезпечними, тому було б чудово інформувати людей про це, та налагодити роботу по їх збиранню та утилізації.

В Костянтинівській громаді надають свої послуги з прибирання та утилізації сміття та твердих побутових відходів три підприємства – ПП «Евако», КП «Добробут» та КП «Садове сервіс». КП «Добробут» займається вивозом відходів з таких населених пунктів громади: Баловне, Гур'ївка, Костянтинівка, Зайве, Себіне, Новопетрівське, Піски. КП «Садове сервіс» займається вивозом відходів з інших населених пунктів громади, а саме: Новоінгулка, Кандибіне, Новоматвіївське, Сільвестрівське. За вивіз твердих побутових відходів відповідає ПП «Евако».

В Костянтинівській територіальній громаді є одне місце яке виділили під тверді побутові відходи – офіційне сміттєзвалище [9]. Воно знаходиться на відстані 1,3 км від села Гур'ївка даної громади (рис. 1). Сміття туди відвозять комунальні підприємства «Добробут» та «Садове сервіс». Твердими побутовими відходами громади займається ще приватне підприємство «Евако». Дане підприємство відвозить відходи на міське сміттєзвалище. Ці ТПВ захороняються на міському звалищі побутових відходів біля села Велика Корениха (рис. 1) [10]. Воно знаходиться в п'яти кілометрах в північно-західному напрямку від міста Миколаїв.



Рис. 1. Сміттєзвалища, які використовуються Костянтинівською територіальною громадою

Приватне підприємство «Евако» використовує міське звалище, біля села Велика Корениха. Це звалище використовують для збирання таких відходів: відходи підприємств громадського харчування, технічного обслуговування та ремонту устаткування приладів та виробів, комунальні та промислові відходи. Площа даного сміттєзвалища становить 37,93 га. Реєстраційний номер МВВ звалища – 194-12/D1. Індексний номер даної ділянки – 32459822 [11].

Так як на території Костянтинівської ТГ знаходиться аеропорт Миколаїв, створення сміттєзвалищ в районі 15 кілометрів заборонено. А так як територія даного сміттєзвалища знаходиться в цій 15 кілометровій зоні, то з початком роботи аеропорту воно перестане функціонувати, і потрібно буде створювати сміттєзвалище десь в іншому місці.

Тобто відходи з даної громади вивозять на сьогодні як на сміттєзвалище під селом Гур'івка (КП «Добробут» і «Садове сервіс»), так і на міське сміттєзвалище під селом Велика Корениха (ПП «Евако»).

Тобто відходи з даної громади вивозять на сьогодні як на сміттєзвалище під селом Гур'івка (КП «Добробут» і «Садове сервіс»), так і на міське сміттєзвалище під селом Велика Корениха (ПП «Евако»).

Після проведення аналізу системи управління побутовими відходами Костянтинівської територіальної громади, були розроблені деякі рекомендації.

1. Розвиток культури поводження з твердими побутовими відходами.
2. Створення нового офіційного сміттєзвалища на території Костянтинівської громади в зоні не ближче ніж 15 кілометрів від Миколаївського аеропорту.
3. Посилення запровадження системи роздільного збирання твердих побутових відходів. Створення об'єкту по обробленню та сортуванню відходів.
4. Розроблення та введення двох-етапного сортування відходів.
5. Покращити деякі моменти системи управління твердими побутовими відходами початкового варіанту.
6. Для початку сортування сміття рекомендується збудувати СПС, біля сміттєзвалища міста Миколаїв. Так як Костянтинівська громада знаходиться біля міста, це буде вигідно як для міста так і для даної громади, не тільки в екологічному плані но й в економічному.

Висновки:

1. Костянтинівська територіальна громада знаходиться в Миколаївському районі Миколаївської області. До її складу входить 11 населених пунктів, площа житлового фонду яких складає – 287,64 тис. м².

2. Завдання Комплексної програми охорони навколишнього природного середовища Костянтинівської сільської ради на 2024–2029 роки включає встановлення контейнерів для роздільного збору сміття, очищення прибережних територій, озеленення та благоустрій населених пунктів, розвиток сфери поводження з твердими побутовими відходами.

3. В Костянтинівській територіальній громаді немає контейнерів для будівельних відходів, який міг би в себе помістити великогабаритні відходи. На територіях сіл громади ці будівельно-ремонтні відходи зберігають без контейнерів. Це в свою чергу забруднює ділянки ґрунту де вони є, що негативно впливає на нього.

4. На території Костянтинівської громади за вивіз сміття відповідають 3 підприємства: ПП «Евако», КП «Добробут», КП «Садове сервіс». Найбільший об'єм побутових відходів утилізовано ПП «Евако». Серед них домінують змішані тверді побутові відходи.

5. Комунальними підприємствами побутові відходи вивозяться на два полігони – Гур'ївське та міське. Розташування Гур'ївського сміттєзвалища не відповідає санітарним нормам.

6. Одними з головних рекомендацій є фінансування створення та будівництва сортувальної станції, закриття старого сміттєзвалища та відкриття нового сміттєзвалища на території Костянтинівської територіальної громади, яке буде знаходитись поза зоною 15-ти кілометрів від Миколаївського аеропорту.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Костянтинівська сільська громада (Миколаївська область) Костянтинівська територіальна громада (Миколаївська область) – Wikiwand.

[2] Стратегія відновлення та розвитку Костянтинівської територіальної громади на період до 2027.

[3] Комплексна програма охорони довкілля Миколаївської області на 2021–2027 роки Взято з <https://ecolog.mk.gov.ua/ua/programs/KP2127/>

[4] Зовсім поруч з Миколаєвом може з'явитись заказник «Матвіївські кучугури». Взято з <https://inshe.tv/mykolayv/2023-02-03/737983/>

[5] Закон України «Про відходи» (№ 187/98-ВР від 05.03.1998 р.).

[6] Постанова КМУ від 28.08.2013 р. № 808 «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку».

[7] Рішення сільської ради від 13.10.2021 № 4 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами на території Костянтинівської сільської ради на 2021–2025 роки».

[8] Розпорядження КМУ від 20 лютого 2019 р. № 117-р «Про затвердження Національного плану управління відходами до 2030 року». Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/117-2019-%D1%80#Tex>

[9] Проект рішення виконкому від 20.03.2025 № 64 «Про звіт директора КП «Добробут» про роботу та результати діяльності комунального підприємства за 2024 рік»

[10] Про затвердження Інструкції про зміст і складання паспорта місць видалення відходів. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0060-99#Text>

[11] Реєстр місць видалення відходів миколаївської області. Взято з https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/file/%D0%A0%D0%B5%D1%94%D1%81%D1%82%D1%80%20%D0%9C%D0%92%D0%92%20%D0%BD%D0%B0%2001_01_19.doc

Chaplyhin M. M., Melnychuk S. S.

Analysis of the household waste management system in the Kostiantynivka territorial community and development of ways to develop it.

УДК 551.58:911.2:630*1

ЕРОЗІЙНА ЗДАТНІСТЬ ОПАДІВ В УМОВАХ ЛЬВОВА

Скробала В. М., к.с.-г.н., доцент¹, Дулиба О. С., аспірант²

Національний лісотехнічний університет України

Україна, Львів

¹ <https://orcid.org/0000-0002-0606-8079>;

² <https://orcid.org/0009-0008-8110-2645>

Ерозія ґрунтів є одним із основних факторів деградації земель, який негативно впливає на сільськогосподарські і лісові угіддя та пасовища [2, 3]. Продуктивність сільськогосподарських угідь знижується унаслідок зменшення потужності гумусового горизонту, де зосереджена найбільша кількість поживних речовин. Ерозія ґрунту негативно впливає і на лісові екосистеми, зумовлюючи зменшення кількості видів рослин і порушуючи стабільність усієї екосистеми [1, 5]. Стабільність і біорізноманіття пасовищ також знижуються через ерозію ґрунту, що підвищує їх вразливість до посухи [4, 10].

Ерозія ґрунту тісно пов'язана зі змінами клімату, з якими планета стикається в останні роки, і вона посилилася через ці зміни [10, 11].

Основним процесом, через який клімат впливає на швидкість ерозії ґрунту, є посилення ерозійної здатності опадів за рахунок збільшення їх кількості та інтенсивності [12].

З кінця XX століття за рубежом для оцінки та математико-картографічного моделювання потенційних втрат ґрунту внаслідок водної ерозії широко використовують різноманітні моделі. Універсальне рівняння ґрунтової ерозії є математичним виразом, що базується на шести основних чинниках, які визначають інтенсивність ерозійних процесів [13]:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P, \quad (1)$$

де A – середньорічні втрати ґрунту, т/(га·рік); R – фактор ерозійної здатності опадів, МДж·мм/(га·год); K – фактор ерозійної піддатливості ґрунтів, т·га·год/(МДж·мм·га); L – фактор довжини схилу, безрозмірна величина; S – фактор ухилу схилу, безрозмірна величина; C – фактор сівозміни (агротехніки), безрозмірна величина; P – фактор протиерозійних заходів, безрозмірна величина.

Середнє значення ерозійності опадів R для 28 країн ЄС і Швейцарії становило 722 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹ [8]. В Румунії цей показник змінюється в межах від 462 до 1150 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹, з середнім значенням 785 [9]. Істотна мінливість ерозійності характерна для території Польщі [6] в діапазоні від 500 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹ в центральній рівнинній частині до понад 1000 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹ у південних гірських районах. У Словаччині [7] середнє значення ерозійності опадів становить 711 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹, а діапазон значень – від 348 (Габчиково) до 1380 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹ (Татранська Яворина).

На карті Європи з високою роздільною здатністю прикордонні райони з Львівщиною характеризуються ерозійністю на межі двох діапазонів: 610–730 і 730–900 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹ [8]. Просторовий розподіл середньорічної ерозійності опадів на території Польщі (рис. 2) дає підстави оцінювати її величину для Львова в діапазоні 701–800 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹.

У зв'язку з цим для обчислень ерозійності опадів в умовах Львова ми використовували формулу:

$$R = Pr^{1,0565} / (0,5209 + z^{0,0053}), \quad (\text{Польща [6]}); \quad (2)$$

де Pr – річна кількість опадів, мм; z – висота над рівнем моря, м.

За цією формулою середнє значення ерозійної здатності опадів становить 715 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹, а середнє квадратичне відхилення 101 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹. Мінімальне значення ерозійності опадів 537 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹ спостерігалось в посушливому 1995 році, а максимальне 949 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹ – в 2001 році.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Скробала В. М. (2003). Оптимізація урбанізованих та техногенних ландшафтів засобами озеленення. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 13.5. 415–421.
- [2] Скробала, В. М., & Дулиба, О. С. (2025). Ерозійна здатність опадів як кліматичний чинник прояву водної ерозії ґрунтового покриву у паркових і лісопаркових насадженнях Львова. *Scientific Bulletin of UNFU*, 35 (2), 71–79. <https://doi.org/10.36930/40350208>
- [3] Costea, A., Bilasco, S., Irimus, I.-A., et al. (2022). Evaluation of the Risk Induced by Soil Erosion on Land Use. Case Study: Guruslău Depression. *Sustainability*, 14, article ID 652. <https://doi.org/10.3390/su14020652>
- [4] Hidayatulloh, A. M., & Agusta, R. P. (2022). Soil erosion estimation using RUSLE method. *Indonesia post-pandemic outlook: Environment and technology role for Indonesia development*, 69–80. Jakarta: BRIN Publishing. <https://doi.org/10.55981/brin.538.c507>
- [5] Hugo, V., Zuazo, D., Rocío, C., & Pleguezuelo, R. (2008). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28 (1), 65–86. <https://doi.org/10.1051/agro:2007062>
- [6] Marcinkowski, P., & Bagdasaryan, V. (2024). Monthly and annual rainfall erosivity in Poland: An empirical model including winter snowfall effect. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 56. 102076. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.102076>
- [7] Onderka, M., & Pecho, J. (2019). Update of the erosive rain factor in Slovakia using data from the period 1961–2009. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 49 (3), 355–371. <https://doi.org/10.2478/congeo-2019-0018>
- [8] Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli P., et al. (2015). Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*, article ID 511, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008>
- [9] Patriche, C. V., Rosca, B., Pîrnau, R. G., et al. (2023). Simulation of Rainfall Erosivity Dynamics in Romania under Climate Change Scenarios. *Sustainability*, 15, article ID 1469. <https://doi.org/10.3390/su15021469>
- [10] Skrobala, V. M., Popovych, V. V., Bosak, P. V., & Shuplat, T. I. (2022). Prediction of changes in the vegetation cover of Ukraine due to climate warming. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4. 96–105. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-4/096>
- [11] Shikangalah, R., Paton, E., Jetisch, F., & Blaum, N. (2017). Quantification of areal extent of soil erosion in dryland urban areas: an example from Windhoek, Namibia. *Cities and the Environment (CATE)*, 10 (1), article ID 8. Взято з <https://digitalcommons.lmu.edu/cate/vol10/iss1/8>

[12] Uber, M., Haller, M., Brendel, Ch., Hillebrand, G., & Hoffmann, T. (2024). Past, present and future rainfall erosivity in central Europe based on convection-permitting climate simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 28, 87–102. <https://doi.org/10.5194/hess-28-87-2024>

[13] Wall, G. J., Coote, D. R., Pringle, E. A., & Shelton, I. J. (Eds). (2002). RUSLEFAC – Revised Universal Soil Loss Equation for Application in Canada: A Handbook for Estimating Soil Loss from Water Erosion in Canada. Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada. Ottawa. Contribution No. AAFC/AAC2244E, 117 p. Взято з <https://t1p.de/2eux4>

Skrobala V. M., Dulyba O. S.

Rainfall Erosivity in the conditions of Lviv city

УДК 502.5:630*43(477.7)

РОЗРОБКА СТРАТЕГІЇ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ ПОЖЕЖ У РЕГІОНАЛЬНОМУ ЛАНДШАФТНОМУ ПАРКУ «ПРИНГУЛЬСЬКИЙ»

Шепель О. В.

Регіональний ландшафтний парк «Приінгульський»

Україна, Миколаїв

pryingul@gmail.com

Пожежі є одним із факторів негативного впливу на природні екосистеми. В умовах зміни клімату, тривалих бездошових періодів, суховіїв необхідно вживати заходи щодо попередження виникнення пожеж. В Україні минулого року кількість пожеж збільшилася на 56,7 %, порівняно з 2023 роком, що відбулося, насамперед, за рахунок збільшення кількості пожеж на відкритих територіях (+97,4 %) та у природних екосистемах (зростання у 2,1 рази), питома вага яких разом становить 65,8 % від їх загальної кількості [1].

У природних екосистемах пожежі спричиняють пошкодження або знищення рослинного покриву, загибель тварин, забруднення повітря, води та ґрунтів. Пожежі на територіях природно-заповідного фонду завдають ще більшої шкоди, враховуючи їх особливе природоохоронне значення. Своєчасне виявлення пожежі на ранніх стадіях і моніторинг її поширення є надзвичайно важливими для зменшення її наслідків [2].

Обов'язки здійснення заходів щодо запобігання виникненню, поширенню пожеж, інших надзвичайних ситуацій та їх ліквідації на територіях природно-заповідного фонду (ПЗФ), де створені їхні спеціальні адміністрації, покладаються на служби державної охорони природно-заповідного фонду України [3].

У Регіональному ландшафтному парку (РЛП) «Приінгульський» для попередження та своєчасного реагування у випадку виникнення пожеж наразі розробляється стратегія та відповідний план заходів. В їх основі принцип – краще запобігти пожежі, ніж її гасити.

Стратегічними напрямками протипожежної діяльності є превентивні заходи та управління ризиками.

Сторонами, які мають забезпечувати дотримання правил пожежної безпеки, є власники та постійні користувачі земель. Основними землекористувачами на території Регіонального ландшафтного парку (РЛП) «Приінгульський» є безпосередньо адміністрація РЛП – у постійному 31 земельна ділянка загальною площею 1065,9090 га), Регіональний офіс водних ресурсів у Миколаївській області (830,4 га), ДП «Ліси України» (568,3), Софіївська сільська територіальна громада, Новобузька міська територіальна громада (комунальна власність), а також земельні ділянки у межах населених пунктів або осіб, право власності яких, доводиться у судовому порядку.

І. Превентивні заходи:

Завдання 1. Визначення найбільш пожежонебезпечних ділянок.

Розроблено ескізу картосхему території РЛП «Приінгульський» із позначенням потенційно пожежонебезпечних ділянок, визначено маршрути патрулювання та місця зберігання наявного пожежного інвентарю. Це дозволить ефективніше планувати і координувати роботу під час виникнення пожеж.

Завдання 2. Створення та поновлення протипожежних бар'єрів в лісових насадженнях, інших ділянках, які визначені як пожежонебезпечні. Протипожежні бар'єри (мінералізовані смуги, протипожежні розриви, протипожежні заслони, пожежостійкі узлісся, водотоки, автомобільні дороги тощо) розглядаються як перша лінія захисту. Вони перешкоджають поширенню вогню та забезпечують можливість його локалізації.

Співробітники РЛП, після отримання трактору з причепним обладнанням, самостійно підтримують стан частини наявних мінералізованих смуг та протипожежних розривів. На землях, віднесених до державного лісового фонду у складі РЛП, за стан протипожежних розривів відповідає постійний лісокористувач – ДП «Ліси України» (Філія «Південний лісовий офіс», Баштанське надлісництво, Новобузьке лісництво).

Завдання 3. Інформування про настання пожежонебезпечного періоду, контроль доступу до пожежонебезпечних ділянок.

На дорогах, що ведуть у лісові масиви з високим рівнем пожежної небезпеки, необхідно встановлювати попереджувальні знаки, із зазначенням правил перебування у лісі, а під час пожежонебезпечного періоду – заборонні знаки. В'їзд транспортних засобів дозволяється лише постійним лісокористувачам та в цілях, направлених на захист країни.

Завдання 4. Профілактика людського фактору.

Основна причина більшості пожеж – необережність з вогнем під час відпочинку. Тому важливо створити мережу облаштованих місць відпочинку на певних ділянках РЛП, з урахуванням їх природоохоронної цінності, транспортної, велосипедної, пішої доступності, та заборонити розведення вогнищ в інших, спеціально не відведених для цього місцях.

Необхідно контролювати дотримання заборони щодо випалювання сухої рослинності, пожнивних решток на землях, що межують із територією РЛП «Приінгульський».

Завдання 5. Просвітня робота серед населення.

Працівники РЛП проводять тематичні лекції для співробітників служби держохорони, представників громад та фермерів з питань щодо дотримання правил пожежної безпеки. Ведеться інформаційно-просвітницька робота серед відвідувачів та мешканців населених пунктів, прилеглих до території РЛП, пасічників – розповсюджуються пам'ятки, листівки, проводяться бесіди про правила безпечного поводження з вогнем, дій під час виникнення лісової та степової пожежі. Доцільно запрошувати фахівців для проведення навчань щодо надання першої допомоги при опіках, отруєні чадним газом.

Завдання 6. Контроль і моніторинг.

Співробітники РЛП «Приінгульський» регулярно здійснюють рейди по території, іноді спільно з працівниками державної служби з надзвичайних ситуацій. Для моніторингу пожежонебезпечних ділянок періодично використовуємо дрон.

За власними спостереженнями основними причинами виникнення пожеж на заповідній території є необережне поводження з вогнем, підпали, недопалки, іскри з вихлопних труб автотранспорту, перекидання вогню з прилеглих сільськогосподарських угідь, коли спалюють пожнивні рештки. У разі виникнення пожежі, має бути налагоджена система її ліквідації.

II. Управління ризиками.

Завдання 1. Налагодження системи оповіщення та реагування.

Для швидкого реагування у випадку виникнення пожежі важлива координація дій. Для цього варто узгодити порядок оповіщення і скликання

працівників РЛП та уповноважених представників місцевих громад, постійних користувачів земель, навіть у нічний час та вихідні дні. Необхідно визначити контактних осіб та телефони для оперативного зв'язку. Це завдання в роботі.

Завдання 2. Технічна готовність та спроможність.

Для гасіння пожеж варто мати власне пожежне обладнання та взаємодіяти з рятувальниками. У РЛП «Приінгульський» доцільно створити резерви паливно-мастильних матеріалів та пожежного інвентарю: ранцевих вогнегасників, хлопавок, транспорту з ємностями для підвозу води. Це дасть змогу діяти оперативно для локалізації пожежі.

РЛП у березні 2025 року отримав пожежний модуль датської компанії FIREXPRESS та пінний концентрат, яке закупило Управління ООН з обслуговування проєктів (UNOPS Ukraine) коштом Embassy of Denmark in Ukraine за підтримки Миколаївської обласної державної адміністрації. Враховуючи габаритні розміри цього модуля необхідним є придбання автотранспорту для його підвозу до місць загоряння. Наявний у РЛП автомобіль не відповідає цим завданням.

Адміністрація РЛП «Приінгульський» щороку укладає плани спільних заходів на пожежонебезпечний період з Новобузьким лісництвом філії «Південний лісовий офіс», Новобузьким районним сектором Головного управління Державної служби надзвичайних ситуацій України у Миколаївській області, Новобузькою та Софіївською територіальними громадами. У планах вказано терміни, перелік заходів, які необхідно вжити для підготовки до пожежонебезпечного періоду. Узгоджується формат взаємодії засобами мобільного зв'язку, відпрацьовується порядок направлення та прибуття людей, техніки на місце пожежі.

Завдання 3. Визначення причин загоряння та підрахунок завданої шкоди, притягнення винних до відповідальності

У разі виникнення пожежі та після її ліквідації наказом по установі створюється комісія, яка виїжджає на місцевість для проведення обстежень. Члени комісії складають акт про пожежу, де вказують орієнтовний час початку та ліквідації пожежі, хто виявив, які сили та засоби залучались для її гасіння, площа, які типи природних комплексів пошкоджено/знищено вогнем. До акту додаються польові перелікові відомості видів рослин і тварин, які пошкоджені або знищені пожежею. Інформація про види, занесені до Червоної книги України, оформлюється окремою польовою відомістю. Ці матеріали із супровідним листом передаються до Державної екологічної інспекції Південно-Західного округу для розрахунку завданої шкоди. Після цього матеріали направляються до поліції для встановлення особи, з вини якої сталася пожежа.

Доцільно вивчити питання про порядок та умови страхування відповідальності за шкоду, заподіяну пожежами та аваріями території та об'єктам природно-заповідного фонду [4].

Запобігання пожежам у природних екосистемах – це комплексна робота, що потребує взаємодії між адміністрацією РЛП, рятувальниками, землекористувачами, місцевими громадами, відвідувачами.

Профілактика пожеж завжди ефективніша за ліквідацію її наслідків. Створення рекреаційної інфраструктури, із дозволеними місцями розведення вогню, сприятиме зменшенню випадків влаштування стихійних місць відпочинку, відповідно ризики виникнення пожеж зменшаться. Важливо забезпечити контроль за дотриманням заборони відвідування окремих ділянок у пожежонебезпечний період.

Освіта та поінформованість населення, в певній мірі, сприяють дотриманню відвідувачами правил пожежної безпеки.

Реалізація запропонованої стратегії дозволить не лише мінімізувати ризики виникнення пожеж на території Регіонального ландшафтного парку «Приінгульський», а й зберегти його типові та унікальні екосистеми від пошкодження.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 11 місяців 2024 року. Взято з <https://dsns.gov.ua> (дата звернення: 06.10.2025).

[2] Фаїк Н., Штангрет Н. Моніторинг лісових пожеж за допомогою безпілотних літальних апаратів. *Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення* : збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 груд. 2024. Львів : ЛДУБЖД, 2024. С. 89–91.

[3] Про службу державної охорони природно-заповідного фонду України : Постанова Кабінету Міністрів України від 14.07.2020, № 1127.

[4] Про затвердження Порядку та умов страхування відповідальності за шкоду, заподіяну пожежами та аваріями території та об'єктам природно-заповідного фонду : Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 01.04.2024, № 331.

Shepel O.

***Development of a Strategy for Preventing Wildfires
in the Pryingulskyi Regional Landscape Park***

УДК504.12(477.73-751.2)

***COLCHICUM ANCYRENSE* V. L. BURTT
НА ТЕРИТОРІЇ РЛП «ТИЛІГУЛЬСЬКИЙ»
(МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ, УКРАЇНА)**

Мельник Р. П., к.б.н., доцент¹, Мельничук С. С., к.б.н., доцент,
Дьяченко О. В.³

^{1,3}Регіональний ландшафтний парк «Тилігульський»,

²Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

Степові фітоценози, які зустрічаються на територіях об'єктів природно-заповідного фонду Миколаївської області, мають вкрай малу площу. Наприклад, на території РЛП «Тилігульський» степові фітоценози, в основному, займають схили балок. На таких фрагментарно розкиданих та невеликих ділянках важко реалізувати вимоги репрезентативності популяцій видів, що охороняються. Тому одним із пріоритетних завдань із збереження раритетного степового фіторізноманіття є проведення моніторингових досліджень даних видів. На пріоритетність такого завдання наголошується у Конвенції про охорону біологічного різноманіття (Convention., 1992) та Глобальній стратегії збереження рослин (Global..., 2012)

Одним із видів раритетного фіторізноманіття, який охороняється на державному рівні є *Colchicum ancyrense* V. L. Burtт (рис. 1). Під час експедиційних виїздів (2022–2025 рр.) ми досліджували популяцію даного виду в межах Регіонального ландшафтного парку «Тилігульський».

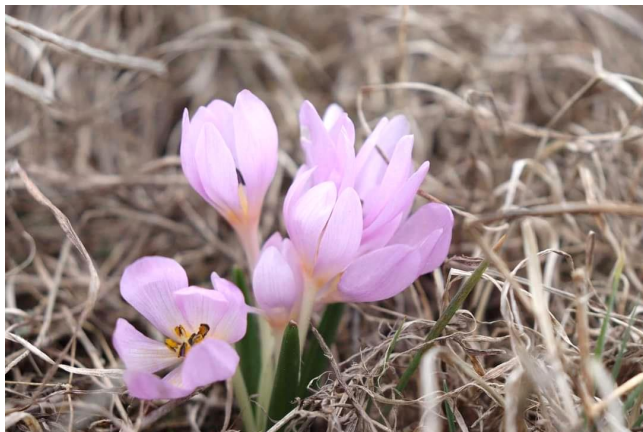


Рис. 1. *Colchicum ancyrense*. Фото Мельничук С. С.

Регіональний ландшафтний парк «Тилігульський» знаходиться на південному заході Миколаївської області і займає східне узбережжя Тилігульського лиману, його акваторію та морське узбережжя пересипу в межах Миколаївщини. На суходолі територія Парку охоплює коси, берегові схили, ділянки прибережної захисної смуги. На півночі, поблизу с.Ташине, територія РЛП «Тилігульський» розширюється, охоплюючи балки Глибоку, Бартасову, Ближню Злодійку та Дальню Злодійку (Тилігульський..., 2025). Згідно закону «Про природно-заповідний фонд України» за рішенням IV сесії 22 скликання народних депутатів Миколаївської обласної ради у 1995 році (від 28.04.1995 року № 8) було створено регіональний ландшафтний парк «Тилігульський». На сьогоднішній день загальна площа парку становить понад 8 тисяч гектарів (8195,4 га), з яких близько 4755,3 га займає акваторія лиману (Тилігульський..., 2025).

За геоботанічним районуванням територія Регіонального ландшафтного парку «Тилігульський» входить до складу Одеського округу злакових та полино-злакових степів, засолених луків, солончаків та рослинності карбонатних відслонень (Didukh&Shelyag-Sosonko, 2003). На території Парку добре збереглась природна рослинність, яка представлена водними, степовими, лучними, болотними та чагарниковими угрупованнями (Тилігульський..., 2025).

Colchicum ancyrense – вид родини *Colchicaceae*. Вид має диз'юнктивний ареал. В Україні проходять північні межі поширення *C. ancyrense*. Вид описаний з околиць м. Анкара, Турція (за протологом “AsiaMinor, AnkaraChanskaya, 900 m, sandyopenslopeswetfrommeltingsnow”) (Мойсієнко та ін., 2009). *C. ancyrense* – зимово-ранньовесняний ефемероїд, заввишки 5–15 см. Сизувато-зелені листки, яких зазвичай 3, мають лінійну або лінійно-ланцетну форму. Бура бульбоцибулина має яйцеподібну форму. Оцвітина рожево-лілова, квітки (1–5) з'являються одночасно з листками у січні–березні (Дідух, 2009).

Вид занесений до Червоної книги України і має природоохоронний статус: вразливий. В Україні *C. ancyrense* поширений у Гірському і Степовому Криму та на півдні північнозахідного Причорномор'я (Запорізька, Миколаївська, Одеська, Херсонська області). За межами України трапляється в південно-східній частині центральної Європи, на Балканах та у західних районах Малої Азії (Дідух, 2009; Крицька, 1996). Вид зростає переважно у степах та на кам'янистих схилах в угрупованнях класу Festuco-BrometeaBr.-Bl. et R. Tx. 1943.

В ході польових досліджень рослинного покриву РЛП «Тилігульський» ми виявили три місцезростання *C. ancyrense*.

Місцезнаходження 1. (46.640981°N 31.218290°E). Вид зростає на схилі балки між с. Коблеве та базами відпочинку чорноморського узбережжя. Знайдено 2 особини в постгенеративному стані (рис. 2). Місце зростання було виявлено під час експедиційного виїзду в 2022 році. В наступних роках ми не знайшли даного виду в цьому місцезростанні. На нашу думку: схил балки знаходиться неподалік автодороги біля села, тому має сильне антропогенне навантаження.

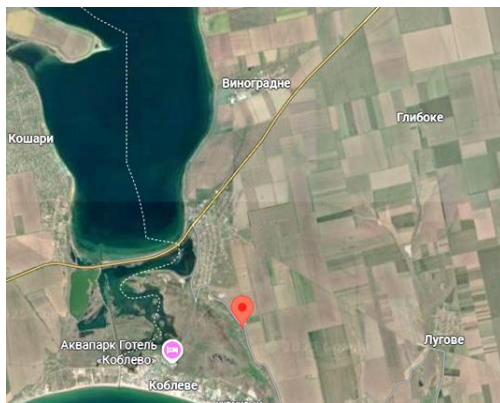


Рис. 2. Місцезнаходження 1 *Colchicum ancycense*

Місцезнаходження 2. (46.854910°N 31.128760°E). Це місцезнаходження – маленька балка, яка впадає в Тилігульський лиман і знаходиться між Атаманською косою і Кифельовою балкою (рис. 3). *C. ancycense* зростає по всі балці. В різні роки досліджень ми нараховували в середньому біля ми нарахували біля 100 особин.

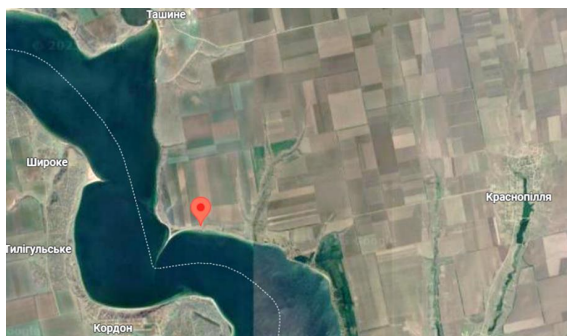


Рис. 3. Місцезнаходження 2 *Colchicum ancycense*

Місцезнаходження 3. (46.874794°N 31.114890°E). *C. ancycrense* зростає на схилах Тилігульського лиману між с. Ташино та Атаманською стрілкою (рис. 4). За роки досліджень ми виявили різну кількість особин, які були в генеративному стані (2022 р. – 15 особин; 2023 р. – 13 особин; 2024 р. – 27 особин; 2025 р. – 12 особин).



Рис. 4. Місцезнаходження 3 *Colchicum ancycrense*

Досліджено 3 місцезнаходження рідкісного виду флори РЛП «Тилігульський» *C. ancycrense*. На нашу думку, *C. ancycrense* більш поширений на території РЛП «Тилігульський», але через незвичні строки цвітіння виду (кінець січня – початок лютого) нами знайдено так мало місцезростань. На сьогодні ми продовжуємо досліджувати даний вид, зокрема, стан популяції та його ценотичну приуроченість.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Дідух Я. П. (2009). Червона книга України. Рослинний світ. Київ: Глобалконсалтинг. 900.
- [2] Крицька Л. І. (1996). Пізньоцвітанкарський / Червона книга України. Рослинний світ. С. 279.
- [3] Мойсієнко І. І., Коломійчук В. П., Бойко М. Ф., Ходосовцев О. С., Вондрак Я., Наумович Г. О., Ходосовцева Ю. А. (2009). Перше повідомлення про зростання *Colchicum ancycrense* В. Л. Бурт на Херсонщині (Україна). *Чорноморськ. бот. журн.*, 5, (4). 612–616.
- [4] Тилігульський регіональний ландшафтний парк (Миколаївська область). (2025). Взято з <https://tiligul.com/uk/>
- [5] Convention on Biological Diversity. (1992). Retrieved from <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>

[6] Didukh Ya. P., Shelyag-Sosonko Yu. R. (2003). Geobotanical zoning of Ukraine and adjusting territories. *Ukrainian Botanical Journal*, 60 (1), 6–17.

[7] GlobalStrategyforPlantConservation. (2012). A guidetothe GSPC: allthe targets, objectivesandfacts. Completedby S. Sharrock. Richmond: BGCI. 36.

Melnyk R., Melnychuk S., Dyachenko O.

Colchicum ancycense B. L. Burt on the territory of the Regional landscape park "Tyligulsky" (Mykolaiv region, Ukraine)

УДК 502.5:504.4(477.73)«2022/2025»

ОЦІНКА УШКОДЖЕНЬ ЕКОСИСТЕМ ТА ОСЕЛИЩ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ВНАСЛІДОК ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ

Артамонов В. А., Корой Н. А., Легкий С. В.

Національний природний парк «Бузький Гард»

Україна, Миколаївська обл., Первомайський р-н., с. Мигія

ppbpg@ukr.net

В рамках проєкту «Разом за екологічну демократію, справедливість та верховенство права в Україні» (TEDJusticeROL), що реалізується за фінансової підтримки Міжнародної благодійної організації «Екологія-Право-Людина» та Уряду США виконані роботи за темою «Оцінка ушкоджень екосистем та оселищ Миколаївської області внаслідок впливу воєнних дій». Проєкт спрямований на оцінку стану природних оселищ (біотопів) щодо впливу воєнних дій на природні комплекси та об'єкти, розроблення рекомендацій щодо поводження з природними територіями в повоєнний період та охопить, зокрема території НПП «Бузький Гард» та РЛП «Висунсько-Інгuleцький».

На території Миколаївської області налічується 158 об'єкти природно-заповідного фонду загальною площею 78,53 тис. га та 16 об'єктів Смарагдової мережі загальною площею близько 273 тис. га. Серед них один природний заповідник та один біосферний заповідник, два національні природні парки, 5 регіональних ландшафтних парків, 13 заповідних урочищ, 65 заказників та 44 пам'ятки природи. Всі ці території є домівкою для численних видів рослин і тварин, в тому числі тих, що занесені до Червоної книги України, світового та європейського Червоних списків, охоронних

списків Конвенції про охорону дикої фауни і флори і природних середовищ існування в Європі (1979, Берн, Швейцарія), а багато із видів ендемічні для нашого регіону.

В межах Миколаївської області також знаходяться значні частини водно-болотних угідь міжнародного значення в Україні, які знаходяться під охороною Конвенції про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовища існування водоплавних птахів (1971, Рамсар, Іран) – Тилігульський лиман (26 000 га) та Ягорлицька затока (34 000 га).

Під час повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України в зоні бойових дій опинилось майже 300 тис. га Миколаївської області в трьох районах та 20 громадах. В цій зоні нараховується 79 об'єктів природно-заповідного фонду загальною площею понад 56 594 га. В той же час під окупацією та безпосередньо на лінії зіткнення знаходились 16 об'єктів, загальною площею 43 933,7 га, серед яких Чорноморський біосферний заповідник, національний природний парк «Білобережжя Святослава», регіональні ландшафтні парки «Кінбурнська коса» та «Висунсько-Інгuleцький», 7 заказників та 4 пам'ятки природи.

Досі з 24 лютого 2022 року під окупацією знаходяться Чорноморський біосферний заповідник, національний природний парк «Білобережжя Святослава», регіональні ландшафтні парки «Кінбурнська коса», а прибережні територіальні громади піддаються регулярним обстрілам та бомбуванням безпілотними літальними апаратами. Тому важко визначити реальні пошкодження.

Водночас, території Миколаївщини, які були під окупацією та лінії бойового зіткнення станом на 11 листопада 2022 року та звільнені від загарбників на момент виконання проєкту доступні для обстеження. Основні труднощі виникали з обмеженістю доступу на території, які побували на лінії бойового зіткнення, внаслідок незавершеного розмінування територій. Адже пріоритети надаються розмінуванню сільськогосподарських угідь, дорожній мережі, населеним пунктам та господарським об'єктам. Тому підрозділами розмінування території з природними екосистемами обстежуються в останню чергу. На частину територій обмежено доступ у зв'язку із розміщенням підрозділів ЗСУ.

Серед них вибрані природоохоронні території, в яких знаходиться найбільша кількість видів оселищ і, які найбільш досліджені до повномасштабного вторгнення рф до України. Тому під час оціночних робіт на території Миколаївської області визначені еталонні та пошкоджені території.

Найбільшим об'єктом ПЗФ в межах Миколаївської області, який був на лінії бойового зіткнення і залишився на звільненій частині Миколаївщини, це РЛП «Висунсько-Інгuleцький». Парк знаходиться в степовій зоні. Його територія була під окупацією, на його території декілька місяців з 6 березня по 11 листопада 2022 року розгорнулись бої по лінії зіткнення з силами оборони України та військами рф. Нами обраний, як об'єкт оцінки пошкоджень.

Найбільш дослідженим щодо оселищ (біотопів) в степовій частині Миколаївщини є НПП «Бузький Гард». Його території не отримали пошкоджень внаслідок бойових дій, на його території не велись бойові дії, відсутні військові об'єкти, його території не були окуповані. Тому нами обраний НПП «Бузький Гард», як еталонний.

Під час роботи над проєктом опрацьовані матеріали лісовпорядкування філії «Південний лісовий офіс» СДГП «Ліси України», управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної військової адміністрації, проєктів створення, організації території, землеустрою НПП «Бузький Гард» та РЛП «Висунсько-Інгuleцький».

Підготовлені картосхеми переміщення військ рф Миколаївською областю, визначено об'єкти Смарагдової мережі, об'єкти ПЗФ, які зазнали впливу від агресії рф. Попередньо визначені площі територій Миколаївської області, які перебували в зоні бойових дій, окупації. Попередньо визначені площі природних об'єктів, які перебували в зоні бойових дій, під окупацією.

Виконаний аналіз картосхем, на яких виявлені певні особливості розміщення регіону дослідження та окремих його складових структур, зокрема на основі відкритих для вільного доступу карт в програмах QGIS, OpenStreetMap та супутникових знімків в програмі GoogleEarthPro 7, а також дані супутникової місії Sentinel-2 і використані ресурси програми CopernicusProgramme дослідження навколишнього середовища та безпеки (GMES).

Під час аналізу стану оселищ за Національним каталогом біотопів України, в якому визначені дев'ять груп біотопів – морські, прибережні, водні, болотяні, трав'яні, чагарникові, деревні, кам'янисті, синантропні, – які включають 214 видів біотопів на найнижчих ступенях ієрархії.

В Степовій зоні знаходяться 133 видів біотопів, частково з них приурочені виключно до Криму і не зустрічаються в Миколаївській області. Також значна частина оселищ відноситься до морських та прибережних біотопів. Так як морська акваторія та прибережні екосистеми в межах Миколаївської області знаходяться безпосередньо в зоні активних бойових

дій, а також значна площа окупована з березня 2022 року, визначення пошкоджень зазначених екосистем виявляється ускладненим.

В межах досліджуваних територій виявлено 56 видів біотопів, а саме:

B1.1.2 Мезотрофні та евтрофні водойми з макрофітною рослинністю

B1.3 Ділянки постійних непроточних водойм без вищої водної рослинності

B2.1.1 Алювіальні ділянки та днища пересохлих водойм з однорічною земноводною рослинністю

B2.2.2 Тимчасові солонуваті водойми у депресіях степової зони (поди)

B3.2.1 Мезотрофні та евтрофні водотоки зі швидкою течією

B3.2.2 Мезотрофні та евтрофні водотоки з повільною течією

B3.3 Ділянки водотоків без вищої водної рослинності

B4.1.1 Прибережні та підтоплені ділянки з угрупованнями високих гелофітів

B4.1.2 Прибережні злаково-різнотравні зарості вздовж водотоків

B4.1.4 Прибережні угруповання невисоких гелофітів на мулистих субстратах

B4.1.5 Угруповання нітрофільної однорічної рослинності на мулистих берегах річок та обмілинах

B4.1.6 Високотравні крайкові нітрофільні біотопи низинних річок

B4.3 Прибережні біотопи солоних та солонуватих водойм та водотоків

B1.2.1 Жорстководні джерела та струмки на туфах і травертинах

B2.2.1 Болотні та підтоплені ділянки з угрупованнями високих гелофітів

B2.2.2 Болотні та підтоплені ділянки з угрупованнями високих кореневищних осок

T1.2.1 Петрофітні степи на силікатних субстратах

T1.2.2 Петрофітні степи на карбонатних субстратах рівнинних регіонів

T1.3.1 Лучні степи на рендізнах

T1.3.2 Лучні степи на чорноземах

T1.4 Справжні різнотравно-типчаково-ковилові та типчаково-ковилові степи

T1.5 Пустельні степи

T2.2.1 Рівнинні та низькогірні пасовища

T2.3.1 Рівнинні та низькогірні сінокісні луки

T3.1.1 Вологі евтрофні і мезотрофні сінокісні луки

T3.2 Вологі луки пасовищного використання

T6.2 Мезофітнігалофітні трав'яні біотопи

X18 Woodedsteppe

Ч4.1 Мезофільні і ксеромезофільні чагарники

Ч4.2 Степові чагарники

Ч4.3 Нітрофільніостепнені біотопи високих чагарників

Ч7.1 Вербові чагарникові зарості піщаних і суглинкових берегів

Ч7.3 Заболочені чагарники

Ч7.4 Зарості аморфи кущової

Д1.2.3 Східноєвропейські мезофільнієвтрофні широколистяні ліси
лісостепової і степової зон

Д1.3.2 Липові ліси на кам'янистих ґрунтах

Д1.4.2 Континентальні світлі дубові ліси

Д1.6.1 Заплавні вербові і тополеві ліси

Д1.6.2 Вологі та періодично вологі ліси з домінуванням дуба
звичайного або видів в'яза

Д1.8 Антропогенні широколистяні ліси

Д2.6 Антропогенні хвойні ліси

К1.3 Силікатні скелі та осипища Українського кристалічного щита

К2.1.3 Вапнякові скелі рівнинних регіонів

К5.1 Хазмофітні та мохові угруповання затінених силікатних скель

С1.1.2 Біотопи рудеральних малорічників на бідних ґрунтах

С1.1.3 Біотопи нітрофільних рудеральних малорічників

С1.2.1 Рудеральні біотопи багаторічних трав на бідних ґрунтах

С1.2.2 Рудеральні біотопи багаторічних трав нітрофільного типу

С1.2.3 Біотопи багаторічних трав термофільного типу

С1.2.4 Витоптувані місця

С2 Культивовані біотопи (поля)

С2.1.1 Угіддя культур суцільного посіву

С2.2.3 Квітники (клумби, плантації квітів, садові центри)

С3.2 Ділянки зі штучним твердим покриттям

С3.3 Комплекси біотопів забудованих територій

С3.5 Антропогенні відслонення та відвали без рослинності

С4 Виразно неприродні водойми (затоплені кар'єри, техногенні
водойми).

13 видів відносяться до синантропних біотопів і не мають важливого
природоохоронного значення. Найцінніші території відносяться до
степових, лучних, лісових та водно-болотних оселищ.

12 видів трав'яних оселищ, з них спільних для досліджуваних
територій 3: Т1.4 Справжні різнотравно-типчакково-ковилкові та типчакково-

ковилові степи, Т2.2.1 Рівнинні та низькогірні пасовища та Т2.3.1 Рівнинні та низькогірні сінокісні луки.

6 видів чагарникових оселищ, з них спільних для досліджуваних територій 2: Ч4.1 Мезофільні і ксеромезофільні чагарники, Ч4.2 Степові чагарники.

16 видів водно-болотних біотопів, з яких спільні для досліджуваних територій 4: В1.1.2 Мезотрофні та евтрофні водойми з макрофітною рослинністю, В1.3 Ділянки постійних непроточних водойм без вищої водної рослинності, В3.2.2 Мезотрофні та евтрофні водотоки з повільною течією, В4.1.1 Прибережні та підтоплені ділянки з угрупованнями високих гелофітів.

7 лісових біотопів, з них спільні для досліджуваних територій 4: Д1.6.1 Заплавні вербові і тополеві ліси, Д1.8 Антропогенні широколистяні ліси, Д2.6 Антропогенні хвойні ліси.

3 кам'янистих оселищ, з них спільні для досліджуваних територій 1: К2.1.3 Вапнякові скелі рівнинних регіонів.

Таким чином, можна визначити основні біотопи, які можна порівняти з еталонними.

Відповідно до вимог Бернської конвенції, Резолюцією 4 визначений список оселищ, які підлягають охороні, зокрема згідно взятими зобов'язаннями урядом України. На території досліджуваних територій знаходяться оселища (біотопи), занесені до списку Резолюції 4, які відповідають класифікації Національного каталогу біотопів України.

На першому етапі виконання проєкту підготовлені картографічні матеріали біотопів для оцінки стану та управління ризиками природних екосистем. Обстежені еталонні та пошкоджені території, зокрема 6138 га НПП «Бузький Гард» та 2712 га РЛП «Висунсько-Інгулецький». Визначені типи, види та кількість оселищ (біотопів), які були досліджені і внесені на картографічні носії.

Визначені основні види пошкоджень оселищ (біотопів). Зокрема вплив бойових бій на оселища виражається у таких факторах:

1. Пряме знищення, пошкодження, руйнування об'єктів живої та неживої природи від надлишкового тиску ударної хвилі у повітряному, водному середовищі або ґрунті.

2. Пряме знищення, руйнування об'єктів живої та неживої природи від високої температури при вибухах боєприпасів, пусках ракет, пожежах різного характеру.

3. Пряме знищення вибухами оселищ, природних територій, утворення виврв, переміщення поверхневого шару ґрунту, випорожнення штучних водойм з-за руйнування гребель.

4. Пряме знищення, пошкодження, руйнування об'єктів живої природи – тварин, рослин, – від ураження уламками або вражаючими компонентами боєприпасів чи уламками зруйнованих техніки та споруд.

5. Пряме руйнування природних територій, оселищ під час створення польових фортифікаційних споруд: ліній укріплень, опорних пунктів, окопів, бліндажів, складів тощо.

6. Пряме руйнування від порушення ґрунтового покриву, рослинного покриву переміщенням важкої техніки, особливо гусеничної.

7. Хімічне забруднення ґрунтів:

- розливами паливно-мастильних матеріалів;
- продуктами хімічних реакцій та залишками вибухових речовин розірваних боєприпасів;
- продуктами згоряння від спаленої техніки;
- відходами та уламками від відстріляних боєприпасів;
- побутовими відходами в місцях розміщення військових формувань;
- будівельними відходами від зруйнованих будівель, для розміщення значного обсягу яких потрібні додаткові площі.

Висновки. Повністю відновити втрачені природні екосистеми внаслідок загарбницької війни РФ неможливо, однак часткове їхнє відновлення потребує залучення відповідних коштів. Доцільно розробити план відновлення пошкоджених територій із застосуванням світових моделей відновлення природних екосистем, пропозиціями змін до чинного законодавства, а також підвищення обізнаності серед місцевого населення щодо необхідності збереження та охорони об'єктів ПЗФ.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Дідух Я. П. та ін. Біотопи степової зони України. Kyiv-Chernivtsi, 2020. 392 с.

[2] Національний каталог біотопів України. За ред. А. А. Куземко, Я. П. Дідуха, В. А. Онищенко, Я. Шеффера. Київ : ФОП Клименко Ю. Я., 2018. 442 с.

[3] Оселишна концепція збереження біорізноманіття: базові документи Європейського Союзу. Ред. О. О. Кагало, Б. Г. Проц. Львів: ЗУКЦ, 2012. 278 с.

[4] The convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (1979): Appendix I – Strictly protected flora species. Режим доступу: <https://rm.coe.int/CoERMPublicCommonSearchServices/DisplayDCTMContent?documentId=0900001680304354>.

[5] The Emerald net inUkraine. Режим доступу: <http://emerald.net.ua>

[6] Emerald Network – General Viewer (2024). Retrieved from <https://emerald.eea.europa.eu/>

Artamonov V., Koroï N., Lehkyi S.
***Assessment of Ecosystem and Habitat Damage in Mykolaiv Region Caused
by Military Operations***

ЕКОЛОГІЧНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 551.524:504.3

ДИНАМІКА КОМФОРТНОСТІ КЛІМАТУ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

Федонюк В. В., к.геогр.н., доцент¹, Павлюк М. М., слухачка ВО МАН²

¹Луцький національний технічний університет

¹Україна, Луцьк

²Волинське територіальне відділення Малої академії наук України

²Україна, Луцьк

ecolutsk@gmail.com; ORCID ID 0000-0002-1880-6710;

margaritapavluk88@gmail.com

Сприятливість, або комфортність, погодно-кліматичних умов має великий вплив на якість життя людини. Вона характеризується за допомогою біокліматичних індексів, одним з яких є біокліматичний індекс патогенності погодних умов В. Г. Бокші [1]. У світі зростає кількість метеочутливих людей, питання оцінки сприятливості погодних умов є дуже актуальним, що й визначило вибір теми роботи. Метою дослідження був аналіз сприятливості погодно-кліматичних умов у регіонах України за допомогою біокліматичного індексу патогенності В. Г. Бокші, методика розрахунку якого була проаналізована у роботі Павлюк М. М., Стащук А. П., Федонюк В. В. [1] та у роботі Павлюк М. М., Федонюк В. В. [2]. Теоретичні основи вивчення комфортності погодно-кліматичних умов, на які спиралися автори, були досліджені в роботах Федонюк В. В., Жадько О. А., Іванців В. В., Федонюка М. А. [3, 4, 5]. У процесі роботи авторами систематизовано та статистично оброблено значний обсяг метеорологічної інформації у 26 містах України (обласні центри та місто Севастополь) за період 2018–2023 років; розраховано добові, середньомісячні, середньорічні та середні значення загального індексу патогенності за вказаний період. Набір таблиць та графіків було побудовано в Excel, а набір картограм та картограм – у Surfer.

В результаті проведеного аналізу часової та просторової динаміки біокліматичного індексу Ісумар В. Г. Бокші в межах України протягом 2018–2023 рр., виявлено, що комфортність клімату в 26 містах України протягом року, за результатами аналізу показників біокліматичного індексу

Ісумар В. Г. Бокші, змінюється від оптимальної в теплий період року (квітень-вересень) до подразнюючої взимку (грудень-лютий), гострих значень набуває в окремі дні, число яких коливається від 5–9 (Ужгород, Київ) до 30–31 (Рівне, Суми). Середні місячні значення індексу патогенності протягом року коливаються в межах від 5 до 10 (травень – серпень) до 25–32 (січень – лютий).

Найвищі, подразнюючі показники визначені для 3-місячного зимового періоду року (грудень-лютий, індекс може набувати значень понад 25–30), а найнижчі, оптимальні – визначені для тривалішого 6-місячного теплого періоду (квітень-вересень, індекс менше 10). Аналіз річного розподілу днів із різними категоріями індексу показав подовження в Україні сприятливого та комфортного періоду на 1,5–2 місяці у порівнянні з його тривалістю у XX ст.

Розрахований середній за 2018–2023 рр. для всієї території України індекс Ісумар становив 11,8, що є меншим від визначеного В. Г. Бокшею наприкінці XX ст. індексу для нашої території в межах помірного кліматичного поясу (12–15). Отже, спостерігається загальне зниження біокліматичного індексу, його показники наближаються до оптимальних значень у багатьох регіонах України: зростання комфортності клімату може бути пов'язане із проявами кліматичних змін у регіоні.

З використанням методів ІКТ також розроблено два онлайн-калькулятори біокліматичного індексу (перший дозволяє ручне введення даних про погоду, другий – автоматизований, для міста Луцьк). Автоматичний калькулятор індексу для міста Луцьк використовує дані про погоду з автоматичної метеостанції, що працює в Луцькому національному технічному університеті. Детальніше про роботу калькуляторів індексу можна дізнатися в Меню освітнього веб-сайту секції метеорології та кліматології Волинського регіонального відділення Малої академії наук України: <https://pogoda3kota.blogspot.com/>

Програма, розроблена для роботи автоматичного калькулятора, може бути використана для подібних метеостанцій у будь-якій точці світу, а значення біокліматичного індексу, розраховане програмою, може бути додано до прогнозів погоди для інформування людей про комфортність метеорологічних умов сьогодні, завтра або в будь-який день, на який надається прогноз погоди.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Павлюк М. М., Сташук А. П., Федонюк В. В. Аналіз біокліматичних індексів та комфортності клімату у м. Луцьку. *Сталий розвиток:*

захист навколишнього середовища. *Енергоощадність. Збалансоване природокористування*. IX Міжнародний молодіжний конгрес, 28–29 березня 2024, Україна, Львів : Львів : зб. матер. Електрон. дан. Київ : Яроченко Я. В., 2024. С. 20–21. DOI:<https://doi.org/10.51500/7826-43-8>

[2]Павлюк М. М., Федонюк В. В. Комфортність клімату України за біокліматичним індексом В. Бокші. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*. X Міжнародний молодіжний конгрес, 27–28 березня 2025, Україна, Львів : зб. матер. Електрон. дан. Київ : Яроченко Я. В., 2025. С. 24–25. Взято з <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2025/feb/38049/zbirnykhmizhnarodnyumolodizhnyykongres27-28032025.pdf>

[3] Федонюк В. В., Жадько О. А., Іванців В. В., Федонюк М. А. Порівняльний аналіз комфортності погоди протягом курортного сезону в національних природних парках Волині. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2023. № 4 (49). С. 232 – 237. Взято з <http://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2023/4/31.pdf>

[4] Fedoniuk M. A., Fedoniuk V. V., Ivantsiv V. V. Possibilities for improvement of environmental monitoring of precipitation in the city (a case of Lutsk). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. Харків: 2019. Вип. 50. С. 210–219. [Visnykof V. N. Karazin Kharkiv National University, series “Geology. Geography. Ecology”]. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-16>

[5] Федонюк В. В., Федонюк М. А. Дослідження сезонної динаміки атмосферного тиску в м. Луцьку. *Фізична географія та геоморфологія*. Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2016. Вип. 4 (84). С. 82–89.

*Fedoniuk V., Pavluk M.
Dynamics of climate comfort in the regions of Ukraine*

УДК 502.37:66.081

ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ УТИЛІЗАЦІЇ ТА РЕГЕНЕРАЦІЇ СОРБЕНТІВ НАФТИ

Літвак О. А., к.е.н., доцент; Цівенков М. В., магістрант

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

olya.litvak@gmail.com; kitchenlifemax35@gmail.com

Проблема нафтових розливів у навколишнє середовище є однією з найгостріших екологічних загроз, що виникають у результаті діяльності нафтовидобувних, транспортних та переробних підприємств. Нафта, потрапляючи у ґрунт, воду та повітря, завдає значної шкоди екосистемам, спричиняє забруднення водних ресурсів та негативно впливає на здоров'я людей. Для мінімізації наслідків таких аварій застосовують сорбенти – спеціальні матеріали, які поглинають нафту з поверхонь води, ґрунту або інших середовищ.

Сорбенти можуть бути природного походження (мінеральні, рослинні) або синтетичні (полімерні, композитні). Після насичення нафтою вони втрачають свою ефективність і потребують утилізації або регенерації. В умовах зростаючого контролю за екологічною безпекою та раціональним використанням ресурсів питання утилізації і регенерації сорбентів набуває особливої актуальності.

Метою роботи є систематизація та науковий аналіз сучасних методів утилізації та регенерації нафтових сорбентів з урахуванням їх ефективності, екологічної безпеки та технологічної доступності.

Вибір сорбентів для ліквідації нафтових розливів має враховувати не лише їх адсорбційні властивості, але й подальші аспекти утилізації після насичення нафтою. Це обумовлено як екологічними міркуваннями, так і економічною доцільністю процесів регенерації чи знешкодження [1]. З огляду на це, до нафтових сорбентів висувається низка вимог, які забезпечують ефективне управління їх життєвим циклом:

- нетоксичність та екологічна безпечність після використання;
- можливість безпечного транспортування після використання;
- придатність до регенерації;
- мінімальний залишковий вміст нафти після первинної регенерації;
- здатність до повної або часткової біодеградації;
- енергетична доцільність утилізації;
- низьке утворення вторинних токсичних продуктів при спалюванні.

Отже, вирішуючи реальну конкретну задачу ліквідації нафтового розливу, при виборі сорбенту завжди треба розуміти, що робити з відпрацьованим сорбентом, як його утилізувати. Найбільш дешевим є метод захоронення на спеціальних полігонах для небезпечних відходів. Такі звалища негативно впливають на стан довкілля, рослинність та тварин. Крім того, згодом спостерігається десорбція нафтопродуктів із сорбентів, а отже, відбувається вторинне забруднення навколишнього середовища, особливо небезпечне в цьому випадку потрапляння вуглеводнів у ґрунти та підземні води.

Одним із найпоширеніших методів утилізації нафтовмісних сорбентів є їх термічне спалювання – це процес високотемпературного знищення відходів. Він полягає у спалюванні використаних сорбентів у спеціальних камерах при температурах понад 800 °C. Завдяки високій температурі вдається повністю розкласти нафтові компоненти та органічні матеріали сорбенту. Цей процес дозволяє повністю знищити нафтові забруднення та зменшити обсяг відходів, але при цьому втрачається сам продукт – нафта, що тягне за собою додаткові витрати та втрату прибутку. Також спалювання може супроводжуватися виділенням токсичних газів, що потребує використання високоєфективних систем очистки димових газів. Крім того, не завжди є можливість спалити сорбент, наприклад, у випадку з мінеральними або полімерними сорбентами (при нагріванні розплавляються і забивають колосникові решітки) [2].

Спалювання використаних нафтових сорбентів для отримання енергії – це один з методів термічної утилізації, що дозволяє не лише знешкодити нафтовмісні відходи, а й частково компенсувати енергетичні витрати підприємства. Такий підхід розглядається в контексті ресурсозбереження, коли відходи стають джерелом вторинних ресурсів.

Найчастіше для спалювання застосовують спеціалізовані печі (наприклад, ротаційні або камерні інсинератори), які забезпечують повне згорання вуглеводневих залишків, що абсорбувалися сорбентом, із виділенням теплової енергії.

Існують певні особливості спалювання нафтових сорбентів з метою отримання теплової енергії. Має значення тип сорбенту. Наприклад, полімерні сорбенти (поліпропілен, поліетилен) мають високу теплоту згорання (~40 МДж/кг), що робить їх ефективним паливом, але водночас вони виділяють токсичні сполуки при недостатньому контролі процесу. Також виникає необхідність попередньої сушки відпрацьованих сорбентів, які ввібрали воду чи емульсії, з метою їх дегідrataції та підвищення теплоти

згорання. Після спалювання утворюється зола, що потребує подальшої утилізації, іноді як небезпечні відходи. При цьому спалювання нафтовмісних матеріалів повинно регулюватися екологічним законодавством, зокрема щодо викидів CO, NO_x, діоксинів, фуранів.

Спалювання органічних нафтових сорбентів доцільне в умовах локального теплозабезпечення (наприклад, на підприємствах деревообробки, аграрного сектору або комунальних об'єктах). Хоча органічні сорбенти є більш привабливими з позиції біорозкладання, однак і їх можна використовувати як альтернативне біопаливо після абсорбції нафтопродуктів, особливо в умовах: високої насиченості нафтою (до 10–12 г нафти на 1 г сорбенту), низької вологості (<15 %), наявності енергетичних установок типу піролізних або котлів на біомасі.

Перевагами спалювання органічних нафтових сорбентів є:

- біорозкладність золи, що спрощує подальше поводження з нею;
- низька собівартість, так як такі сорбенти часто виготовляються з агровідходів;
- заміщення викопного палива на рівні дрібних та середніх котелень.

До недоліків можна віднести: нерівномірне горіння; високу гігроскопічність сорбентів. Все це потребує контролю вологості та відповідних систем збирання золи (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняння теплотворної здатності деяких нафтових сорбентів після насичення нафтою [3; 4]

Вид сорбенту	Походження	Теплота згорання після насичення нафтою, МДж/кг	Можливість енергетичного використання
Поліпропіленовий	Синтетичний	38–42	Висока (аналог викопного палива)
Поліуретановий	Синтетичний	34–38	Висока
Торф'яний гранульований	Органічний	23–28	Середня, можливе використання в ТЕЦ
Тирса або солома	Органічний	18–24	Низька до середньої, залежно від вологості
Гідрофобізоване лушпиння	Органічний	22–26	Можлива при високому ступені насичення

Спалювання нафтових сорбентів для енергетичних потреб – ефективний метод термічного знешкодження, що поєднує утилізацію та енергогенерацію. Він доцільний за наявності відповідної інфраструктури та нормативного забезпечення, однак має бути обмежений до випадків, де інші методи є непридатними або економічно недоцільними. Баланс між екологічною безпекою і енергетичною ефективністю – ключова умова його раціонального застосування.

У зв'язку з вищезазначеним наразі актуальним є застосування процесу регенерації сорбентів. Під регенерацією мається на увазі контрольований процес десорбції, у тому числі і з можливістю використання вилучених нафтопродуктів за прямим призначенням [5].

У залежності від фізико-хімічних властивостей сорбентів, характеру забруднення та умов експлуатації виділяють п'ять основних груп методів регенерації нафтових сорбентів: механічний метод; низькотемпературний (тепловий) метод; високотемпературна (термічна) регенерація; хімічний (екстракційний) метод; мікробіологічна регенерація (біоремедіація). Кожен з зазначених методів має свої технологічні особливості, переваги, обмеження та галузі застосування. До того ж не всі сорбенти можна ефективно регенерувати, однак багато сучасних матеріалів мають достатній рівень хімічної, термічної або механічної стабільності для багаторазового використання (табл. 2).

Таблиця 2. Порівняння методів регенерації сорбентів нафти [7; 8]

Метод	Тип сорбентів	Температура, °С	Тривалість	Ефективність	Повторне використання
Механічний	Волокнисті (органічні, синтетичні)	20–30	0,5–1 год	50–70 %	1–2 рази
Низькотемпературний	Мінеральні, синтетичні	100–400	1–2 год	70–90 %	2–4 рази
Високотемпературний	Мінеральні	650–920	0,5–1 год	90–100 %	3–5 разів
Мікробіологічний	Органічні	20–40	5–14 днів	60–85 %	1–3 рази
Хімічний	Синтетичні, текстильні (органічні)	20–60	1–3 год	70–90 %	3–5 разів

Для сорбентів, виготовлених із волокнистих (синтетичних, бавовняних) матеріалів, можливе застосування механічного віджимання,

що дозволяє видалити до 60–80 % нафти без додаткових хімічних чи термічних впливів [6]. Віджаті нафтопродукти підлягають повторному використанню або переробці. Метод має перевагу у простоті та низьких енергетичних та експлуатаційних витратах, проте не гарантує повного відновлення властивостей сорбенту.

Суть низькотемпературного (теплого) методу полягає в регенерації шляхом нагрівання сорбентів до температур 100–400 °C у середовищі водяної пари або інертного газу (азот, аргон) для випаровування нафтопродуктів. Цей метод застосовується для мінеральних та синтетичних сорбентів. Його перевагами є збереження структури сорбенту і низький ризик утворення токсичних газів. Такий метод потребує спеціалізованого обладнання високої вартості, тому його застосовують на стаціонарних установках на нафтопереробних заводах.

Високотемпературний (термічний) метод проводиться за умов, наближених до умов отримання сорбенту, при цьому сорбат також піддається термодеструкції з виділенням летких та у вигляді конденсату продуктів піролізу і утворенням вторинного вуглецевого залишку. Термічна деструкція органічних залишків у сорбенті відбувається при температурі 650–920 °C у спеціальних печах. Реакція відбувається за таких умов: вміст кисню – 0,1–2 %, водяної пари – 2–30 %, час термообробки при температурах вище 500°C – 2–20 хв. Сорбційна активність після регенерації сорбенту практично повністю відновлюється або навіть на 5–30 % може перевищувати активність вихідного матеріалу через закоксованість поверхні вихідного сорбенту сорбованими вуглеводнями [9]. Цей метод найбільш ефективний для мінеральних і неорганічних сорбентів, таких як цеоліти, активовані вугілля, перліт. Під час процесу необхідно ретельно контролювати температуру, щоб уникнути термічного руйнування сорбенту. Сучасні установки для термічної регенерації обладнані системами рекуперації тепла, що підвищує енергетичну ефективність. Термічний метод регенерації сорбентів нафти частіше застосовується в галузі енергетики та на підприємствах утилізації небезпечних відходів.

Хімічна регенерація полягає у вилученні нафтових компонентів із сорбенту за допомогою органічних або мінеральних розчинників (ацетон, бензол, гексан, метанол) при температурах до 100°C, що призводить до десорбції або деструкції сорбату. Цей метод може застосовуватися для регенерації синтетичних та текстильних волокон [10]. Він ефективний, але пов'язаний з необхідністю утилізації нафтовмісних розчинників, що мають токсичний характер. На сьогоднішній день хімічна регенерація сорбентів

застосовується рідко, тільки в промислових лабораторія нафтопереробних підприємств, де можна створити контрольовані умови процесу регенерації.

Мікробіологічний метод передбачає для регенерації сорбенту використання мікроорганізмів (наприклад, бактерії роду *Pseudomonas*, *Alcanivorax*, *Rhodococcus*), здатних розкласти нафтові вуглеводні, що є екологічно безпечним і перспективним методом відновлення сорбентів. Біоре mediaція може проводитись у природних умовах або у спеціальних біореакторах. Переваги цього методу полягають у низьких витратах, мінімальному впливі на навколишнє середовище та можливості регенерації природних сорбентів (солома, торф, целюлоза). Однак мікробіологічна регенерація потребує тривалого часу (від кількох днів до кількох тижнів), контролю за умовами середовища (вологе середовище, температура 20–40 °C, pH 6–8), а також спеціального підбору мікроорганізмів [11]. Цей метод переважно призначений для сорбентів, які використовуються для ліквідації розливів нафти і нафтопродуктів на ґрунті або у прибережній зоні.

Кожен з описаних методів має свої переваги та обмеження. Вибір технології залежить від типу сорбенту, масштабу забруднення, економічних можливостей і екологічних вимог. З огляду на зростаючу увагу до сталого розвитку, актуальним є поєднання регенерації сорбентів з елементами циркулярної економіки, що передбачає максимальне повторне використання матеріалів і мінімізацію утворення відходів.

Висновки. Оптимальне управління нафтовмісними сорбентами включає комплексний підхід до їх утилізації і регенерації. Спалювання та захоронення використаних сорбентів мають свої обмеження, пов'язані з екологічними ризиками та вартістю. Методи регенерації, такі як низькотемпературна та високотемпературна обробка, хімічна регенерація, механічне віджимання і біоре mediaція, дають змогу повторно використовувати сорбенти, знижуючи кількість відходів і загальні витрати. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на підвищення екологічності і економічної доцільності цих технологій в контексті концепції сталого виробництва та реалізації принципів циркулярної економіки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] International Tanker Owners Pollution Federation (2019). *Disposal of oil and debris*. Technical Information Paper No. 9, UK.
- [2] Mcdonagh M., Abbott J., Swannell R., Gundlach E. (1995). Handling and disposal of oily waste from oil spills at sea. International Oil Spill Conference Proceedings, February 1995.

[3] Demirel G., Altin A. (2022). Material conversion from used oil sorbents by pyrolysis. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25 (1), 376–388.

[4] Jahirul M. I., Rasul M., Chowdhury A., Ashwath N. (2012). Biofuels Production through Biomass Pyrolysis – A Technological Review. *Energies*, 5 (12), 4952–5001.

[5] Pintor A., Ferreira C., Pereira J., Souza R., Silva S., Vilar V., Botelho C., Boaventura R. (2015). Oil desorption and recovery from cork sorbents. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3 (4), Part A. 2917–2923.

[6] Бачерикова І. В., Гриненко С. Б., Кузнецова Л. С., Зажигалов В. О., Бачеріков О. В. (2021). Дослідження впливу природи матеріалів органічного походження на видалення нафти з поверхні води. *Каталіз та нафтохімія*, 31, 75–83.

[7] Trinh T. N., Nguyen D. L., Thai V. N. (2023). Modified methods of oil cleanup with cellulose-based adsorbents: a review. *VN J. Hydrometeorol*, 14, 96–120.

[8] Wang Y, Yang H., Chen Z. et al. (2018). Recyclable Oil-Absorption Foams via Secondary Phase Separation. *ACS Sustainable Chem. Eng*, 6, 13834–13843.

[9] Sharivker V., Volchek K., Blinov V., Yao Y., Fieldhouse B., Lambert P., Brown C. E. (2019). Treatment and Disposal of Oily Waste Generated in Spill Cleanup Operations. Retrieved from : <https://www.linkedin.com/pulse/treatment-disposal-oily-waste-generated-spill-cleanup-sharivker/>.

[10] Saleem J., Zubair Khalid Baig M., Rana S., Gordon M. (2023). Sustainable Solution for Plastic Pollution: Upcycling Waste Polypropylene Masks for Effective Oil-Spill Management. *International Journal of Molecular Sciences*, 24 (15), 12368.

[11] Наконечний І. В., Літвак О. А., Літвак С. М., Маринець О. М. (2023). Аналіз чинників, що впливають на процес біоремедіації ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. *Екологічні науки*, 4 (49), 114–122.

Litvak O., Tsivenkov M.

Technological and environmental aspects of the application of methods for the disposal and regeneration of oil sorbents

УДК 632.95

ВПЛИВ ГУМУСОВИХ БІОПРЕПАРАТІВ НА ТРАНСФОРМАЦІЮ ГЕРБІЦИДІВ У ҐРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ ТА ЇХ ФІТОТОКСИЧНИЙ ЕФЕКТ

Кібаров О. І., аспірант, Трохименко Г. Г., д.т.н., професор

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

kibarovoleg@gmail.com; antr@ukr.net

Гумусові речовини (гумати, фульво- та гумінові кислоти) належать до активної фракції органічної речовини ґрунту, які суттєво поліпшують фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту. Зокрема, гумінові кислоти підвищують водоутримуючу здатність ґрунту, кислотнo-обмінну ємність і доступність поживних елементів; вони утворюють комплекси з мікроелементами, що полегшує їх поглинання рослинами. Крім того, гумусові речовини стимулюють розвиток кореневої системи, підвищують активність ґрунтових мікроорганізмів і накопичення в рослині природних фітогормонів (аукіни, цитокініни), що підвищує стресостійкість культурних рослин [1]. Саме тому гуматні препарати все активніше використовують як біостимулятори для збільшення врожайності та пом'якшення негативного впливу абіотичних стресів.

Гумусові речовини також впливають на залишки пестицидів у ґрунті: вони можуть сорбувати гербіциди та формувати стійкі зв'язки, що зменшує їх біодоступність, та одночасно стимулювати мікробну деградацію пестицидних сполук. Наприклад, відомо, що нерозчинні гуміни міцно фіксують неполярні гербіциди і спричиняють утворенню невиділюваних зв'язків, зменшуючи токсичність пестицидів для біоти [2]. Останні дослідження показують, що гуматні препарати можуть прискорювати розпад пестицидів у рослині: у польових випробуваннях з пшеницею внесення гумату скоротило час напіврозпаду фунгіциду спіроксаміну на 60 % [3]. Загалом, літературні джерела свідчать, що гумусові добрива сприяють загальному зміцненню рослинної клітини та можуть зменшувати фітотоксичність гербіцидів.

Дослідження впливу біодобрив на основі гумусових кислот, гуматів та ґрунтових мікроорганізмів проводилося на відкритій ділянці з вирощуванням суданської трави (*Sorghum bicolor subsp. drummondii*) у ролі фітоіндикатора. Експеримент складався з двох етапів. На першому етапі посівні ряди площею ~ 0,35 м² (рис. 1) оброблялися біодобривами на основі

гумусових речовин у такі концентрації (700–800 мл робочого розчину на ряд): «БіоФульво» (фульво- та гумінові кислоти) – 1:100, “StimOrganic” (мікробний деструктор стерні) – 1:100, гумат калію – 1:300. Оброблені ряди поливали водою для запобігання посухи протягом 14 днів перш ніж засіяти посівні ряди фітоіндикатором. На другому етапі (через 2 тижні) проведено висів «Суданської трави» у якості фітоіндикатора. Через 7 днів після засіву фітоіндикатору було здійснено обробку контактними гербіцидами суцільної дії на основі солей гліфосату: «Ураган Форте» (калійна сіль гліфосату 500 г/л) та «Федерал» (ізопропіламінна сіль гліфосату 480 г/л + дикамба 60 г/л).



Рис. 1. Загальний вигляд посівних рядів

Після застосування гербіцидів ретельно досліджувалися основні показники розвитку фітоіндикатора: вимірювали висоту рослин, оцінювали темпи росту пагонів і стан кореневої системи. Спостереження проводили на контрольних інтервалах (7-й, 12–15-й, 21-й дні після засіву), фіксуючи середню висоту рослин і фітотоксичні прояви.

За результатами експерименту примітним є те, що на ранніх етапах спостереження суданська трава розвивалася дещо повільніше (~ на 10–12 % повільніше) порівняно з лабораторними умовами, однак темпи росту між групами були подібними. В усіх дослідних та контрольних рядів ріст паростків на 7-й день був порівняно рівномірним, хоча у лабораторних умовах деякі біодобрива (зокрема StimOrganic) давали незначно вищі стартові показники. Після внесення гербіцидів усі оброблені ряди продемонстрували сильне пригнічення росту фітоіндикатору: як калійна, так і ізопропіламінна сіль гліфосату інгібували розвиток рослин з приблизно

однаковою ефективністю незалежно від попередньої обробки посівного ряду біодобривами. Водночас у контрольних групах, оброблених гуматовмісними добривами, спостерігалось дещо більший приріст пагонів порівняно з необробленими (контрольними) насадженнями. Це може вказувати на те, що біодобрива сприяли загальному зміцненню рослин, частково пом'якшуючи фітотоксичний ефект гербіцидів.

Упродовж наступного тижня (12–15-й дні після засіву) фіто-індикатор показав найактивніший етап розвитку, досягаючи максимального темпу зростання паростків (рис. 2).

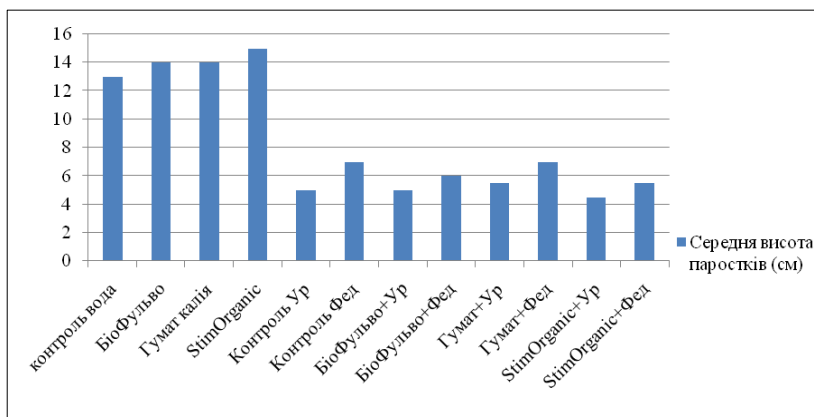


Рис. 2. Середня висота паростків фітоіндикатору за категоріями на 12-й день після засіву (см)

Як бачимо, у «польових» умовах гербіцид на основі калійної солі гліфосату проявив себе краще ніж у «лабораторних». Це може бути пов'язано з більшим потраплянням гербіциду саме на паростки фітоіндикатору. Незважаючи на більш «м'яку» дію ізопропіламіної солі гліфосату вона проявила себе ефективно в обох випадках, оскільки має меншу розчинність у воді та може бути ефективною при підвищеній вологості в умовах тонкої кореневої системи рослини.

До кінця дослідження (21-го дня) висота паростків у посівних рядах, оброблених гуматовмісними добривами, була незначно вищою за висоту контрольної групи. Разом з тим у польових умовах коренева система суданської трави була тоншою і тендітнішою, ніж у лабораторії: очевидно, різкіші добові коливання температури та інші стресові фактори послабили розвиток коренів (рис. 3).

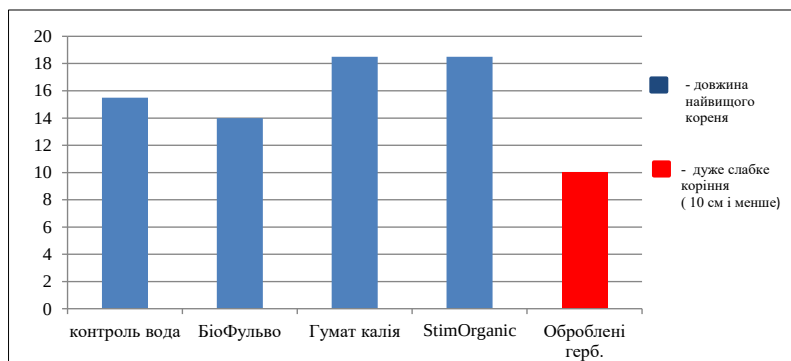


Рис. 3. Довжина найвищого зафіксованого кореня фітоіндикатору (у см)

Темп росту паростків був загалом нижчий, ніж у контрольних лабораторних дослідях, фітотоксичність гербіцидів проявлялася дещо менше у зразках з попередньою обробкою гуматами. Ці результати узгоджуються з даними літератури про підсилення гуматами антистресових механізми рослин і збільшують сорбцію гербіцидів на органічних колоїдах ґрунту, перешкоджаючи їх надмірній міграції до кореневої системи.

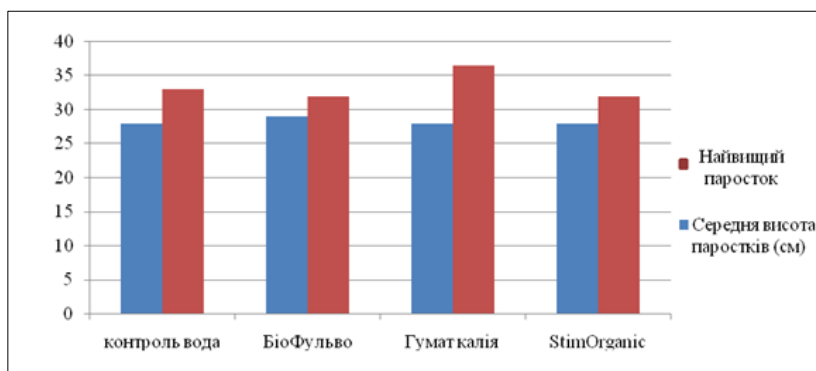


Рис. 4. Висота паростків фітоіндикатору, оброблених добривами на 21-й день спостережень (у см)

Висновки. Польові дослідження показали, що застосування добрив на основі гумусових речовин сприяє помірному зменшенню фітотоксичного впливу гербіцидів на розвиток фітоіндикатору (*S. bicolor subsp. drummondii*). Хоча обидві форми солей гліфосату виявилися високоефективними і однаково пригнічували ріст фітоіндикатору, попередня обробка

біостимуляторами на основі фульвової та гумінової кислоти дозволила посівам трохи швидше відновити ріст після стресової дії гербіцидів. Гумати забезпечили більш рівномірний розвиток пагонів і збільшили накопичення вегетативної маси (що може бути пов'язано з підвищенням фітогормональної активності рослин). Разом з тим сильні зовнішні фактори (температурні коливання, вологість) стримували розвиток кореневої системи в польових умовах. У польових умовах калійна сіль гліфосату виявилася ефективнішою, ймовірно, завдяки більшому надходженню на паростки фітоіндикатора. Ізопропіламінна сіль, попри м'якшу дію, продемонструвала стабільну результативність в обох умовах завдяки нижчій розчинності у воді та здатності працювати за підвищеної вологості при слабкорозвиненій кореневій системі.

Загалом, результати свідчать про перспективність використання гуматовмісних добрив у системі підживлень для підвищення стійкості рослин до гербіцидних навантажень і прискорення «ремедіації» ґрунту, хоча остаточний ефект залежить від конкретних умов вирощування.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Nardi, S., Ertani, A., and Francioso, O. Soil-root cross-talking: the role of humic substances. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 180, 5–13. 2017. DOI: 10.1002/jpln.201600348
- [2] Canellas L. P. et al. Humic Substances in Combination With Plant Growth-Promoting Bacteria as an Alternative for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Microbiology*. 2021. DOI: 10.3389/fmicb.2021.719653
- [3] Iwaniuk P. et al. The Influence of Humic Acids and Nitrophenols on Metabolic Compounds and Pesticide Behavior in Wheat under Biotic Stress. *Agronomy*. 2023. DOI: 10.3390/agronomy13051378

Kibarov O., Trokhymenko G.

The effect of humic-based biopreparations on the transformation of herbicides in the soil environment and their phytotoxic effect

УДК 502/504

ОЦІНКА СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ ОДЕСЬКОЇ ПРОМИСЛОВО-МІСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ ЗА ОКРЕМИМИ ІНДИКАТОРАМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Чугай А. В., д.т.н., проф.¹, Донцов М. Ю., магістрант

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Україна, Одеса

avchugai@ukr.net¹

До складу Одеської промислово-міської агломерації (ПМА), центром якої є м. Одеса, входять міста Чорноморськ, Південне, Біляївка і Теплодар. Територіально Одеська ПМА – урбанізована територія, яка сформована навколо м. Одеса і включає частину прилеглих населених пунктів, які тісно пов'язані з обласним центром економічно, соціально й транспортно. Слід також зазначити, що Одеська ПМА – це найбільший портово-промисловий комплекс в Україні, що розташований на північно-західному узбережжі Чорного моря. Через Одеський, Іллічівський і Південний порти здійснюються транспортно-економічні зв'язки з промисловими центрами України та зарубіжними країнами [1].

Враховуючи вище зазначене, важливою проблемою для Одеської ПМА є питання забезпечення належної якості атмосферного повітря, оскільки дана територія також виконує рекреаційні функції. За останні більше ніж 10 років через анексію росією території Криму м. Одеса і Одеська область в цілому виконують функції одного з головних морських курортів на території України.

Метою роботи було оцінка станку повітряного басейну Одеської ПМА із застосуванням окремих індикаторів сталого розвитку. Згідно з методикою [2] до переліку таких показників відносяться обсяги викидів певних забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Нами було виконано оцінку для міст Одеса, Чорноморськ, Південне, Теплодар, Біляївка за показниками викидів діоксиду сірки і діоксиду азоту за період 2012–2021 рр.

У табл. 1 наведено результати розрахунку параметрів I_{NOX} (викиди оксидів азоту) та I_{SOT} (викиди діоксиду сірки) для індикатора I_{EMS} (викиди в атмосферне повітря) – складової частини розрахунку індексу екологічного виміру I_E . Вся вихідна інформація була нормована. Отримання значення параметрів, які наближені до 0, характеризують кращі умови сталого розвитку. Значення, наближені до 1, свідчать про погіршення ситуації.

Таблиця 1. Результати розрахунку окремих параметрів сталого розвитку для міст Одеської ПМА

Рік	Одеса		Чорноморськ		Південне		Теплодар		Біляївка	
	I_{SOT}	I_{NOX}	I_{SOT}	I_{NOX}	I_{SOT}	I_{NOX}	I_{SOT}	I_{NOX}	I_{SOT}	I_{NOX}
2012	0,811	1,000	0,000	0,335	0,007	0,840	–	0,750	–	–
2013	1,000	0,698	0,303	1,000	0,000	1,000	–	0,833	–	–
2014	0,526	0,546	0,636	0,027	0,911	0,562	–	0,583	–	–
2015	0,255	0,591	0,566	0,010	0,244	0,596	–	0,500	–	–
2016	0,304	0,218	0,394	0,011	0,393	0,173	–	0,000	–	–
2017	0,304	0,246	0,818	0,017	0,867	0,015	–	1,000	1,000	1,000
2018	0,231	0,257	0,949	0,007	1,000	0,000	–	1,000	0,143	0,000
2019	0,139	0,094	1,000	0,001	0,904	0,063	–	0,667	0,000	1,000
2020	0,000	0,000	0,889	0,000	0,911	0,153	–	0,667	0,000	1,000
2021	0,005	0,047	0,697	0,002	0,800	0,104	–	0,833	–	–

З представленої таблиці видно, що для м. Одеса відзначається покращення показників за період дослідження. Для міст Чорноморськ і Південне ситуація не є однозначною. Щодо викидів діоксиду сірки, то показники погіршились, за показниками викидів діоксиду азоту – навпаки покращились. Для м. Теплодар була відсутня інформація по викидах діоксиду сірки. Щодо викидів діоксиду азоту, то відзначаються певні коливання, але загалом ситуація не сприяє покращенню умов сталого розвитку. Мінімальна вихідна інформація була наявна для м. Біляївка, яка не є показовою. Також слід відзначити, що за попередніми оцінками для Біляївки відзначено мінімальні показники навантаження серед усіх міст Одеської ПМА. Це є закономірним, оскільки територія Біляївської громади частково є територією природно-заповідного фонду Одеської області.

Нами також було проведено узагальнення отриманих розрахункових даних за два п'ятирічних періоди – 2012 – 2016 і 2017 – 2021 рр. (рис. 1).

Аналіз представленого рисунку показує, що за показниками викидів діоксиду сірки найгірші умови у 2012 – 2016 рр. відзначались у м. Одеса, а у 2017–2021 рр. ситуація значно погіршилась для міст Чорноморськ і Південне. За показниками викидів діоксиду азоту максимальні показники відзначались у містах Одеса і Південне (2012 – 2016 рр.) і Теплодар (2017–2021 рр.).

Слід відзначити, що отримані дані є лише частиною оцінки умов сталого розвитку для будь-якої території. Проте інформація щодо викидів окремих забруднюючих речовин, їх вмісту в атмосферному повітрі міст є дуже обмеженою, що й формує певні обмеження для отримання достовірних оцінок.

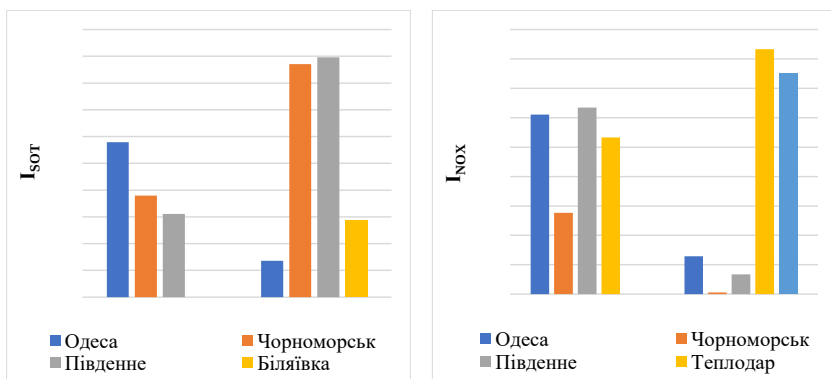


Рис. 1. Порівняльний аналіз показників сталого розвитку для міст Одеської ПМА

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Гладкий О. В., Килівник В. С., & Городецька О. О. (2022). Особливості економічного розвитку промислових підприємств індустріально-аграрних територіально-виробничих систем України. *Сучасний стан та перспективи розвитку діяльності підприємств в Україні: теорія, методика, практика: колективна монографія*. Полтава: ПП «Астроя».

[2] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. *Сталий розвиток регіонів України*. Взято з http://nung.edu.ua/files/attachments/stalyy_rozvytok_regioniv_ukrayiny.pdf

Chugai A., Dontsov M.

Assessment of the air basin state of the Odessa industrial and urban agglomeration based on selected sustainable development indicators

УДК628.16:504.06

МАГНІТНА АКТИВАЦІЯ ПРОЦЕСУ ІОННОГО ОБМІНУ ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Ковтун Д. Є.

Національний університет цивільного захисту України (НУЦЗУ)

Україна, Черкаси

kovtun.davyd_2023phd@nuczu.edu.ua

Вода є важливим ресурсом для життєдіяльності людини. Визначальним фактором у господарському та промисловому водокористування слугує якість води. В сучасних реаліях, проблема доступності води в Україні залишається надзвичайно гострою через забруднення водних об'єктів, зношеність систем водопостачання та наслідки війни.

Російські обстріли цілеспрямовано пошкоджують об'єкти водної інфраструктури – системи забору, очищення, постачання води та каналізаційні очисні споруди. Унаслідок цього значна частина населених пунктів сходу України, зокрема Луганської та Донецької областей, залишилася без централізованого водопостачання й водовідведення. Суттєвих руйнувань також зазнали об'єкти у Запорізькій, Харківській та Миколаївській областях. Альтернативні джерела водопостачання часто не відповідають санітарним нормам через різну якість вихідної води, методи очищення та додаткове забруднення підземних вод [1–3].

Як відомо методи очищення води створюють додатковий вплив на оточуюче середовище. Це пов'язано з використанням хімічних реагентів, технічного обслуговування обладнання, утилізація відпрацьованих елементів систем. Актуальним є вдосконалення систем водоочищення, для підвищення доступності придатної для потреб населення води та зниження навантаження на оточуюче середовище.

Метод іонного обміну є гнучким, через можливість налаштування на конкретні забруднюючі речовини. Його використання також супроводжується вторинним екологічним забрудненням. Іонообмінні смоли, після виснаження регенеруються розчинами, в яких концентрація іонів має бути достатньо високою для видалення іонів, що утримуються в регенованій смолі. Регенерація зазвичай здійснюється поза межами ділянки, транспортування між очисними та регенераційними установками збільшує витрати та ризики вторинного забруднення [4].

Регенерантом може бути мінеральна кислота або концентрований розчин солі. Утилізація відпрацьованих розсолів, що утворюються в процесі

регенерації смол є основним джерелом екологічної небезпеки. Встановлено, що для ефективної регенерації іонообмінних смол необхідно використувати близько 1,2–3 еквівалентів мінеральної кислоти для катіонітів або 1,3–2 еквівалентів лугу для аніонітів на кожен еквівалент іонів, вилучених під час роботи [5].

Відпрацьовані розчини є висококонцентровані, можуть пошкоджувати очисні споруди. Скидання у приймальні води, високо мінералізованих солевмісних розчинів, наприклад з великою концентрацією NaCl має негативні наслідки відповідних екосистем. А саме: погіршення якості поверхневих і підземних вод, пригнічення флори та фауни, порушення процесів самоочищення водойм, техногенне засолення територій. Також варто враховувати, що у регенераційних розчинах можуть бути присутні органічні домішки, поверхнево активних речовин, або промислових добавок [6, 7].

Шляхом до покращення ефективності процесу іонного обміну в системах водопідготовки, є інтенсифікація процесу. Запропоновано спосіб із використанням модифікованих іонообмінників, що включає одночасну дію магнітного поля на іонообмінники та воду, яка піддається очистці [8, 9].

Вхідна вода з природного джерела спочатку проходить етап попереднього очищення, після чого надходить до іонообмінної установки, що складається з трьох послідовно з'єднаних колон. Перша колона заповнена катіонітом КУ-2×8 у Н-формі та призначена для видалення солей жорсткості. Друга колона містить аніоніт АН-22 у ОН-формі і використовується для видалення сульфат-іонів, тоді як третя колона забезпечує вилучення хлорид-іонів.

На кожну іонообмінну колону встановлюється електромагніт, який створює магнітне поле. Що є ключовим елементом відмінності від класичної системи іонного обміну. Його дія сприяє активації процесу іонного обміну за рахунок підвищення кінетики переносу іонів у робочому шарі іоніту. Вода проходить послідовно через усі три колони, після чого відводиться як очищена. Ефективність використання магнітної активації оцінюється за показником повної обмінної ємності іонообмінного матеріалу. Схематично зображено на рис. 1 Технологія іонообмінного очищення води модифікованого магнітним полем [10].

Висновки. Проблема забезпечення якісною водою в умовах сучасних екологічних та техногенних викликів залишається однією з найактуальніших для України. З огляду на руйнування інфраструктури водопостачання, зростання рівня забруднення природних джерел і підвищення навантаження на системи водоочищення, необхідним є удосконалення існуючих технологій водопідготовки.

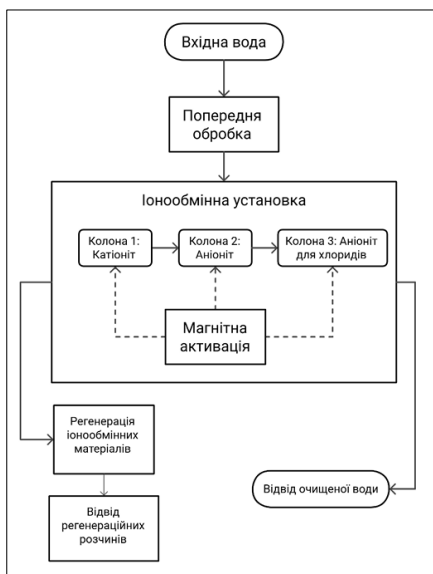


Рис. 1. Технологія іонообмінного очищення води, модифікованого магнітним полем

Метод іонного обміну зарекомендував себе як вискоєфективний і гнучкий спосіб вилучення розчинених іонів, однак має суттєві екологічні обмеження, зокрема через утворення регенераційних розчинів із високою концентрацією солей та реагентів.

Запропонований підхід до інтенсифікації процесу іонного обміну шляхом впливу магнітного поля є перспективним напрямом підвищення екологічної безпеки систем водопідготовки. Магнітна активація сприяє покращенню кінетики масоперенесення іонів у робочому шарі іоніту, що потенційно дозволяє підвищити повну обмінну ємність смол і зменшити потребу у кількості регенераційних реагентів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Hostieva, D., & Trokhymenko, G. (2024). Analysis of the use of groundwater for drinking water supply of the population of the mykolaiv city. *Technogenic and Ecological Safety*, 16 (2), 11–18. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2024.2.2>
- [2] Strokal, V., & Kovpak, A. (2022). Military conflicts and water: consequences and risks. *Ecological Sciences*, 44 (5), 94–102. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14>

[3] Zinkovskyi, S., Alboshchii, O., & Andronov, V. (2025). Logistics of drinking water supply of military units and sub-units of the national guard of ukraine: Status and directions of development. *The scientific journal of the National Academy of National Guard "Honor and Law"*, 93 (2), 66–77. <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2025/2/93/339364>

[4] Gao, P., Cui, J., & Deng, Y. (2021). Direct regeneration of ion exchange resins with sulfate radical-based advanced oxidation for enabling a cyclic adsorption – regeneration treatment approach to aqueous perfluorooctanoic acid (PFOA). *Chemical Engineering Journal*, 405, 126698. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126698>

[5] Marin, N. M., Nita Lazar, M., Popa, M., Galaon, T., & Pascu, L. F. (2024). Current Trends in Development and Use of Polymeric Ion-Exchange Resins in Wastewater Treatment. *Materials*, 17 (23), 5994. <https://doi.org/10.3390/ma17235994>

[6] Amini, A., Kim, Y., Zhang, J., Boyer, T., & Zhang, Q. (2015). Environmental and economic sustainability of ion exchange drinking water treatment for organics removal. *Journal of Cleaner Production*, 104, 413–421. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.056>

[7] Maul, G. A., Kim, Y., Amini, A., Zhang, Q., & Boyer, T. H. (2014). Efficiency and life cycle environmental impacts of ion-exchange regeneration using sodium, potassium, chloride, and bicarbonate salts. *Chemical Engineering Journal*, 254, 198–209. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.05.086>

[8] Dushkin, S., & Kovtun, D. (2024). Intensification of ion exchange processes in water supply systems. *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulic*, 46, 4–13. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2024.46.4-13>

[9] Kovtun, D., & Dushkin, S. (2024). Magnetic activation of ion exchange process during demineralisation of natural waters. *Technogenic and Ecological Safety*, 16 (2), 54–60. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2024.2.8>

[10] Dushkin, S. (2023). Study of the process of activation of aluminum sulfate coagulant solutions during filtration on rapid filters. *International Journal of Chemistry, Mathematics and Physics*, 7 (6), 01–06. <https://doi.org/10.22161/ijcmp.7.6.1>

KovtunD.

Magnetic activation of the ion exchange process as a way to improve environmental safety

УДК 614.8

ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИСідней С. О., д.т.н., доцент¹, Школяр Є. В., к.психол.н.²,Мотрічук Р. Б., доктор філософії³, Іщенко І. І.⁴

Національний університет цивільного захисту України

Україна, Черкаси

ORCID: 0000-0002-7664-6620¹, ORCID:0000-0002-7304-1677²,ORCID: 0000-0002-5670-6788³, ORCID: 0009-0000-5050-4926⁴

Основи забезпечення техногенної безпеки включають превентивні заходи для попередження аварій, прогнозування та моніторинг стану безпеки на потенційно небезпечних об'єктах, розробку показників безпеки, створення методологій оцінки небезпек, запровадження заходів захисту населення і територій, а також систематизацію даних для виявлення небезпек і створення загальнодержавних програм у сфері цивільного захисту.

Враховуючи сьогодення, а саме, що ми живемо в умовах правового режиму надзвичайного стану (воєнного стану) техногенна безпека підприємств, навколишнього середовища безпосередньо залежить від дотримання та контролю за дотриманням норм, правил пожежної безпеки інших нормативно-правових норм. Пріоритетним завданням стратегії забезпечення безпеки людини, суспільства та держави є запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, серед яких вагома частка припадає на техногенні надзвичайні ситуації.

В українському законодавстві визначено: техногенна безпека – відсутність ризику виникнення аварій та/або катастроф на потенційно небезпечних об'єктах, а також у суб'єктів господарювання, що можуть створити реальну загрозу їх виникнення. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру була і залишається однією з найактуальніших проблем [1].

Техногенна безпека – це комплекс заходів, спрямованих на захист людей, територій і об'єктів від загроз, спричинених діяльністю людини, технічними аваріями або катастрофами на промислових, транспортних та енергетичних об'єктах.

Вона охоплює:

- попередження виникнення аварій і надзвичайних ситуацій.
- зменшення їхніх наслідків для населення та довкілля.
- використання сучасних технологій для підвищення безпеки.
- розробку та впровадження ефективних заходів захисту.

До техногенних загроз належать, зокрема, витoki небезпечних речовин, вибухи на виробництвах, аварії на транспорті та енергетичних об'єктах.

Ця сфера є важливою частиною системи цивільного захисту та відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки суспільства.

Цепроявляється у прийнятті органами державного управління країни цілого пакету законодавчих та інших нормативних актів, затвердження низки державних програм, спрямованих на забезпечення безпеки населення і територій. Людство відчуло і усвідомило техногенні небезпеки і загрози пізніше, ніж природні. Лише з розвитком техносфери в його життя вторглись техногенні лиха, джерелами яких є аварії та техногенні катастрофи.

До техногенних катастроф відносять:

- аварії на промислових об'єктах;
- аварії на будівництві;
- залізничному транспорті;
- повітряному транспорті;
- автомобільному транспорті; трубопровідному транспорті;
- водному транспорті.

Техногенна безпека є важливими концепціями в сучасному суспільстві, спрямованими на забезпечення безпеки та вдосконалення процесів в різних галузях діяльності.

Техногенна безпека відноситься до сукупності заходів, спрямованих на запобігання аваріям, аварійним та надзвичайним ситуаціям техногенного характеру на небезпечних об'єктах та небезпечних територіях. Вона охоплює всі дії та заходи, спрямовані на забезпечення безпеки на промислових об'єктах та в інших сферах, де існує потенційна загроза виникнення аварій і надзвичайних ситуацій через техногенні фактори, такі як хімічні речовини, радіація, пожежа, вибухи, тощо. Забезпечення техногенної безпеки передбачає розробку та впровадження стандартів, правил, процедур, контролю та нагляду за безпекою на таких об'єктах [2, 3].

Прогнозування, попередження і ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій є актуальною проблемою для будь-якої адміністративно-територіальної освіти. У кожному великому або малому районі нарівні з житловою забудовою розташовані різні промислові підприємства, які виробляють, використовують або зберігають шкідливі й небезпечні речовини. У разі аварії на виробництві виявляється дія, як правило, цілого комплексу чинників, оскільки кожний з них ініціює виникнення безлічі інших, нових і небезпечних ситуацій.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру:

- пожежі;
- вибухи;
- затоплення;
- порушення системи життєзабезпечення;
- крах транспортних засобів обвалення споруд;
- викиди небезпечних речовин: радіоактивних; хімічних; біологічних.

Основними джерелами техногенної небезпеки, як правило, є:

- війни і конфлікти;
- господарська діяльність людини, спрямована на отримання енергії, розвиток енергетичних, промислових, транспортних та інших комплексів;
- об'єктивне зростання складності виробництва із застосуванням нових технологій, що вимагають високих концентрацій енергії, небезпечних для життя людини речовин;
- втрачена надійність виробничого обладнання, недосконалість і застарілість технологій, зниження технологічної та трудової дисципліни;
- небезпечні природні процеси і явища, здатні викликати аварії і катастрофи на промислових та інших об'єктах.

Вже досить давно у багатьох державах світу дійшли висновку, що для успішної боротьби з небезпечними природними явищами, техногенними та екологічними катастрофами потрібна цілеспрямована державна політика. Роль держави в забезпеченні безпеки своїх громадян від природних, техногенних та інших небезпек і загроз – це перш за все створення системи відповідних організаційних структур; в Україні на всіх рівнях утворені органи управління, спеціально уповноважені на вирішення завдань у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

Тому для забезпечення та збереження техногенної безпеки фахівцям пропонуються такі заходи:

- виявлення всіх чинників ризику техногенного характеру, включаючи виявлення небезпеки продукції, що випускається, технологічних процесів, операцій, виробничих об'єктів і об'єктів життєзабезпечення населення на даній території;
- встановлення міри небезпеки об'єктів на основі комплексних методів оцінки з обліком пожежної та вибухової безпеки, електробезпеки, надійності ємностей і судин, що знаходяться під тиском і т. д., а також реальними гідрогеологічними, територіальними і кліматичними умовами, виявлення найбільш небезпечних вузлів і об'єктів, здатних в екстремальних умовах викликати ланцюгову реакцію і найбільш руйнівні наслідки;

- розробка прогнозу наслідків катастроф, розмірів утрат і збитку у всіх виявах цієї проблеми;
- розроблення профілактичних заходів з метою стійкої й безаварійної роботи підприємств і збереження екологічної рівноваги, в тому числі:
 - розроблення методів і способів техногенного характеру щодо попередження аварій, які супроводжуються загибеллю людей, виходом із ладу обладнання, забрудненням навколишнього середовища шкідливими викидами і т.д.;
 - розроблення технічних і організаційних способів зниження збитків людським, матеріальним і природним ресурсам у разі їх виникнення;
 - розробка термінових заходів по захисту від можливих диверсій, включаючи напади й загрози тероризму, особливо на ядерних і хімічних підприємствах, а також об'єктах життєзабезпечення населення;
 - розроблення заходів по ліквідації наслідків і відновленню нормального режиму роботи підприємств і адміністративно-територіальних освіт загалом;
 - розробка заходів проти диверсій, терористичних актів та інших загроз, особливо на стратегічних об'єктах, таких як ядерні та хімічні підприємства.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру є безпосереднім результатом діяльності людини і можуть виникати внаслідок аварій і катастроф, які відбуваються через недостатню надійність техніки, несподіваних наслідків життєдіяльності людей, а також внаслідок їх, помилок, викликаних некомпетентністю чи злими намірами.

На сьогодні в кожній країні відбувається формування єдиної законодавчої та нормативно-правової бази у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, а також небезпек, що виникають при веденні військових дій або внаслідок цих дій, в якій чітко простежуються основні напрями державної політики у цій галузі. Робота з удосконалення та розвитку створеної законодавчої та нормативної правової бази відбувається постійно. Так, техногенна безпека справді визнана одним із найважливіших елементів забезпечення національної безпеки будь-якої країни, оскільки вона стосується запобігання аваріям та катастрофам на потенційно небезпечних об'єктах, що можуть становити реальну загрозу для суспільства та довкілля. Цей аспект підкреслюється прийняттям відповідних законодавчих актів, державних програм та нормативних документів на державному рівні.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Кодекс цивільного захисту України. Київ, 2012.
- [2] Безпека життєдіяльності : навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів / Національний технічний ун -т України Київський політехнічний ін-т. Київ : НТУУ КПІ, 2008. 300 с. Бібліогр. : С. 270–271.
- [3] Безпека життєдіяльності: навч. посібник / Т. Є. Стищенко, Г. В. Пронюк, Н. М. Сердюк, І. І. Хондак. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.

Sidnei S., Shkoliar Ye., Motrichuk R., Ishchenko I.
Basics of ensuring technological safety

УДК 628.4:621.355.2:614.8

ПРОТИПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У СИСТЕМІ ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Кириченко О. В., д.т.н., професор¹, Веселов Д. Л.

Національний університет цивільного захисту України

м. Черкаси, Україна

¹ORCID: 0000-0002-0240-1807, kyrychenko_oksana@nuczu.edu.ua

Протипожежний стан об'єктів енергетичної інфраструктури, що належать до критичної інфраструктури держави, є одним із ключових параметрів техногенної безпеки. В умовах збройної агресії, зростання ризиків аварійного ураження, навмисного впливу та системних кібератак, трансформаторні підстанції, кабельні споруди, генераторні блоки та інші енергетичні вузли потребують системного аналізу небезпек, ідентифікації джерел ризику та впровадження ефективних протипожежних заходів. Вразливість таких об'єктів підтверджується численними прикладами техногенних катастроф в Україні та світі, зокрема пожежами на ТЕС, вибухами на нафтобазах, аваріями на хімічних підприємствах [1].

Відповідно до принципу прийнятного ризику, абсолютна безпека об'єкта не може бути гарантована, однак її рівень має бути керованим і прогнозованим. Ідентифікація небезпек на енергетичних об'єктах передбачає виявлення джерел займання, шляхів поширення вогню, сценаріїв розвитку аварій та оцінку їх наслідків для персоналу, обладнання, довкілля та суміжних секторів. Особливу увагу слід приділяти трансформаторним підстанціям, які містять мастилонаповнене обладнання, здатне до

самозаймання, вибуху та утворення токсичних викидів. У разі порушення герметичності або перегріву трансформатора можливе неконтрольоване розтікання мастила, що створює умови для масштабної пожежі.

Протипожежний стан трансформаторних підстанцій регламентується вимогами ПУЕ-2017 та іншими галузевими нормативами. До обов'язкових заходів належать: заземлення електрообладнання, наявність мастилоприймальних пристроїв, автоматичних систем пожежогасіння, регулярна перевірка аварійних ємностей, ущільнення кабельних ввідів негорючими матеріалами, контроль температурних режимів та герметичності обладнання. Гравійна засипка в мастилоприймачах має утримуватись у чистоті, а її пропускна здатність – перевірятись щонайменше раз на рік. У разі пожежі трансформатор негайно вимикається, активується система гасіння, викликається ОРСЦЗ, і персонал дієзгідно з оперативною картою.

Кабельні споруди, які є невід'ємною частиною енергетичних об'єктів, також мають бути захищені від поширення вогню. Всі кабельні канали, лотки, проходи через стіни та перекриття повинні мати вогнестійке ущільнення з негорючих матеріалів, марковане червоними смугами. Заборонено використовувати стінки кабельних каналів як огороження мастилоприймачів. Кабельні конструкції мають бути виготовлені з негорючих матеріалів, а місця проходу кабелів – закриті плитами з вогнестійкістю не менше EI 45. У місцях проходу кабелів через зони паливopодачі слід залишати просвіти для зменшення накопичення пилу, а всі щільнення мають бути стійкими до атмосферних впливів [2].

Оцінка протипожежного стану об'єктів енергетики повинна здійснюватися як на етапі проєктування, так і під час експлуатації. Проєктні показники безпеки мають бути закладені в технічну документацію, а оперативні – контролюватися регулярно. Виявлені дефекти фіксуються в журналі дефектів, а результати перевірок – в оперативному журналі. Усі роботи, пов'язані з сушінням трансформаторів, ремонтом, заповненням мастилом, мають виконуватись із дотриманням вимог пожежної безпеки, використанням негорючих матеріалів, мастилостійких шлангів та наявністю засобів гасіння. У разі відсутності постійного поста пожежної охорони – місце проведення робіт забезпечується первинними засобами гасіння та чергуванням інструктованого персоналу [3].

Таким чином, протипожежний стан об'єктів енергетичної критичної інфраструктури є багатокомпонентною системою, що включає технічні, організаційні та нормативні заходи. Його оцінка та підтримання в належному стані є обов'язковою умовою безпечної експлуатації об'єкта,

зниження ризику виникнення надзвичайної ситуації та забезпечення стійкості енергетичного сектору в умовах воєнних загроз і техногенних викликів. Враховуючи міжсекторальні зв'язки, порушення функціонування енергетичних об'єктів може спричинити каскадні наслідки для транспорту, зв'язку, водопостачання, охорони здоров'я та обороноздатності держави. Саме тому протипожежна безпека має розглядатися як стратегічний елемент національної безпеки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Спеціальна електротехніка : навчальний посібник / О. М. Землянський, К. І. Мигаленко, П. І. Заїка, В. І. Томенко, С. С. Тарасов, О. О. Зобенко. Черкаси : Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля, 2022. С. 344–370.

[2] Климась Р. В. Удосконалення методу прогнозування припинення та поширення горіння системою вогнеперешкоджання на маслоснаповнених трансформаторних підстанціях : дис. ... кандидата технічних наук : 21.06.02 «Пожежна безпека» / Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту ДСНС. Київ, 2022. 169 с.

[3] Пожежна профілактика та запобігання аваріям в електроустановках: навчальний посібник / О. І. Кулініч, С. П. Тараненко, О. М. Землянський. Черкаси : НУЦЗ України ЧПБ імені Героїв Чорнобиля, 2015. 250 с.

Kyrychenko O., Viesielov D.
***Fire Safety of Energy Facilities within the Critical Infrastructure
Protection System***

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ І ПРИ УПРАВЛІННІ ОБ'ЄКТАМИ ТА ПРОЄКТАМИ

UDC 658.26:621.7

ENERGY EFFICIENCY IN MANUFACTURING PROCESSES AND THE MANAGEMENT OF FACILITIES AND PROJECTS

Pashchenko Oleksandr, director, MIBO Institute, Department of Oil-Gas Engineering and Drilling, KhomenkoVolodymyr, associate professor, Department of Oil-Gas Engineering and Drilling
Dnipro University of Technology, Ukraine
pashchenko.O.A@nmu.one, homenko.v.l@nmu.one

The manufacturing sector accounts for approximately 24 % of global greenhouse gas emissions from industrial energy consumption and 5 % from industrial processes [1]. With energy costs rising and environmental regulations tightening, energy efficiency has become a critical priority for manufacturers seeking to reduce operational costs, enhance competitiveness, and meet sustainability goals. Research indicates that energy efficiency measures, combined with renewable energy integration, can achieve over 80 % of the emission reductions needed for sustainable manufacturing [1]. This article explores energy efficiency in three key areas: manufacturing processes, facility management, and project management. By synthesizing recent studies and real-world applications, it provides a detailed framework for implementing energy efficiency initiatives and addresses challenges and opportunities for future advancements.

Manufacturing processes, such as machining, forming, and assembly, are energy-intensive, but significant savings can be achieved through technological and operational optimizations. This section examines three primary strategies: process parameter optimization, energy-efficient scheduling, and renewable energy integration.

Process parameter optimization involves adjusting operational settings to minimize energy consumption while maintaining product quality and throughput. In machining processes like milling, turning, drilling, and grinding, parameters such as cutting speed, feed rate, depth of cut, and tool path significantly influence energy use. Studies have demonstrated that optimizing these parameters can reduce energy consumption by 10–20 % without compromising performance [2].

For example, in milling, higher cutting speeds may increase productivity but also energy use, while lower speeds can reduce energy consumption at the cost of longer cycle times. Advanced algorithms, such as Cuckoo search, artificial bee colony, and particle swarm optimization, have been employed to identify optimal parameter combinations [1]. A study on CNC machining found that optimizing feed rate and depth of cut reduced energy use by 15 % while maintaining surface finish quality [3].

Energy-efficient scheduling optimizes the timing and sequence of production tasks to minimize energy consumption. This is particularly relevant in complex manufacturing systems, such as parallel machine shops, flow shops, and job shops, where multiple machines and tasks interact. Scheduling strategies aim to balance energy use with other objectives, such as minimizing makespan (total production time) or tardiness.

Techniques like bi-objective optimization, genetic algorithms, and differential evolution algorithms have been used to develop schedules that reduce energy consumption. For instance, scheduling production during off-peak electricity tariff periods can lower costs, while variable machine speeds in job shops can reduce energy use by up to 12 % [1]. A study on flow shop scheduling demonstrated that integrating energy constraints into scheduling algorithms reduced total energy consumption by 10 % compared to traditional time-based scheduling [2].

Integrating renewable energy sources, such as solar photovoltaic (PV) systems and wind turbines, into manufacturing processes reduces reliance on fossil fuels and lowers carbon emissions. Renewable energy integration requires aligning production schedules with energy availability, often using energy storage systems or load-smoothing techniques. For example, a manufacturing plant in Germany implemented a solar PV system and adjusted production schedules to maximize the use of solar energy during peak sunlight hours, reducing grid electricity consumption by 25 % [3].

Despite its potential, only 12 % of energy efficiency studies focus on renewable energy integration, indicating a significant research gap [1]. Challenges include high initial costs, variability in renewable energy supply, and the need for advanced energy management systems to optimize integration.

Manufacturing facilities consume substantial energy through auxiliary systems such as lighting, compressed air, boilers, HVAC, pumps, and fans. Effective facility management can achieve significant energy savings through system upgrades, maintenance, and smart controls. The following table 1 summarizes key strategies and their potential savings, based on a comprehensive assessment [4].

Table 1. Energy Efficiency Strategies and Savings Potential for Manufacturing Facility Systems

System	Key Strategies	Potential Savings
Lighting	Replace HID with T8/T5 fluorescent or CFLs, install occupancy/photosensors, de-lamp	18 % of US electricity
Compressed Air	Lower pressure, reduce leaks (<10 % airflow), eliminate inappropriate uses	20–50 % electricity savings
Boilers/Steam	Recover waste heat (economizers), reduce leaks, optimize oxygen content (<3 %)	5–10 % fuel reduction
Process Heating	Recover flue gas heat, reduce oxygen in stack gases, insulate furnace walls	20–30 % efficiency increase
HVAC	Use airside economizers, programmable thermostats, add insulation	30 % commercial energy
Pumps	Downsize oversized pumps, install VFDs, use automatic controls	27 % industrial motor energy
Fans	Downsize oversized fans, install VFDs, reduce run time	15 % industrial motor energy

Lighting accounts for a significant portion of energy use in manufacturing facilities, contributing to 18 % of U. S. electricity consumption in 2010 [4]. Replacing high-intensity discharge (HID) lighting with T8/T5 fluorescent lamps, compact fluorescent lamps (CFLs), or light-emitting diodes (LEDs) improves energy efficiency while maintaining or enhancing light quality. For example, LEDs offer 50–70 % energy savings over HID systems and have longer lifespans, reducing maintenance costs.

Occupancy sensors and photosensors ensure lights are used only when needed, while de-lamping in over-lit areas reduces unnecessary energy consumption. A case study of a U. S. manufacturing facility reported a 40 % reduction in lighting energy use after implementing LED retrofits and smart controls [4].

Compressed air systems are critical in manufacturing but are often inefficient, with 20–30 % of energy lost to leaks and inappropriate uses. Strategies to improve efficiency include lowering system pressure to match process

requirements, maintaining systems to keep leaks below 10 % of airflow, and eliminating non-essential uses (e.g., using blowers instead of compressed air for cleaning). Installing variable frequency drives (VFDs) on compressors ensures constant pressure and improves efficiency by 20–50 % [4]. A study of a textile manufacturing plant found that addressing compressed air leaks reduced energy consumption by 25 % annually [4].

Boilers and steam systems account for 28–76 % of onsite energy use in manufacturing facilities, depending on the industry [4]. Key strategies include recovering waste heat through stack or condensing economizers, reducing steam leaks, and optimizing oxygen content in exhaust gases to below 3 %. These measures can reduce fuel consumption by 5–10 %. Insulating steam lines and implementing regular maintenance further enhance efficiency. A chemical manufacturing facility reported a 7 % reduction in boiler fuel use after installing a heat recovery system [4].

HVAC systems, pumps, and fans are significant energy consumers in manufacturing facilities. HVAC efficiency can be improved by using airside economizers, programmable thermostats, and enhanced insulation, achieving up to 30 % energy savings in commercial buildings [4]. For pumps and fans, downsizing oversized units and installing VFDs can reduce energy use by 27 % and 15 %, respectively, of industrial motor energy. Automatic controls further optimize performance by adjusting operation based on demand. A case study of a food processing plant demonstrated a 20 % reduction in pump energy use after installing VFDs and optimizing pump sizes.

Implementing energy efficiency measures requires structured project management to ensure successful execution and sustained savings. This section outlines a standardized project management approach and illustrates its application through a case study.

Energy efficiency projects typically follow a five-phase project management framework: initiation, planning, execution, monitoring and control, and closure. The following steps detail this process:

1. Define project objectives, scope, and stakeholders. Objectives often include reducing energy consumption, lowering costs, and meeting sustainability targets. Stakeholders may include plant managers, engineers, and external consultants.

2. Conduct an energy audit to identify savings opportunities, prioritize projects based on cost-benefit analysis, and develop a detailed plan with timelines, resources, and budget. Energy audits typically involve site surveys, data collection, and stakeholder interviews.

3. Implement energy-saving measures, ranging from low-cost quick wins (e.g., fixing leaks) to capital-intensive projects (e.g., installing new systems). Ensure coordination among teams and compliance with safety and regulatory standards.

4. Use energy management systems (EMS) to track performance, verify savings, and adjust strategies as needed. EMS provide real-time data and analytics to optimize energy use.

5. Evaluate project outcomes, document lessons learned, and communicate results to stakeholders. Successful projects often lead to additional efficiency initiatives.

A manufacturing facility in Pune, India, producing automotive impellers from super alloys, implemented an energy efficiency project to reduce energy costs and demonstrate sustainability to investors. The project began with a comprehensive energy survey, including an opening meeting to review operations and a site tour to collect data on energy use. The survey identified 16 energy-saving opportunities, categorized into quick wins and longer-term investments.

Quick Wins:

- Addressed compressed air leaks, reducing airflow losses by 15 %.
- Replaced fluorescent lighting with LEDs, saving 30 % of lighting energy.
- Insulated chiller lines and sealed climate-controlled areas, reducing HVAC energy use by 10 %.

Long-Term Investments:

- Installed a heat recovery system on gas-fired casting furnaces, saving 500,000 kWh annually.
- Implemented a compressed air monitoring system to maintain efficiency.
- Installed a 1.1 MW solar PV system, generating 1.8 million kWh annually, leveraging India's sunny climate and reducing carbon emissions due to the grid's fossil fuel-heavy mix.

The project achieved annual savings of 5.8 million kWh and £704,000 in energy costs, with a payback period of 2.5 years for major investments. The facility also installed half-hour submeters and an EMS, reducing waste energy consumption by an additional 5–10 % [4].

Energy management systems (EMS) are critical for monitoring and sustaining energy efficiency. EMS provide real-time data on energy consumption, enabling manufacturers to identify inefficiencies, track project performance, and optimize operations. For example, in the Pune case study, the EMS identified additional savings opportunities in compressed air and HVAC systems, contributing to sustained reductions. Studies suggest that EMS implementation can reduce energy waste by 5–15 % across manufacturing facilities [4].

Despite the benefits, several challenges hinder energy efficiency adoption in manufacturing:

- High Initial Costs: Capital-intensive projects, such as installing renewable energy systems or upgrading equipment, require significant upfront investment, which may deter small and medium-sized enterprises (SMEs).
- Knowledge Gaps: Limited awareness of energy-saving opportunities and a lack of skilled personnel can impede implementation.
- Organizational Resistance: Resistance to change, particularly in established manufacturing systems, can slow adoption of new technologies and practices.
- Regulatory and Market Barriers: Inconsistent energy policies and fluctuating energy prices can complicate long-term planning.

Addressing these challenges requires a combination of financial incentives, training programs, and clear communication of benefits to stakeholders.

While significant progress has been made, several areas warrant further investigation:

- Only 12 % of studies focus on integrating renewable energy into manufacturing processes, indicating a need for research on optimizing energy storage and load management [1].
- Most research focuses on job shops and flow shops, with limited attention to open shops, cellular manufacturing, and hybrid systems [1].
- Research on the impact of energy-saving policies and financial incentives can guide manufacturers in navigating regulatory landscapes.
- The role of Industry 4.0 technologies, such as IoT, AI, and digital twins, in enhancing energy efficiency remains underexplored.

Energy efficiency in manufacturing is essential for reducing costs, enhancing competitiveness, and mitigating environmental impacts. Optimizing process parameters, implementing energy-efficient scheduling, and integrating renewable energy sources can reduce energy consumption in manufacturing processes by up to 20 %. Facility management strategies, such as upgrading lighting, compressed air, and HVAC systems, can achieve savings of 15–50 % in specific systems. Structured project management, supported by energy audits and EMS, ensures successful implementation, as demonstrated by the Pune case study, which saved 5.8 million kWh annually. Despite challenges like high initial costs and knowledge gaps, combining technological advancements with organizational commitment can drive significant progress. Manufacturers must prioritize energy efficiency as a core value, supported by ongoing research and policy support, to achieve sustainable and cost-effective operations.

REFERENCES

- [1] Renna, P., & Materi, S. (2021). A literature review of energy efficiency and sustainability in manufacturing systems. *Applied Sciences*, 11 (16), 7366. <https://doi.org/10.3390/app11167366>.
- [2] Fysikopoulos, A., Papacharalampopoulos, A., Pastras, G., Stavropoulos, P., & Chrysosolouris, G. (2013). Energy efficiency of manufacturing processes: A critical review. *Procedia CIRP*, 7, 628–633. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.044>.
- [3] May, G., & Psarommatis, F. (2023). Maximizing energy efficiency in additive manufacturing: A review and framework for future research. *Energies*, 16 (10), 4179. <https://doi.org/10.3390/en16104179>.
- [4] Moynihan, G. P., & Barringer, F. L. (2017). Energy efficiency in manufacturing facilities: Assessment, analysis and implementation. In E. H. Yap (Ed.), *Energy efficient buildings* (pp. 6). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/64902>.

Pashchenko O., Khomenko V.

Energy efficiency in manufacturing processes and the management of facilities and projects

УДК 004:620.9:504

ЗЕЛЕНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Гончаренко О. В., к.е.н., Кречетова А. О.

Державний торговельно-економічний університет

Україна, Київ

ORCID: 0000-0003-2563-810X;

a.krechetova_fmtp_12_22_b_d@knute.edu.ua

У контексті безпрецедентного прискорення глобальної цифровізації, проблема зростаючого енергоспоживання інформаційних технологій (ІТ) та, як наслідок, посилення її енергозалежності, набуває першочергового наукового та практичного значення. Експансивний розвиток цифрової інфраструктури неминує призводити до розширення її екологічного сліду, створюючи суттєвий тиск на планетарні ресурси та кліматичну систему (Fritzler, 2025; Shah, 2024). Це обумовлює критичну актуальність досліджень у сфері зелених інформаційних технологій (Green IT) як стратегічного імперативу для забезпечення сталого розвитку.

Водночас, аналіз впливу інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) виявляє певну парадоксальність: попри їхню роль у сприянні інноваціям, саме по собі впровадження ІКТ не завжди забезпечує декарбонізацію і, за певних умов, може призводити до зростання викидів вуглецю, що пов'язано зі збільшенням енергетичного навантаження на дата-центри та іншу інфраструктуру (Adebayoetal..., 2025). Досвід останніх років показує, що навіть за умов інтеграції відновлюваних джерел енергії, загальний екологічний відбиток ІТ-сектору може продовжувати зростати, що свідчить про недосконалість або недостатню комплексність існуючих підходів та вимагає розробки більш ефективних стратегій (Fritzler, 2025).

Виходячи з окреслених викликів, метою даної роботи є системне обґрунтування та розробка цілісних стратегій впровадження зелених інформаційних технологій, спрямованих на кардинальне підвищення енергоефективності високопродуктивних обчислювальних систем та інфраструктури дата-центрів. Це дозволить принципово знизити енергоспоживання, зменшити енергозалежність від традиційних джерел та мінімізувати загальний екологічний слід, забезпечуючи перехід ІТ-сектору на траєкторію сталого розвитку.

Сучасні наукові дослідження активно зосереджуються на впровадженні інноваційних підходів у сфері зелених інформаційних технологій (Green IT) з метою оптимізації енергоспоживання та мінімізації екологічного сліду обчислювальних систем. Зростаюча цифровізація суспільства зумовлює нагальну потребу впровадження сталої ІТ-інфраструктури, що не лише дозволяє компаніям зменшити їхній вплив на довкілля, але й забезпечує довгострокову економічну вигоду (Fritzler, 2025). Наразі технологічна індустрія генерує від 2 % до 3 % глобальних викидів вуглецю, і за відсутності адекватних заходів ці показники прогнозовано зростатимуть (Shah, 2024).

Одним із напрямів є підвищення енергоефективності високопродуктивних обчислень. Дослідження (Ільїн, 2019) ілюструє застосування гібридних обчислювальних систем на базі графічних прискорювачів Nvidia CUDA для екологічного моніторингу атмосферного забруднення. Цей підхід дозволив скоротити споживання оперативної пам'яті до 30 % та зменшити енерговитрати на кожну операцію з плаваючою точкою (FLOP) на 1–2 порядки порівняно з традиційними центральними процесорами (CPU). Крім того, технологія забезпечила прискорення моделювання в 10–12 разів, що сприяє значному енергозбереженню.

Водночас, дослідження (Adebayoetal., 2025) вказує на складність інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) з заходами щодо

зменшення вуглецевого сліду. Аналіз даних за період 1990–2021 років у США виявив пряму залежність між впровадженням ІКТ та збільшенням викидів CO₂, що, ймовірно, пов'язано з підвищеним попитом на енергію з боку дата-центрів та іншої ІТ-інфраструктури. Проте, споживання відновлюваної енергії та глобалізація демонструють позитивний вплив на зниження викидів CO₂. Це підкреслює необхідність цілеспрямованої інтеграції ІКТ з відновлюваними джерелами енергії та відповідними політиками для досягнення цілей сталого розвитку.

У практичному вимірі Green IT охоплює адаптацію всього життєвого циклу ІТ-компонентів – від виробництва до утилізації – та свідоме використання ІТ для мінімізації екологічного впливу (Fritzler, 2025). За результатами дослідження Bitkom від 2022 року, сервери визнані лідерами за рівнем енергоспоживання в ІТ-інфраструктурі. Викиди парникових газів, пов'язані з ІТ-сектором, демонстрували зниження у 2018–2020 роках завдяки збільшенню частки відновлюваної енергії. Однак, у 2021 та 2022 роках спостерігалось зростання викидів CO₂, спричинене збільшенням частки вугілля в енергетичному балансі Німеччини. Більшість операторів великих дата-центрів прогнозують подальше зростання ІТ-просторів, кількості серверів, а отже, і споживання електроенергії та викидів парникових газів.

Для зменшення цього впливу активно впроваджуються інноваційні технології та практики, включаючи автоматизацію за допомогою штучного інтелекту (ШІ) та сталі дата-центри. «Зеленими» називають дата-центри, які використовують енергоефективні технології та поновлювані джерела енергії для мінімізації негативного впливу на довкілля, скорочуючи викиди вуглецю, відходів, об'єми спожитої води та електроенергії (Федорова, 2024). При розробці, проектуванні та експлуатації таких центрів реалізуються стратегії переходу на відновлювані джерела енергії (сонячна, вітрова, гідроенергія), застосування ефективних систем охолодження, включно з покращеними технологіями рідинного або випарного охолодження, та оптимізацію розташування серверів за принципом гарячого і холодного коридорів. Також важливою складовою є екологічне будівництво з використанням матеріалів, що мають низький рівень викидів, та вторинної сировини, а також управління інфраструктурою ЦОД за допомогою централізованих платформ для моніторингу. Системи ШІ оптимізують процеси в технологічних компаніях, сприяючи скороченню відходів та підвищенню ефективності. Вони прогнозують попит на енергію та оптимізують використання відновлюваних джерел, що потенційно може зменшити втрати енергії до 10 %. Зокрема, дата-центри Google використовують

системи охолодження на базі ШІ, що дозволило зменшити потребу в енергії для охолодження на 40 %. Дата-центр Meta у Швеції застосовує холодне скандинавське повітря для охолодження серверів. Близько 77 % компаній, що прагнуть до сталої трансформації, планують використовувати ШІ та автоматизацію у своїх процесах для зменшення інвестицій в інфраструктуру та енергоспоживання (Shah, 2024). Крім того, «зелені» дата-центри активно використовують відпрацьоване тепло для виробництва додаткової енергії або опалення, а також практикують переробку та модернізацію обладнання для подовження його терміну служби (Федорова, 2024). Енергоефективність таких ЦОД оцінюється за показниками, як-от Ефективність енергоспоживання (PUE) та Ефективність використання вуглецю (CUE), а також підтверджується добровільними системами сертифікації, зокрема The Leadership in Energy & Environmental Design (LEED), яка оцінює будівлі за критеріями локації, матеріалів, ефективності використання води та інновацій проектування (Федорова, 2024). Застосування сталих матеріалів та енергоефективних архітектурних рішень у будівництві дозволяє зменшити споживання енергії на 25 % та води на 11 % порівняно з традиційними будівлями.

Глобальна «Книга зелених технологій» (World Intellectual Property Organization, 2024), представлена на COP29, пропонує понад 200 рішень у сфері енергетичних технологій для різних секторів, включаючи дата-центри. Вона підкреслює необхідність суттєвих інвестицій в енергоефективні рішення для енергоємних секторів, ідентифікуючи дата-центри як ключових споживачів енергії, що вимагають пріоритетного впровадження зелених технологій.

Важливість Green IT також підкреслюється через існування різноманітних сертифікацій та директив. До них належать екологічне маркування “BlueAngel”, лейбл EnergyStar (створений у 1992 році Агентством з охорони навколишнього середовища США, Європейська Спільнота приєдналася у 2002 році), Директива WEEE 2012/19/EU (набула чинності 14 серпня 2012 року), Директива з екодизайну (2009/125/EC) та Директива RoHS2011/65/EU (Fritzler, 2025). Таким чином, впровадження Green IT сприяє не лише економії коштів, але й досягненню екологічних та соціальних цілей, що робить його ключовим елементом сучасної корпоративної стратегії.

Отже, сучасні економічні реалії та екологічні виклики підкреслюють нагальну потребу в оптимізації енергоспоживання в секторі IT через впровадження концепції Green IT. Хоча цифровізація є рушієм

економічного прогресу, розширення ІКТ, зокрема функціонування енергоємних дата-центрів, може парадоксально збільшувати вуглецевий слід. Проте, технологічні інновації, включаючи гібридні високопродуктивні обчислювальні системи, керовані штучним інтелектом рішення для дата-центрів та автоматизацію процесів, демонструють значний потенціал для істотного підвищення енергоефективності. Для досягнення цілей сталого розвитку вкрай необхідна стратегічна інтеграція ІКТ з відновлюваними джерелами енергії, що доповнюється комплексним управлінням життєвим циклом ІТ-компонентів та дотриманням відповідних міжнародних стандартів і сертифікацій.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Fritzler, L. (2025, May 2). *Green IT: sustainable information technology and its importance*. IT-Planet. Retrieved from <https://blog.it-planet.com/en/fachwissen/green-it-sustainable-information-technology-and-its-importance/>
- [2] Shah, K. (2024, October 18). *10 technologies to minimize environmental impact*. Computer.org. Retrieved from <https://www.computer.org/publications/tech-news/trends/technologies-minimizing-environmental-impact>
- [3] Ільїн, М. І. (2019). *Інформаційна технологія екологічного моніторингу процесів забруднення атмосфери з використанням високопродуктивних обчислень* [Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»]. 243 с.
- [4] Adebayo, T. S., Özkan, O., Ozsahin, D. U., Eweade, B. S., & Gyamfi, B. A. (2025). Exploring the role of ICT adoption technologies and renewable energy consumption in achieving a sustainable environment in the United States: an SDGs-based policy framework. *Environmental Sciences Europe*, 37 (1), 20. <https://doi.org/10.1186/s12302-025-01059-z>
- [5] Федорова, Х. (2024, 20 вересня). *Тренд на «зелені» дата-центри у світі: чому і як бізнесінвестує в екорішення*. Kyivstar Hub. Взято з <https://hub.kyivstar.ua/articles/trend-na-zeleni-data-czentri-u-sviti-chomu-i-yak-biznes-investuye-v-ekorishennya>
- [6] World Intellectual Property Organization. (2024, November 19). *New edition of Green Technology Book on Energy Solutions*. Retrieved from https://www3.wipo.int/wipogreen/en/news/2024/news_0018.html

Honcharenko O., Krechetova A.
Green information technologies for energy saving

УДК 614.8:622.785

СУЧАСНІ ВИРОБНИЧІ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛОПЛАСТИКОВИХ ВІКОН ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ: АНАЛІЗ, НОРМАТИВИ І ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ

Ремешевська І., к.т.н., Гурець Н., ст. викладач, Бардадим М.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Україна, Миколаїв

iryna.remeshevska@nuos.edu.ua

Металопластикові (PVC/uPVC) вікна широко застосовуються у сучасному будівництві завдяки енергоефективності, довговічності та простоті обслуговування. Водночас їхнє виробництво включає складний технологічний ланцюг – екструзію, профілювання, термообробку, зварювання, обробку кромки, оздоблення та герметизацію, – кожен із яких може спричиняти виділення шкідливих агентів у повітря робочої зони, створюючи потенційні ризики для здоров'я працівників [4]. Метою цієї роботи є висвітлення сучасних технологій виробництва, визначення професійних ризиків, аналіз нормативної бази та рекомендацій щодо захисту персоналу.

Сучасне виробництво металопластикових вікон включає кілька ключових технологічних процесів:

- Екструзія профілів: плавлення PVC-гранул із доданими стабілізаторами, пластифікаторами та наповнювачами, формування та охолодження профілів. На цій стадії можливе виділення вінілхлорид-мономеру (VCM) та легких стабілізаторів, особливо при використанні застарілих формул [2].
- Профілювання, різка та шліфування: обробка країв, свердління, шліфування генерує дрібнодисперсний пил, що містить наповнювачі (TiO_2), стабілізатори та частинки полімеру [4].
- Зварювання та термообробка: високі температури під час зварювання профілів спричиняють термодеструкцію PVC, виділення легких органічних сполук (VOC) та хлороводню (HCl) [1].
- Оздоблення та герметизація: нанесення ущільнювачів, клеїв, герметиків та декоративних покриттів спричиняє випаровування VOC та пластифікаторів [4].
- Збирання та монтаж конструкцій: контакт із ущільнювачами, фурнітурою та мастилами може створювати механічні та алергенні ризики [3].
- Переробка та утилізація відходів: обрізки та старі віконні рами при некоректній обробці або термічній обробці виділяють шкідливі речовини [5].

Працівники під час виробництва металопластикових вікон піддаються впливу різних небезпечних агентів, що залежать від конкретного технологічного етапу. Так, при екструзії та виробництві PVC відбувається контакт з вінілхлорид-мономером (VCM), який асоціюється з гепатотоксичністю та підвищеним ризиком розвитку ангіосаркоми печінки [2, 3]. Під час різки та шліфування профілів утворюється респірабельний пил з наповнювачами, що може викликати хронічні респіраторні захворювання та астму, особливо при наявності TiO_2 [4]. Контакт або інгаляція пилу та випарів пластифікаторів і стабілізаторів у процесі оздоблення здатні порушувати роботу ендокринної та репродуктивної систем, а також функції печінки та нирок [4]. Крім того, під час термодеструкції PVC, зварювання та оздоблення виділяються леткі органічні сполуки (VOC) і гази, зокрема HCl та інші хлоровані речовини, які подразнюють слизові оболонки та дихальні шляхи і при високих концентраціях можуть викликати системну інтоксикацію [1].

В Україні встановлено гігієнічні регламенти максимально допустимих концентрацій хімічних речовин у повітрі робочої зони, що охоплюють VCM та деякі фталати. Європейські регуляції (REACH, CLP) та рекомендації ЕЧА визначають жорсткіші обмеження щодо використання небезпечних добавок, маркування та OEL, наприклад $\text{VCM} \approx 5 \text{ ppm}$ ($\approx 13 \text{ mg/m}^3$ за 8-годинну зміну) [5].

Для мінімізації ризиків застосовують інтегровані заходи:

- Інженерні: локальна витяжна вентиляція на екструзії, зварюванні, шліфуванні; герметичні кабінки; контроль температури, щоб уникнути деградації PVC [4].
- Організаційні: обмеження часу роботи в зонах підвищеної експозиції; чергування; навчання персоналу; протоколи обробки відходів [1].
- Засоби індивідуального захисту (CІЗ): респіратори з відповідними фільтрами, захисні окуляри, рукавички та одяг під час різки, шліфування, оздоблення [4].
- Матеріальні заходи: застосування безпечніших пластифікаторів і стабілізаторів; контроль складу сировини та рециклів [5].
- Моніторинг і медичний нагляд: регулярний контроль концентрацій VCM, пилу, VOC та стабілізаторів; періодичний медичний огляд печінки, дихальних шляхів та репродуктивної системи.

Висновки. Виробництво металопластикових вікон супроводжується значними професійними ризиками на всіх технологічних етапах. Незважаючи на наявні регуляції в Україні та ЄС, багато стандартів не враховують специфічні умови виробництва, особливо при термообробці,

зварюванні та роботі з пластифікаторами. Ефективне зниження ризиків потребує комплексного підходу: інженерних, організаційних та матеріальних заходів, використання СІЗ та системного моніторингу. Подальші дослідження мають бути спрямовані на польову оцінку експозицій, вимірювання пікових та середньодобових концентрацій, а також ефективності заходів захисту.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Guardiola, J. J., Hernández-Bello, A., García, L., & Palacios, S. (2016). Occupational exposures at a polyvinyl chloride production plant. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 11 (45). Retrieved from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5712227/>
- [2] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2012). Vinyl chloride. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 100F. International Agency for Research on Cancer. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304420/>
- [3] Lopez, V., Kogevinas, M., & Porta, M. (2013). The long-term effects of occupational exposure to vinyl chloride. *BMJ Open*, 3 (6), e002785. Retrieved from <https://bmjopen.bmj.com/content/3/6/e002785>
- [4] Rowdhwai, S. S., & Chen, J. (2018). Toxic effects of di-2-ethylhexyl phthalate: An overview. *Biomed Research International*, 2018, 1750368. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6286464/>
- [5] European Chemicals Agency (ECHA). (2023). ECHA identifies risks from PVC additives and microparticle releases. Retrieved from <https://echa.europa.eu/-/echa-identifies-risks-from-pvc-additives-and-microparticle-releases>

Remeshevska I., Gurets N., Bardadym M.

Modern Production Technologies of PVC Windows and Their Impact on Workers' Health: Analysis, Regulations, and Risk Mitigation Approaches

УДК 628.4:621.355.2:614.8

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ ТА БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

Сідней С. О., д.т.н., доцент, Школяр Є. В., к.психол.н.,

Мотрічук Р. Б., доктор філософії, Іщенко І. І.

Національний університет цивільного захисту України

Україна, Черкаси

Застосування свинцево-кислотних акумуляторів у сучасній промисловості має надзвичайно широкі масштаби. За статистичними даними, понад 60 % світового обсягу виробленого свинцю витрачається саме на їх виготовлення, що робить акумуляторну промисловість найбільшим споживачем цього металу. В Україні приблизно половина всього споживаного свинцю використовується для виробництва акумуляторів, які застосовуються в транспортних засобах, дорожньо-будівельній техніці та інших самохідних машинах. Така тенденція свідчить про стабільне зростання попиту на свинець, зумовлене розвитком мобільної техніки, електро-транспорту та систем резервного живлення.

Однак, на тлі зростаючого споживання свинцю, Україна стикається з серйозною проблемою – відсутністю власної сировинної бази. Основні родовища свинцю розташовані поза межами країни, а первинна металургійна переробка свинцевих концентратів практично не здійснюється. У таких умовах вторинна переробка відпрацьованого акумуляторного брухту набуває особливої актуальності. Вона не лише дозволяє частково компенсувати дефіцит металу, а й сприяє вирішенню екологічних проблем, пов'язаних і з накопиченням токсичних відходів.

Наявні виробничі потужності в Україні здатні переробляти понад 250 тис. т вторинної свинцевмісної сировини щороку. Проте фактичне завантаження цих потужностей становить менше 30 %, що дозволяє покрити лише близько 20 % внутрішньої потреби країни у свинці. Такий дисбаланс міжпотенціалом і реальним обсягом переробки свідчить про необхідність активізації роботи у сфері збору, логістики та технологічної утилізації свинцевмісних відходів.

У сформованій ситуації реальним шляхом задоволення потреб української промисловості у свинці за прийнятними економічними та екологічними умовами є організація ефективної системи виробництва вторинного свинцю. Це передбачає переробку брухту свинцю, відпрацьованих

аккумуляторів та інших свинцевмісних матеріалів, що накопичуються на території країни. Такий підхід дозволяє не лише зменшити залежність від імпорту, а й створити замкнутий цикл ресурсного використання, що відповідає принципам сталого розвитку та техногенної безпеки [1].

У цьому контексті технологічний процес утилізації аккумуляторних батарей, реалізований на спеціалізованих підприємствах, є прикладом складного багатостадійного виробництва з високим потенціалом ризиків, але водночас – із великим стратегічним значенням для національної економіки. Його безпечна експлуатація потребує системного аналізу небезпек, впровадження сучасних методів очищення, контролю та управління ризиками відповідно до принципу прийнятного ризику.

Забезпечення безпеки промислових об'єктів, особливо таких, що працюють із токсичними та вибухонебезпечними речовинами, є одним із ключових завдань сучасної інженерної практики. У цьому контексті технологічний процес утилізації свинцево-кислотних аккумуляторних батарей, що реалізується такого роду підприємствах, становить приклад складного багатостадійного виробництва з високим потенціалом техногенних ризиків. Відповідно до сучасних підходів, абсолютна безпека є недосяжною, а отже, управління ризиками повинно базуватися на принципі прийнятного ризику, який передбачає імовірнісну оцінку небезпек та оптимізацію захисних заходів.

Першим етапом у системі управління промисловою безпекою є ідентифікація небезпек, тобто виявлення джерел потенційної загрози, сценаріїв їх реалізації та умов виникнення. У випадку утилізації використаних аккумуляторних батарей такими джерелами виступають свинцевмісна сировина, сірчана кислота, високотемпературне обладнання, газоподібні продукти піролізу, а також механічні процеси дроблення, транспортування та зберігання. Ідентифіковані небезпеки класифікуються за видом (хімічні, фізичні, механічні), інтенсивністю (постійні, залпові, накопичувальні), характером впливу (локальний, регіональний, транскордонний) та сферою забруднення (атмосфера, гідросфера, літосфера) [2].

Технологічний процес утилізації АКБ включає низку операцій: приймання та складування сировини, її підготовку, плавку в шахтній та барабанній печах, рафінування, легування, розлив у чушки, охолодження та контроль якості. На кожному етапі існує ризик виникнення аварійної ситуації, яка може розвиватися у трьох фазах: локальний (в межах апарата), цеховий (із загрозою для персоналу) та об'єктовий (із виходом за межі підприємства). Наприклад, розлив електроліту при дробленні АКБ, вибух у

печі через накопичення горючих газів або пожежа в зоні зберігання коксу можуть мати серйозні наслідки для здоров'я працівників і довкілля.

Кількісна оцінка ризику дозволяє визначити пріоритети у впровадженні захисних заходів. Вона базується на розрахунку добутку ймовірності реалізації небезпеки та масштабу потенційного збитку. Так, ризик викиду свинцю в атмосферу оцінюється як високий через його токсичність і здатність накопичуватись у біосфері. Розлив сірчаної кислоти також становить високий ризик через хімічну агресивність речовини та можливість ураження персоналу. Водночас ризик пожежі в зоні коксу або вибуху в печі оцінюється як середній, але потребує постійного контролю.

Для зниження рівня ризику на підприємстві впроваджено низку технічних і організаційних заходів. До технічних належать рукавні фільтри тонкого очищення, камери допалювання газів, системи душирування для пилопригнічення, кислототривке покриття підлоги, станція нейтралізації стоків. Організаційні заходи включають функціонування експрес-лабораторії, регулярне навчання персоналу, вхідний контроль сировини, дотримання технологічних карт, використання засобів індивідуального захисту. Всі ці заходи спрямовані на забезпечення відповідності нормативним вимогам, зокрема ДСТУ 3273-95, та на підтримання санітарно-гігієнічного і протипожежного стану виробництва [3].

Окрему увагу слід приділити впливу виробництва на навколишнє середовище. Викиди забруднюючих речовин в атмосферу здійснюються через 13 організованих джерел, а також через аераційні ліхтарі. Основними забруднювачами є свинець, оксиди сірки, азоту, водню та органічні сполуки. За результатами розрахунків такі виробництва віднесено до третього класу небезпеки. Для мінімізації впливу передбачено високоефективні пилогазоочисні установки, припливно-витяжну вентиляцію, вологе прибирання приміщень, зволоження сировини та шихти.

Таким чином, технологічний процес утилізації акумуляторних батарей на є прикладом складного промислового об'єкта з високим потенціалом техногенних ризиків. Водночас завдяки впровадженню сучасного обладнання, систем контролю, очищення та організаційних заходів, рівень небезпеки може бути знижений до прийнятного. Комплексна оцінка параметрів небезпеки, що включає ідентифікацію джерел, сценарний аналіз, кількісну оцінку ризику та впровадження захисних заходів, є необхідною умовою безпечної експлуатації такого типу виробництва.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Апостолок, С. О., Джигирей, В. С., & Соколовський, І. А. (2012). *Промислова екологія: навчальний посібник*. Знання.

[2] Стоєцький, В. Ф., Дранішніков, Л. В., Жартовський, В. М., & Найверт, О. В. (2006). *Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки* (с. 100–117, 181–184). Видавництво Астон.

[3] ДСТУ 3273-95. (1995). *Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги*. Держстандарт України.

Sidnei S., Shkoliar Ye., Motrichuk R., Ishchenko I.
Assessment of Technogenic Risks and Safety of the Technological Process for Recycling Lead-Acid Batteries

УДК 69.059.38

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ: ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Шмонін Є. О., здобувач вищої освіти

Науковий парк «Алгоритм інновацій»

Україна, Харків

e-mail: zheniashmonin13@gmail.com

У сучасних умовах енергоефективність будівель стає одним з найважливіших факторів сталого розвитку будівельної галузі [1]. За оцінками фахівців, понад 80 % житлових будинків в Україні не мають належної теплоізоляції, що призводить до споживання енергії у 2–3 рази вищого за показники країн ЄС [2]. Це актуалізує питання розробки та впровадження нових енергоефективних матеріалів для теплоізоляції будівель.

Теплоізоляційні матеріали нового покоління характеризуються значно покращеними теплофізичними властивостями порівняно з традиційними утеплювачами [3]. Інноваційні технології дозволяють створювати матеріали з коефіцієнтом теплопровідності 0,015–0,025 Вт/(м·К), що в кілька разів перевищує ефективність звичайних утеплювачів [4]. Це дозволяє зменшити товщину ізоляційного шару, оптимізувати простір та значно скоротити втрати енергії в будівлях.

Метою дослідження є аналіз сучасних тенденцій розвитку енергоефективних теплоізоляційних матеріалів, дослідження їх характеристик та перспектив застосування у будівництві для підвищення енергоефективності будівель.

Аерогель являє собою надлегкий матеріал, понад 90 % якого складає повітря [5]. Завдяки унікальній комірковій структурі на наномасштабі

аерогель демонструє екстремально низьку теплопровідність – приблизно $0,015 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ [6]. Це в кілька разів краще, ніж у пінополістиролу або мінеральної вати. Аерогелеві матеріали поєднують високу міцність із мінімальною вагою, що дозволяє зменшити навантаження на конструкції без втрати надійності. Монтаж таких матеріалів є легким і гнучким, що спрощує процес установлення навіть у складних умовах. Крім того, аерогелі мають гідрофобні властивості, що забезпечує належний мікроклімат усередині конструкцій. Їх важливою перевагою є вогнестійкість – вони здатні витримувати температури до $+1200^\circ\text{C}$ [7]. Ці матеріали гарантують стабільну роботу протягом тривалого часу без змін властивостей.

Використання аерогелю в будівництві дає змогу значно скоротити товщину теплоізоляційного шару без втрати ефективності – 10 міліметрів такої теплоізоляції замінюють кілька сантиметрів стандартного утеплювача [8]. Завдяки настільки високій ізоляційній здатності, аерогелеві матеріали дозволяють не лише ефективно утеплювати нові будівлі, а і реконструювати історичні або обмежені по товщині конструкції, де використання стандартних багатосантиметрових шарів було б неможливим або недоцільним.

Вакуумні ізоляційні панелі (VIP) – це інноваційна технологія, що забезпечує високу теплоізоляцію [9]. Вони складаються з пористого ядра, розміщеного в вакуумній оболонці, що дозволяє мінімізувати тепловтрати через усі три механізми теплопередачі: конвекцію, кондукцію та радіацію. Завдяки такій конструкції VIP досягають теплопровідності близько $0,003\text{--}0,007 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, що у 5–10 разів краще за традиційні утеплювачі. [10]. Це дозволяє застосовувати їх у місцях з жорсткими обмеженнями щодо товщини теплоізоляції, максимально економити корисний простір і забезпечувати високий рівень енергозбереження навіть при мінімальній товщині шару.

Ключовими характеристиками VIP панелей є низька теплопровідність від $0,00043$ до $0,0007 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, робочий діапазон температур від -40°C до $+80^\circ\text{C}$, та товщина від 5 до 30 мм [11]. Панелі забезпечують мінімальну втрату тепла, їх можна використовувати у різних кліматичних умовах, також для конструкцій із обмеженим простором.

За тих самих умов теплоізоляції ефект вакуумної ізоляційної панелі в 5–10 разів вищий за традиційні теплоізоляційні матеріали. При тій же теплопровідності товщина VIP становить лише $1/4\text{--}1/6$ товщини традиційного ізоляційного матеріалу [12]. Завдяки цьому VIP-панелі дозволяють не лише суттєво економити простір, забезпечуючи тонкі, але надзвичайно

ефективні теплоізоляційні шари, а й відкривають нові можливості для модернізації старих будівель та проектування сучасних конструкцій з підвищеними вимогами до енергозбереження.

Особливу увагу заслуговують біоорганічні матеріали на основі рослинних волокон, які поєднують високу енергоефективність з екологічною безпекою [13]. Біоорганічні утеплювачі, виготовлені з рослинних волокон, вирізняються не лише високими теплоізоляційними властивостями, а й екологічністю. Вони базуються на природних, відновлюваних ресурсах, таких як льон, коноплі, деревна вата чи целюлоза, що робить їх безпечними для навколишнього середовища і здоров'я людини.

Сучасні енергоефективні матеріали демонструють істотну перевагу над традиційними утеплювачами, насамперед завдяки значно нижчим показникам теплопровідності. Серед традиційних рішень пінополістирол (EPS) має теплопровідність у межах 0,035–0,040 Вт/(м·К), а екструдований пінополістирол (XPS) – 0,030–0,040 Вт/(м·К). Мінеральна вата, залежно від щільності та складу, характеризується теплопровідністю 0,035–0,050 Вт/(м·К) [14]. Отже, традиційні теплоізоляційні матеріали, такі як пінополістирол і мінеральна вата, забезпечують базовий рівень енергоефективності, однак їх теплопровідність є відносно високою порівняно з новітніми технологічними рішеннями.

Інноваційні матеріали забезпечують значно вищий рівень теплоізоляції. Аерогель вирізняється показником теплопровідності від 0,015 до 0,025 Вт/(м·К), а вакуумно-ізоляційні панелі (VIP) – рекордно низьким значенням 0,004–0,007 Вт/(м·К). Модифіковані біоматеріали також демонструють хорошу ефективність, маючи теплопровідність у межах 0,029–0,032 Вт/(м·К) [14]. Це свідчить про потенціал новітніх рішень для поліпшення енергоефективності будівель.

Використання інноваційних матеріалів дозволяє зменшити тепловтрати через стіни на 54,8 % та через покрівлю на 53,5 % [15]. Це забезпечує не лише значне скорочення споживання енергоресурсів, а й дозволяє знизити витрати на обслуговування систем опалення та кондиціонування, що стає особливо критичним у контексті постійного зростання цін на енергетику.

Висновок. Аналіз сучасних тенденцій розвитку енергоефективних теплоізоляційних матеріалів показує значний потенціал для підвищення енергоефективності будівель. Інноваційні матеріали, такі як аерогелі, вакуумні панелі та біоорганічні утеплювачі, демонструють теплопровідність в 2–5 разів нижчу за традиційні матеріали.

Особливо перспективними є біоорганічні матеріали на основі льону, які поєднують високу енергоефективність з екологічною безпекою та сталістю.

Впровадження нормативів pZEB в Україні створює сприятливі умови для широкого застосування цих технологій.

Подальший розвиток галузі потребує державної підтримки, інвестицій у дослідження та розробку, а також підготовки кваліфікованих спеціалістів. Це дозволить Україні досягти європейських стандартів енергоефективності та забезпечити сталий розвиток будівельної галузі.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Мандрика А. С. Енергоефективні технології : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2021. 156 с.

[2] Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної цільової економічної програми підтримки термомодернізації будівель до 2030 року» від 13 липня 2025 р. № 890. Взято з <https://www.kmu.gov.ua/en/news/uriad-zatverdvy-derzhavnu-tsilovu-ekonomichnu-prohramu-pidtrymky-termomodernizatsii-budivel-do-2030-roku>

[3] Новосад П., Шаповал С., Братичак М. Thermal insulation materials based on flax straw. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Хімія, технологія речовин та їх застосування»*. 2021. № 904. С. 49–56.

[4] Next-generation insulation promises large energy efficiency gains. CORDIS EU research results. 2017. Retrieved from: <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/projects/success-stories/all/next-generation-insulation-promises-large-energy-efficiency-gains>

[5] Аерогелева теплоізоляція – Інновації в утепленні будівель. 2025. Взято з <https://pic-pk.ua/innovatsii-v-uteplenni-budivel-aeroheleva-teploizolia-tsiia-ta-perevireni-tekhnohii/>

[6] Fricke M., Subrahmanyam R. Cellulose Aerogel as Core Material for Vacuum Insulation. *Chemistry Views*. 2025. Retrieved from: <https://www.chemistryviews.org/cellulose-aerogel-as-core-material-for-vacuum-insulation/>

[7] Інноваційні технології утеплення: перехід на новий рівень комфорту та ефективності. Тепла квартира. 2024. Взято з <https://tepla-kvartyra.kiev.ua/uk/innovacijni-tehnologii-uteplennya-perexid-na-novij-riven-komfortu-ta-efektivnosti/>

[8] Szabó Á., Lakatos Á. Thermal analysis of aerogels and their vacuum-formed composites. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2024. Vol. 54. Article 104009.

[9] Vacuum insulation panels. Aerogel-it. 2025. Retrieved from <https://aerogel-it.de/vacuum-insulation-panels/>

[10] Інновації у будівництві 2025 – що змінює ринок. Взято з <https://vash-master.com.ua/innovatsii-u-budivnitstvi-2025-sho-zminyue-rinok/>

[11] TOPQV® Vacuum Insulation Panel (Chopped Fiberglass Core). Exceed Insulation. 2025. Retrieved from <https://exceedinsulation.com/our-projects/vacuum-insulation-panels/>

[12] Вакуумні ізоляційні панелі зі скловолокна з наносиліцієвими термічними аерогелями. ZeroThermo VIP. Взято з <http://uk.zerothermovip.com/good-quality-nano-silica-thermal-aerogel-fiberglass-vacuum-insulation-panels-for-building-construction-product/>

[13] Palumbo M., Lacasta A. M., Giraldo M. P., et al. Bio-based insulation materials and their hygrothermal performance in a building envelope system. *Energy and Buildings*. 2018. Vol. 174. P. 147–157.

[14] Amani N., et al. Energy efficiency of residential buildings using thermal insulation simulation. *Case Studies in Construction Materials*. 2025. Vol. 22. Article e03958.

[15] Amani N., et al. Energy efficiency of residential buildings using thermal insulation simulation. *Case Studies in Construction Materials*. 2025. Vol. 22. Article e03958.

Shmonin Ye

***Energy-Efficient Materials in Modern Construction:
New Generation Thermal Insulation***

УДК 620.9:504.06:630.3

ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДЕРЕВНИМИ ВІДХОДАМИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЦІЛЕЙ

Максимів М. І., аспірант

Національний лісотехнічний університет України

Україна, Львів

maksymiv.mi@nltu.lviv.ua

Використання деревної біомаси для енергетичних цілей є актуальним як для країн світу, так і Європи. Для України розвиток біоенергетики на основі твердої біомаси, зокрема, деревної сприяє енергетичній незалежності й енергетичному забезпеченню держави в умовах руйнації енергетичної інфраструктури? Через російську збройну агресію проти нашої держави.

Незважаючи на воєнний стан і складну ситуацію в економіці загалом та енергетичному секторі, зокрема, Україна докладає зусиль для набуття повноправного членства в ЄС. Для цього слід виконати низку вимог, які містять нормативні документи ЄС. У сфері біоенергетики таким документом є Директива RED III (EU) Renewable Energy Directive 2023/2413 [1], розроблена у контексті цілей Зеленої Європейської угоди (Green Deal).

Філософія і основна мета Green Deal EU-28 – досягнення нульових викидів CO₂-еквівал. від господарської діяльності, тобто кліматична нейтральність до 2050 р. Цього можна досягти завдяки запровадженню відновлювальних джерел енергії, зменшенню енергоспоживання та заходам зі скорочення обсягів використання викопного палива. Основні засоби реалізації цієї мети – відміна субсидій на викопне паливо і монетизація викидів CO₂ за допомогою введення енергетичного податку, вуглецевого податку, системи торгівлі квотами на викиди тощо. Для досягнення кліматичної нейтральності мінімальна частка біоенергетики від усієї енергетики має складати 25 % згідно бачення Європейської Комісії.

Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року, ухвалений 13 серпня 2024 р., визначає частку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у валовому кінцевому споживанні енергії у 2030 р. на рівні 27 % (у т. ч. систем тепло- та холодопостачання – 33 %; виробництва електроенергії – 29 %; транспортному секторі – 17 %). Частка теплової енергії з біомаси в Україні становить близько 98 % усієї відновлюваної теплової енергії (2797 тис. тонн нафтового еквівалента, т н. е., у 2020 р.). До 2030 р. у структурі споживання відновлюваної енергії в секторі тепло- та холодопостачання внесок біомаси становитиме 5749 тис. т н.е. / рік за загального валового кінцевого споживанні енергії з ВДЕ 7400 тис. т н. е. / рік. Потенціал твердої біомаси становить 35,3 млн. т н.е. на рік. В Україні шляхом будівництва та введення в експлуатацію нових потужностей біогенерації виробництво електроенергії з біомаси реально збільшити до 3850 ГВт·год у 2030 р. (загальною потужністю близько 876 МВт) [2].

Біоенергетика є одним з головних елементів стратегії ЄС щодо декарбонізації економіки, підвищення енергетичної безпеки та сприяння сталому розвитку. ЄС є світовим лідером у виробництві біоенергії, значну частку якої становлять тверда біомаса, біогаз та рідкі біопалива. У 2022 р. біоенергетика становила 47 % постачання відновлюваної енергії в ЄС, що підкреслює її важливу роль у структурі відновлюваної енергії [3].

Наявність сталої біомаси – головний чинник успішного запровадження біоенергетичних технологій. Біомасу отримують з різних джерел, зокрема

лісових відходів, органічних відходів домогосподарств та промисловості. Біоенергетичні технології є універсальними і доступними в різних масштабах, що дає змогу зробити істотний внесок у диверсифікацію та безпеку енергопостачання. Такий підхід зменшує залежність від викопних видів палива. Технології перероблення біомаси досягли комерційного масштабу (TRL 9), тоді як інші процеси, такі як піроліз, газифікація та гідротермальне скраплення, варіюються від пілотного масштабу (TRL 5) до докомерційного (TRL 7) [3].

Лісова біомаса, у т.ч. тверда біомаса (стовбури). походить з лісового господарства, Крім того, критерії сталості застосовуються до всіх лісових відходів (гілок, кори, хвої, верхівок дерев, коренів та пнів), що утворюються в процесі вирощування та заготівлі деревини і можуть охоплювати деревину, зібрану після природної загибелі.

Лісова деревна біомаса становить основну частину твердого біопалива у структурі ВДЕ України. Беручи до уваги екологічні послуги лісових екосистем – регулювання клімату, захист від ерозії ґрунтів, водних ресурсів, оселища для незліченної кількості видів флори і фауни та інших, важливих для підтримання життя на планеті, а також соціальні – місце відпочинку і рекреації, науково-пізнавальні, духовні тощо, слід ретельно планувати і реалізувати обсяги рубань дерев, контролювати весь ланцюжок створення вартості лісової деревної біомаси для цілей біоенергетики. Для реалізації цієї мети потрібна цілісна система управління лісовою деревною біомасою.

Для забезпечення біоенергетики лісовими деревними відходами як основного ресурсу на засадах сталості, доцільно, на наш погляд, створити інтегровану систему управління деревними відходами лісопромислового комплексу. В основу системи пропонуємо покласти міжнародні стандарти серії ISO 14000, прийняті в Україні як національні під шифром ДСТУ ISO серії 14000. Побудована на базі стандарту ДСТУ ISO 14001 система охоплюватиме п'ять основних етапів: політика щодо заготівлі та використання деревних відходів для енергетичних цілей, планування, запровадження, моніторинг і контроль, оцінювання з боку вищого керівництва [4]. Найвища мета системи – неперервне покращення діяльності в галузі заготівлі та використання відходів деревної біомаси лісопромислового комплексу з урахуванням вимог сталого розвитку й адаптації до пом'якшення наслідків зміни клімату без порушення планетарних меж. Система повинна інтегрувати технологічні, логістичні та управлінські рішення для оптимізації потоків деревної біомаси.

Завдяки запровадженню інтегрованої системи управління деревними відходами особи, що приймають рішення щодо заготівлі й енергетичного

використання деревини, отримують надійний і сучасний інструмент неперервного поліпшення якості та ефективності діяльності в галузі охорони навколишнього середовища (стандарт ДІСТУ ISO 14001:2015), якості продукції і процесів (ДСТУ ISO 9001:2015), інформаційної безпеки (ДСТУ ISO/IEC 27001:2015) та інших важливих аспектів господарської діяльності, зокрема в частині запровадження критеріїв сталості лісової біомаси та її відходів згідно вимоги Директиви ЄС RED III. Запровадження критеріїв сталості лісової біомаси – одна з обов'язкових вимог щодо гармонізації законодавства ЄС та України в галузі біоенергетики як умовина буття Україною членства в ЄС.

В основу використання лісової деревної біомаси має бути покладено каскадний принцип. Згідно RED III деревну біомасу слід використовувати відповідно до її найвищої економічної й екологічної цінності в порядку пріоритетності: виробу з деревини, продовження терміну їх служби, повторне використання, перероблення, біоенергетика, утилізація. Дотримання цього принципу сприятиме досягненню кліматичної нейтральності шляхом зберігання вуглецю та заміни ресурсів на основі викопного палива. У разі, якщо інше використання деревної біомаси економічно недоцільне або ж екологічно неприйнятне, рекуперація енергії дає змогу скоротити виробництво енергії з невідновлюваних джерел. Програми підтримки біоенергетики мають бути спрямовані на сировину, для якої існує незначна ринкова конкуренція з матеріальними секторами і джерела постачання якої сприятливі для клімату та збереження біорізноманіття, щоб уникнути негативних стимулів для несталіх шляхів розвитку біоенергетики (Звіт Спільного дослідницького центру Комісії ЄС (2021) «Використання деревної біомаси для виробництва енергії в ЄС») [5].

Для сталого промислового використання в енергетиці в контексті вимог сталого розвитку і концепції планетарних меж (*planetary boundaries*) придатна лише вторинна деревна біомаса.

Відступ від принципу каскадного використання біомаси згідно RED III є виправданим, коли йдеться про необхідність забезпечення енергопостачання. Відступати від цього принципу можна, якщо місцева промисловість кількісно або технічно неспроможна використовувати лісову біомасу для отримання еколого-економічної доданої вартості, вищої за виробництво енергії, для сировини, отриманої в результаті лісоуправлінських заходів щодо забезпечення до комерційних операцій з проріджування і здійснених згідно національного законодавства про запобігання лісовим пожегам у районах з високим ризиком; лісозаготівель після природних лих

(задокументованих); заготівель певних порід деревини, характеристики яких не підходять місцевим переробним підприємствам.

Документ ISCC EU SystemDocument 202-3 «Лісова біомаса – Принцип ISCC 1» охоплює законодавчі вимоги статей 29 (6) та 29 (7) переглянутої Директиви (ЄС) 2018/2001 від 11 грудня 2018 р. про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел (RED III), а також Імплементативного акту, що містить оперативні вказівки щодо підтвердження відповідності критеріям сталого розвитку для лісової біомаси, як зазначено у статтях 29 (6) та (7) RED III. Документ зосереджується на біомасі, яку вирощують і заготовляють у лісовому господарстві з подальшим використанням для виробництва біопалива, біорідини та біомасового палива.

На сьогодні не існує єдиного, загальновизнаного стандарту щодо критеріїв сталостілісової залишкової біомаси, але Круглий стіл з питань сталого розвитку біоматеріалів (RSB -Round table on Sustainable Biomaterials) розробив Керівництво RSB щодо лісових залишків (розділ 3 Поправки до стандарту щодо деревної біомаси), яке визначає рамки відповідального збирання лісових залишків. Важливими стандартами, що стосуються сталого використання лісової біомаси, включаючи залишки, є також Програма підтримки лісової сертифікації *PEFC* (Programme for the Endorsement of Forest Certification, PEFC) REDIII та Міжнародна система сертифікації сталості (International Sustainability & Carbon Certification, ISCC)ISCCEU 202-3, які відповідають Директиві ЄС про відновлювані джерела енергії REDII/III)і охоплюють такі аспекти, як вуглець у ґрунті, біорізноманіття та довгострокова продуктивність лісів [6, 7].

Окрім того, сертифікація PEFC RED III доступна для економічних операторів в усьому світі. Вона охоплює лісову біомасу, лігноцелюлозу, отриману з відходів перероблення, що походять з лісової промисловості, відходи та біомасові палива, вироблені з лігноцелюлозного матеріалу для опалення, охолодження та виробництва електроенергії. Вона також охоплює розрахунки та декларації щодо скорочення викидів парникових газів, як за замовчуванням, так і за фактичними значеннями, що проводяться виробниками електроенергії на основі лісової біомаси в кінці ланцюга постачання.

Запровадження інтегрованої системи управління відходами лісової деревної біомаси, отриманими у процесі вирощування і заготівлі лісу на підприємствах лісового господарства, а також деревними відходами в деревообробній галузі сприятиме перетворенню цих відходів на повноцінний ресурс в біоекономіці замкнених циклів, забезпечуючи їх

сталість уздовж усього ланцюжка створення вартості як внесок у пом'якшення наслідків зміни клімату, збереження біорозмаїття та подолання енергетичної бідності в регіонах, де відсутні інші доступні, надійні джерела енергії.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] RED III, the European Union's (EU) (2023) Renewable Energy Directive 2023/24.1.

[2] Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року, затверджений розпорядженням КМУ від 13 серпня 2024 року. № 761-р.

[3] Clean Energy Technology Observatory (CETO), Bioenergy in the EU (2023).

[4] ДСТУ ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління Вимоги та настанови щодо застосовування» (2016). Національний стандарт України. Київ ДП «УкрНДНЦ».

[5] The use of woody biomass for energy production in the EU. Report (2021).

[6] PEFC ST 5004:2025 Requirements for the Development of Level A Risk Assessments and their Recognition by PEFC as per Article 29 (6a) and (7a) of the RED III Directive. PEFC Council.

[7] ISCC EU 202-3 FOREST BIOMASS: ISCC PRINCIPLE 1 (2025) ISCC System GmbH.

Maksymiv M.

***Formation of an integrated wood waste management system
for energy purposes***

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

УДК 504.054

ІНТЕГРАЦІЯ ДАНИХ GEMS В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС СТУДЕНТІВ-ЕКОЛОГІВ

Душкін С. С., к.т.н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Україна, Харків

ORCID ID:0000-0002-9345-9632

dushkin@khadi.kharkov.ua

Глобальні екологічні кризи, включаючи зміну клімату, забруднення повітря і води, а також втрату біорізноманіття, вимагають не тільки теоретичного осмислення, а й практичних навичок роботи з великими обсягами екологічної інформації. У цьому контексті Глобальна система екологічного моніторингу (GEMS) є безцінним джерелом актуальних даних. Її інтеграція в освітній процес дозволяє студентам-екологам аналізувати реальні дані та готуватися до вирішення найскладніших екологічних завдань сучасності.

Більшість освітніх програм з екології зосереджені на локальних дослідженнях або використанні застарілих даних, що не відображає сучасних глобальних тенденцій. Це створює ситуацію, коли випускники вишів володіють ґрунтовною теоретичною базою, але не мають досвіду роботи з сучасними інструментами, які використовуються в міжнародних організаціях та наукових інститутах. Такі методи, на жаль, не відповідають вимогам стрімко зростаючої галузі. Наприклад, дослідження, подібні до [1–3], підкреслюють необхідність використання сучасних технологій для посилення практичної підготовки, а звіт UNEP [4] вказує на нагальну потребу в кваліфікованих кадрах, здатних працювати з глобальними даними.

Метою роботи є розробка та апробація методики використання даних Глобальної системи екологічного моніторингу (GEMS) у навчальному процесі студентів-екологів для формування стійких практичних навичок аналізу та інтерпретації глобальної екологічної інформації.

Дослідження передбачає розробку та апробацію інноваційної методики, спрямованої на інтеграцію даних Глобальної системи екологічного

моніторингу (GEMS) в освітній процес студентів-екологів. Методологія базується на принципах проблемного навчання та кейс-стаді, що дозволяє студентам переходити від теоретичних знань до практичного аналізу реальних глобальних екологічних даних.

Реалізація запропонованої методики передбачає кілька ключових етапів:

- теоретичний модуль «Основи GEMS»: На цьому етапі пропонується створити спеціалізований навчальний модуль. У його рамках студенти ознайомляться з архітектурою, принципами функціонування та типами даних, що збираються різними компонентами системи GEMS, такими як GEMS/Water і GEMS/Air. Особлива увага буде приділена можливостям доступу до даних через відкриті платформи, зокрема UNEP Live;

- практична частина (кейс-стаді): Передбачається розробка комплексу практичних завдань, що імітують реальні екологічні виклики. Студентам буде запропоновано:

- 1: Провести аналіз динаміки зміни концентрації парникових газів (CO_2) у певних регіонах світу за 10-річний період, використовуючи дані GEMS. Це дозволить вивчити глобальні тенденції зміни клімату.

- 2: Порівняти рівні забруднення повітря у двох великих промислових містах на основі даних GEMS/Air та запропонувати можливі сценарії регулювання ситуації.

- 3: Здійснити моніторинг якості води в басейні міжнародної річки за допомогою GEMS/Water, визначивши ключові фактори ризику для екосистеми;

- оцінювання ефективності та зворотний зв'язок: для оцінки успішності впровадження нової методики планується: використання стандартизованих тестів для оцінки теоретичних знань та виконання практичних робіт студентами.

Інтеграція в навчальні програми дозволяє студентам працювати з реальними наборами даних, формуючи критичне мислення та практичні навички аналізу [5]. Наприклад, платформа GEMS WaterDataPortal надає можливість безкоштовного завантаження гідрохімічних даних, які можна аналізувати за допомогою програмного забезпечення QGIS або ArcGIS, що значно підвищує ефективність вивчення гідроекології та моніторингу водних об'єктів [6].

У поєднанні з дистанційним зондуванням Землі (ДЗЗ) та геоінформаційними системами (ГІС) GEMS стає основою для комплексних лабораторних і проєктних робіт. Наприклад, використання супутникових

знімків Sentinel-2 у поєднанні з GEMS Water дозволяє студентам оцінювати ступінь евтрофікації озер, просторові зміни якості води та корелювати їх з антропогенним навантаженням [3]. Також ефективним є використання онлайн-ресурсу NASA Earthdata для інтеграції кліматичних даних у просторовий аналіз [7].

Для розвитку просторового мислення та навичок обробки даних варто застосовувати інструменти, що підтримують проєктно-орієнтоване навчання. Зокрема, GLOBE Program пропонує інтегровані навчальні модулі, що дозволяють об'єднувати дані польових вимірювань з супутниковими і ГІС-аналізом [8]. Це дає змогу створювати міждисциплінарні проєкти – від оцінки якості атмосферного повітря до прогнозування деградації земель.

У таблиці 1 наведено приклади програмного забезпечення та онлайн-платформ, які можуть бути інтегровані в освітній процес, а також їхні основні функціональні можливості.

Таблиця 1. Приклади програмного забезпечення та онлайн-платформ для інтеграції в освітній процес

№	Інструмент / ресурс	Призначення	Приклад застосування у навчанні
1	GEMS Water Data Portal	Доступ до глобальних даних якості води	Аналіз концентрації забруднювачів у міжнародних річках
2	GEMS Air Quality Platform	Дані про забруднення атмосферного повітря	Моніторинг рівня PM _{2.5} , O ₃ , SO ₂ у великих містах
3	QGIS	Безкоштовна ГІС-платформа	Візуалізація та просторовий аналіз даних GEMS
4	ArcGIS	Комерційне ПЗ для ГІС	Створення тематичних карт та просторового моделювання
5	Python (бібліотеки Pandas, Geopandas)	Обробка великих обсягів даних і статистичний аналіз	Аналіз часових рядів і створення моделей прогнозування
6	UNEP Live	Онлайн-платформа з екологічними даними та картами	Інтерактивний доступ до звітів і візуалізацій GEMS

Таким чином, впровадження GEMS в освітній процес сприяє трансформації навчання, дозволяючи студентам працювати з реальними наборами даних для формування критичного мислення та практичних навичок аналізу. Використання GEMS WaterDataPortal для аналізу гідрохімічних даних

у поєднанні з програмним забезпеченням, як-от QGIS або ArcGIS, значно підвищує ефективність вивчення гідроєкології та моніторингу водних об'єктів. Дані GEMS, разом із технологіями ДЗЗ та ГІС, стають основою для комплексних лабораторних і проєктних робіт, де студенти, наприклад, можуть застосовувати супутникові знімки Sentinel-2 для оцінки евтрофікації озер та кореляції її з антропогенним навантаженням. Інтеграція кліматичних даних через онлайн-ресурс NASA Earthdata додатково збагачує просторовий аналіз. Розвиток просторового мислення та навичок обробки даних підтримується проєктно-орієнтованим навчанням, зокрема через інтегровані модулі GLOBE Program, що дозволяють об'єднувати дані польових вимірювань із супутниковим та ГІС-аналізом для створення міждисциплінарних проєктів.

Проведене дослідження підтверджує актуальність і доцільність інтеграції даних Глобальної системи екологічного моніторингу (GEMS) в освітній процес підготовки студентів-екологів. Розроблена методика представляє собою системний підхід до модернізації екологічної освіти, який забезпечує перехід від традиційного теоретичного навчання до практико-орієнтованої підготовки фахівців, здатних працювати з сучасними інформаційними технологіями та великими масивами екологічних даних.

Дослідження практичної значущості вдалося у створенні дієвого інструменту для підвищення якості підготовки екологічних кадрів, які володіють потребами на сучасному ринку компетентністю в галузі аналізу глобальних екологічних процесів та цифрових технологій моніторингу довкілля. Запропонована методика покращення формування у майбутніх фахівців системного мислення та здатності до вирішення комплексних екологічних завдань на основі науково обґрунтованого аналізу реальних даних.

Перспективність подальшого розвитку даного напрямку дослідження обумовлена потребою емпіричної перевірки ефективності розробленої методики через її апробацію в реальних умовах освітнього процесу, що дозволяє оптимізувати підходи до інтеграції глобальних екологічних даних у навчальні програми та забезпечити широке впровадження інноваційних методів підготовки екологічних кадрів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Zhang, D. (2025). Establishing a nation-wideeco-environment monitoring network for sustainable governance. *Environmental Scienceand Ecotechnology*, 26, 100585. <https://doi.org/10.1016/j.es.2025.100585>
- [2] Singh, A., &Bhadauria, S. S. (2024). Integration of remote sensing and GIS for environmental assessment. *Environmental Reports*, 6 (1), Article 35. <https://doi.org/10.51470/ER.2024.6.1.35>

[3] Landenberger, R. E., Warner, T. A., Ensign, T. I., & Nellis, M. D. (2006). Using remote sensing and GIS to teach inquiry-based spatial thinking skills: An example using the GLOBE Program's integrated Earth systems science. *Geocarto International*, 21 (3), 61–71. <https://doi.org/10.1080/10106040608542394>

[4] United Nations Environment Programme. (2021). Global Environment Outlook – 6: A Healthy Planet for a Healthy People. UNEP. Retrieved from <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6>

[5] Chen, F., Li, M., Chen, J. J., & Wang, Y. (2022). The Application of Remote Sensing and GIS in Environmental Education. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (17), 10926. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710926>

[6] UNEP. (2024). GEMS/Water Data Portal. United Nations Environment Programme. Retrieved from <https://gemstat.org/>

[7] NASA. (2024). Earthdata: Explore, Discover, and Access Earth Science Data. Retrieved from <https://earthdata.nasa.gov/>

[8] Bielik, O. (2020). From data to knowledge: Remote sensing and GIS in the environmental science curriculum. *Journal of Environmental Education and Pedagogy*, 17 (2), 45–58. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1794981>

Dushkin S.

***Integration of GEMS data into the educational process
of ecology students***

УДК 504:528.8

**АНАЛІЗ МАСШТАБНИХ ПОЖЕЖ У ЛУГАНСЬКІЙ
ОБЛАСТІ: ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ
ТА СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ**

Тимченко І. В.¹, к.т.н., доцент; Макарова К. Д.², студентка
ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»

¹Україна, Миколаїв; ²Україна, Львів

¹inna.tymchenko@gw.necu.org.ua; ²makarova3554@gmail.com

Луганщина є однією з найпостраждаліших областей України внаслідок воєнних дій. З 2022 року її територія зазнає постійних обстрілів, що спричиняють масштабні лісові пожежі. Через бойові дії більшість із них залишаються непогашеними, що призводить до знищення природоохоронних зон

та руйнування екосистем. Особливо гостро проблема проявляється на лівому березі Сіверського Донця, де раніше поширювалися молоді ліси. Супутникові знімки свідчать про значні зміни: замість лісових масивів фіксуються вирви від обстрілів, ділянки оголеної землі та хаотичні пошкодження рельєфу. Тому вивчення впливу пожеж у цих умовах є вкрай важливим для розуміння сучасного стану екосистем Луганщини та перспектив їх відновлення.

Метою роботи є дослідження масштабних лісових пожеж на Луганщині, які відбуваються в умовах війни, та оцінка їхнього впливу на природне середовище.

Особлива увага приділяється порівнянню стану територій до початку активних бойових дій та під час них, а також аналізу масштабів пошкоджень лісових масивів та природоохоронних зон. Результати дослідження можуть слугувати основою для подальшого моніторингу та планування заходів щодо відновлення пошкоджених екосистем.

Деякі пожежі є прямими наслідками воєнних дій та окупації рф Луганської області. Зокрема, 1 вересня 2024 року було зафіксовано масштабне загорання на території полігону рф, яке поширилося на прилеглі лісові масиви. Подібні випадки наочно демонструють, що пожежі в регіоні не є лише природним явищем, а мають безпосередній зв'язок із військовими діями. Водночас супутникові спостереження та статистичні дані свідчать, що у 2024 році кількість пожеж у Луганській області була надзвичайно високою, тоді як у 2025 році вона залишалася значною, проте дещо меншою (рис. 1).

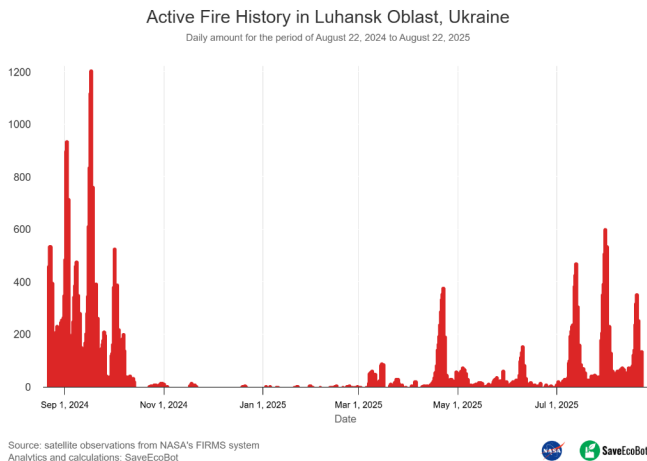


Рис. 1. Кількість пожеж у Луганській області
за період 22.08.2024–22.08.2025 рр. [1]

За супутниковими знімками Copernicus Sentinel-2 бачимо ділянку, на якій після пожежі 01.09.2024 року знищено молодий ліс поблизу річки. На знімках територія характеризується низькими або відсутніми показниками NDVI, що свідчить про вигорілу поверхню та деградацію рослинності. На даний момент, через тимчасову окупацію та обмежений доступ до території, реконструкція пошкодженої ділянки неможлива, що створює додаткові труднощі для планування заходів щодо відновлення екосистеми (рис. 2).



Рис. 2. Пошкоджена ділянка молодого лісу та лісосмуги поблизу річки Сіверський Донець після пожежі 01.09.2024 р.
(супутниковий знімок Sentinel-2, 01.09.24, SWIR)

Попередній моніторинг пожеж на ділянці біля річки Сіверський Донець, що постраждала 01.09.2024 року, здійснювався за допомогою супутникових даних NASA FIRMS. На основі отриманих знімків було виділено зону ураження площею 25,12 км². Проведений аналіз дозволив встановити, що молодий ліс та прилегла лісосмуга зазнали повного вигорання, а рослинний покрив суттєво деградував.

Порівняння NDVI-знімків за 2022 та 2024 роки (рис. 4) чітко демонструє зміну стану рослинності. У 2022 році показники NDVI були високими, що свідчить про наявність здорового зеленого покриву. На знімку за 2024 рік після пожежі спостерігається значне зниження індексу: більшість ділянок має низькі значення NDVI або взагалі нейтральні, що свідчить про вигорілу територію на території свідчать про втрату фотосинтезуючої маси та серйозне порушення структури екосистеми.

Дослідження проведені за підтримки програми «Майбутні лідери України» (UFLP).

Протягом 2024 року на території Луганської області відбулися масштабні пожежі, які знищили значні площі молодого лісу та лісосмуг

поблизу річки Сіверський Донець. Через тимчасову окупацію відновлення території наразі неможливе, проте супутниковий моніторинг дозволяє оцінити масштаби шкоди та планувати подальший нагляд за екосистемою.



Рис. 3. Зона пошкодження молодого лісу та лісосмуги біля річки Сіверський Донець:

а – за даними NASA FIRMS станом на 01.09.2024 р.; б – за даними Copernicus Browser Sentinel-2 SWIR, станом на 24.09.24

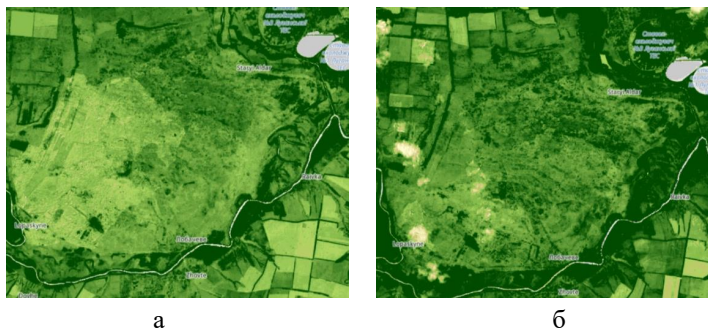


Рис. 4. Пошкоджена ділянка молодого лісу та лісосмуги біля річки Сіверський Донець, супутниковий знімок Sentinel-2 NDVI:

а – станом на 06.06.2022 р.; б – станом на 07.09.2024 року

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] SaveEcoBot. (n.d.). Пожежі в Україні: Статистика пожеж. Взято з <https://www.saveecobot.com/>

Tymchenko I., Makarova K.

***Analysis of large-scale fires in Luhansk region:
environmental consequences and satellite monitoring***

УДК 502.3:004.9

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНКИ КАТЕГОРІЇ ПІДПРИЄМСТВ ТА УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ

Цимбалюк О. П., магістрант¹, Сакалова Г. В., д.т.н., професор²

Вінницький національний технічний університет

Україна, місто Вінниця

sasha_1989@ukr.net¹; sakalova@vntu.edu.ua²

Проблема контролю за промисловими викидами залишається однією з найгостріших у сфері охорони довкілля, оскільки сучасні підприємства металургії, енергетики, хімічної та аграрної промисловості створюють значне екологічне навантаження, яке безпосередньо впливає як на стан екосистем, так і на здоров'я населення. Упродовж тривалого періоду в Україні збір даних здійснювався через паперову звітність, що призводило до затримок у прийнятті управлінських рішень, створювало додаткове адміністративне навантаження та обмежувало можливості для прозорої комунікації між бізнесом, державою та громадськістю. Застаріла модель роботи фактично унеможлилювала участь громадських організацій і науковців у контролі за станом довкілля, адже доступ до інформації був обмеженим і запізненим.

Події останніх років, а особливо воєнні дії на території України, лише загострили проблему. Руїнування промислових об'єктів, аварії на складах пального, пошкодження хімічних підприємств чи інфраструктурних вузлів супроводжуються масовими викидами шкідливих речовин, які вимагають негайного реагування. У таких умовах саме інформаційні технології стають ключовим інструментом, що дозволяє швидко збирати, перевіряти та поширювати дані, необхідні для організації захисних заходів та ухвалення рішень на різних рівнях.

Важливим етапом для України стало створення Pollutant Release and Transfer Register (Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів), що функціонує у складі електронної платформи «ЕкоСистема». Цей реєстр дає змогу підприємствам подавати звітність у цифровому форматі, формує централізовану базу даних і забезпечує відкритий доступ для контролюючих органів, науковців та громадян. Відкритість інформації стає принциповим фактором, який змінює стосунки між державою, бізнесом і суспільством: дані про викиди перестають бути внутрішнім ресурсом лише для органів влади, а перетворюються на об'єкт суспільного контролю [1].

Окремої уваги заслуговує функція класифікації підприємств за категоріями екологічної небезпеки, яка враховує обсяги та види викидів. Це дозволяє впроваджувати ризик-орієнтований підхід, коли державні органи спрямовують основні ресурси на контроль найбільш небезпечних об'єктів, тоді як підприємства з незначним впливом отримують спрощені механізми взаємодії. Такий підхід одночасно полегшує роботу бізнесу, знижує адміністративні бар'єри і підвищує ефективність державного нагляду.

Разом з тим система стикається з низкою труднощів, зокрема з кадровим дефіцитом екологів у малих і середніх підприємствах, які часто змушені користуватися послугами консультантів. Це створює додаткові фінансові витрати, особливо для компаній, що працюють у складних економічних умовах. Технічні проблеми у вигляді перебоїв в роботі сервісів чи нестабільного доступу до інтернету в деяких регіонах, особливо у зоні бойових дій, також залишаються серйозним викликом. Однак навіть попри ці обставини функціонування PRTR стало безальтернативним кроком, без якого неможливо говорити про інтеграцію України до європейського екологічного простору.

Міжнародний досвід підтверджує доцільність такого напрямку розвитку. У країнах Європейського Союзу (ЄС) ще з 2006 року діє European Pollutant Release and Transfer Register (Європейський реєстр викидів і перенесення забруднювачів), який надає користувачам відкритий доступ до даних у вигляді інтерактивних карт, графіків та таблиць. У Сполучених Штатах Америки (США) з 1986 року функціонує Toxics Release Inventory (Реєстр викидів токсичних речовин), що став одним із найдетальніших і найпрозоріших у світі. TRI містить дані по конкретних підприємствах і використовується не лише органами влади, але й громадськими організаціями та науковими установами для досліджень і аналізу динаміки забруднення [2].

Український PRTR наразі перебуває на етапі становлення і ще не має рівня деталізації чи стабільності, притаманного системам E-PRTR та TRI, проте вже сьогодні він забезпечує необхідний мінімум відкритості та формує нову культуру прозорості в екологічному моніторингу.

Поряд із державними реєстрами, які виконують функцію централізованого збору та публічного поширення даних про промислові викиди, у сучасній практиці дедалі більшого значення набувають корпоративні інформаційні рішення, відомі під назвою Environmental Management Information Systems (системи екологічного менеджменту), що впроваджуються безпосередньо на підприємствах і дозволяють здійснювати моніторинг

екологічних показників у режимі реального часу. Такі системи інтегруються з технологічними процесами, датчиками контролю викидів і споживання ресурсів, а зібрані дані автоматично обробляються, порівнюються з нормативними значеннями та надають керівництву підприємства можливість негайно реагувати на будь-які відхилення від проєктних параметрів, що мінімізує ризики аварій і штрафів та одночасно створює умови для підвищення довіри з боку контролюючих органів і суспільства [3].

Важливим інструментом у цьому контексті стає методологія Life Cycle Assessment (оцінка життєвого циклу продукції) та відповідне програмне забезпечення OpenLCA (відкритий програмний комплекс для LCA-аналізу), яке дозволяє розглядати повний екологічний слід продукції – від етапу видобутку сировини та транспортування до стадії кінцевої утилізації. Такий підхід дає можливість підприємствам виявити ті етапи, що формують найбільше навантаження на довкілля, і вчасно оптимізувати їх, замінивши матеріали, скоротивши енергоспоживання або впровадивши сучасні технології очищення. Для України застосування OpenLCA могло б стати інноваційним кроком, який дозволив би перейти від формального виконання звітних зобов'язань до комплексного управління екологічними ризиками [4].

Сучасні інформаційні системи надають і можливості для прогнозування техногенних ризиків. Завдяки математичному моделюванню стає можливим передбачати поширення токсичних хмар у разі аварії на хімічному підприємстві, визначати потенційні зони підтоплення при руйнуванні гідротехнічних споруд чи оцінювати вплив великомасштабних пожеж на якість атмосферного повітря. Особливо актуальним це є для України у воєнний час, коли руйнування промислових і критичних об'єктів створює додаткові загрози для довкілля та населення, а швидкість ухвалення рішень має вирішальне значення.

Не менш важливим аспектом є залучення громадськості до процесів екологічного моніторингу, яке базується на положеннях Конвенції Європейської економічної комісії Організації Об'єднаних Націй про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (так званої Орхуської конвенції). Відкриті платформи на кшталт PRTR в Україні, E-PRTR у Європейському Союзі та TRI у Сполучених Штатах Америки створюють умови для незалежного аналізу даних науковцями, журналістами та екологічними організаціями, що не лише підвищує прозорість, але й змушує бізнес враховувати репутаційні ризики, які сьогодні часто є не менш вагомими, ніж штрафні санкції з боку держави.

Додатковим ефектом використання інформаційних технологій у сфері охорони довкілля є їх поєднання з інструментами енергозбереження та ресурсо-ефективності. У корпоративних EMIS зазвичай реалізовані модулі контролю споживання електроенергії, газу, води та інших ресурсів, що дозволяє підприємствам оцінювати не лише рівень викидів, але й ефективність використання енергії та матеріалів. Це створює синергію між екологічними й економічними цілями: компанії знижують вплив на довкілля, одночасно зменшуючи витрати на виробництво, що робить подібні інвестиції більш привабливими [5].

Для узагальнення характеристик основних міжнародних і національних систем екологічної звітності доцільним є їх порівняння у вигляді таблиці 1, яка дозволяє наочно показати сильні та слабкі сторони кожного підходу.

Таблиця 1. Порівняння державних реєстрів екологічної інформації: PRTR, E-PRTR та TRI

Показник	PRTR	E-PRTR	TRI
Рік впровадження	2021, інтегрований у платформу «ЕкоСистема»	2006	1986
Географічне охоплення	Вся територія України	Усі держави-члени Європейського Союзу	Усі штати Сполучених Штатів Америки
Відкритість даних	Публічні дані через «ЕкоСистему», частина функцій у розробці	Відкритий доступ, інтерактивні карти, графіки, API	Висока деталізація, відкриті дані, пошук за підприємствами
Категоризація підприємств	За видами і обсягами викидів та перенесень	За галузями, регіонами та видами забруднювачів	За видами токсичних речовин і конкретними об'єктами
Інтерфейс і зручність	Функціонал обмежений, потребує доопрацювання	Інтуїтивний публічний інтерфейс, зручні візуалізації	Потужні фільтри, деталізація до рівня конкретного об'єкта
Основні виклики	Брак кадрів, технічні перебої, вплив воєнних дій	Потреба у регулярному оновленні та валідації даних	Високі вимоги до ресурсів для аналізу великих обсягів

Як показано у таблиці 1, український PRTR уже сьогодні виконує ключові функції у сфері відкритості екологічних даних, але потребує подальшого розвитку інтерфейсу та стабільності роботи, тоді як європейський E-PRTR демонструє зрілі практики інтеграції та зручності для широкої аудиторії, а

американський TRI слугує прикладом максимальної деталізації та багаторічної історії, яка дозволяє аналізувати довгострокові тенденції.

Узагальнюючи отримані результати, можна зазначити, що інформаційні технології довели свою ефективність як інструменти збору, перевірки, моделювання та публічного поширення даних про екологічні ризики, що створює умови для оперативного реагування на техногенні загрози і формування довіри суспільства до системи державного контролю. Подальший розвиток української екологічної цифрової інфраструктури, включно з удосконаленням PRTR, інтеграцією корпоративних EMIS та впровадженням інструментів LCA на базі OpenLCA, відкриває перспективу створення єдиного інтегрованого контуру екологічного моніторингу, який відповідатиме міжнародним стандартам та забезпечить вищий рівень безпеки довкілля і життя людей, особливо в умовах воєнних викликів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2024, 12 березня). Як зареєструвати дані про викиди та перенесення забруднюючих речовин: Міндовкілля затвердило методичні рекомендації. [Електронний ресурс] Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. <https://mepr.gov.ua/yak-zareyestruvaty-dani-pro-vykydy-ta-perenesen-nya-zabrudnyuyuchykh-rechovyn-mindovkillya-zatverdylo-metodychni-rekomendatsiyi>

[2] Environmental Protection Agency Ireland. (2022). Pollutant Release and Transfer Register (PRTR). EPA Ireland. Retrieved from <https://www.epa.ie/our-services/compliance--enforcement/whats-happening/pollutant-release-and-transfer-register/>

[3] U. S. Environmental Protection Agency. (2022). Toxics Release Inventory (TRI) Program: Overview. EPA. Retrieved from <https://www.epa.gov/enviro/tri-overview>

[4] El-Gayar, O., & Fedorowicz, J. (2021, січень). Information technology support for environmental management systems: A design theory perspective. IEEE Xplore. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9326021>

[5] Good Environmental Choice Australia (GECA). (2020). Sustainable Products and Services Standard (SPSv2.0i-2020). GECA. Retrieved from <https://geca.eco/standards/sustainable-products-services-spsv2-0i-2020>

Tsybalyuk O., Sakalova H.

***Information Technologies as a Tool for
Enterprise Category Assessment and Environmental Risk Management***

УДК 502.3:004:620.9

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ (НА ПРИКЛАДІ НПП «БУЗЬКИЙ ГАРД»)

Легкий С. В., Легка С. Г.

Національний природний парк «Бузький Гард»

Україна, Миколаївська обл., Первомайський р-н., с. Мигія

ppbg@ukr.net

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімкою цифровою трансформацією усіх сфер діяльності, включно з природоохоронною. Інформаційні технології (ІТ) стають важливим інструментом для збереження біорізноманіття, моніторингу екологічного стану територій, управління природними ресурсами та підвищення ефективності енергоспоживання. У контексті реалізації завдань сталого розвитку, визначених Стратегією екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату України, інтеграція ІТ у діяльність природоохоронних установ є не лише актуальною, а й необхідною умовою підвищення ефективності управління.

Сучасна екологічна діяльність базується на принципах наукової обґрунтованості, системності та інтегрованого підходу до охорони навколишнього природного середовища. В умовах глобальної цифровізації саме інформаційні технології (ІТ) стають невід'ємним елементом ефективного природоохоронного менеджменту, забезпечуючи швидкий доступ до екологічної інформації, точність аналізу даних і можливість прийняття оптимальних рішень на основі доказових показників.

Інформаційні технології охоплюють широкий спектр інструментів – від геоінформаційних систем (ГІС) і дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) до аналітичних платформ, систем збору та зберігання даних, мобільних застосунків для екопросвіти та управлінських рішень. Їхнє використання дозволяє значно підвищити якість моніторингу стану природного середовища, автоматизувати процеси спостереження, оброблення та візуалізації екологічних показників.

Одним із найефективніших напрямів застосування ІТ у природоохоронній сфері є використання геоінформаційних систем, які дають змогу поєднувати просторові (картографічні) та атрибутивні дані про об'єкти довкілля. За допомогою ГІС створюються інтерактивні карти, що відображають динаміку лісового покриву, зміни водного режиму, деградацію земель, міграцію тварин та інші процеси. Це дозволяє екологам своєчасно реагувати на загрози та прогнозувати тенденції розвитку екосистем.

Не менш важливою складовою цифрової екології є технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Використання супутникових знімків високої роздільної здатності та безпілотних літальних апаратів (дронів) робить можливим регулярний контроль за станом ландшафтів, водних ресурсів, рослинності та антропогенних навантажень. Застосування алгоритмів машинного навчання при обробці супутникових даних дозволяє автоматично виявляти ділянки незаконних рубок, забруднення або ерозійні процеси.

Інформаційні технології також активно використовуються у створенні екологічних баз даних та відкритих реєстрів, які забезпечують прозорість у сфері охорони довкілля. Наприклад, державні та міжнародні портали дають змогу інтегрувати інформацію про біорізноманіття, стан атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів тощо. Такі бази формують основу для аналітичних досліджень, управлінських рішень і громадського контролю за станом навколишнього середовища.

Особливе значення ІТ мають і в екологічній освіті та просвітництві. Завдяки цифровим платформам, інтерактивним картам, онлайн-курсами, мобільним застосункам і віртуальним екотуристичним маршрутам формується новий рівень екологічної культури населення. Це сприяє залученню громадськості до природоохоронних ініціатив та створює умови для розвитку партнерства між науковцями, владою, бізнесом і місцевими громадами.

Важливо підкреслити, що інформаційні технології забезпечують оперативність, точність та об'єктивність екологічного управління. Вони дають змогу своєчасно виявляти проблемні ділянки, оптимізувати використання ресурсів і здійснювати оцінку ефективності природоохоронних заходів. На рівні природоохоронних установ (зокрема, національних парків і заповідників) цифровізація стає основою переходу до системного моніторингу стану екосистем і реалізації принципів сталого розвитку.

Таким чином, роль інформаційних технологій у сучасній екологічній діяльності є визначальною. Вони трансформують традиційні підходи до дослідження, моніторингу та управління природними ресурсами, забезпечують прозорість рішень і сприяють більш ефективному використанню фінансових та енергетичних ресурсів. У результаті формується нова парадигма природоохоронної діяльності, у центрі якої – цифрова екологічна система управління довкіллям.

Національний природний парк «Бузький Гард» активно впроваджує інформаційні технології для підвищення ефективності своєї роботи.

Зокрема:

– створюються цифрові бази даних флори, фауни та природних комплексів, які використовуються для обліку та оцінки стану біорізноманіття;

- ведеться ГІС-картографування території, що охоплює межі функціонального зонування, природоохоронні об'єкти, рекреаційні маршрути та історико-культурні пам'ятки;

- здійснюється моніторинг стану водних екосистем та ландшафтів із використанням супутникових знімків і дронів;

- розвивається інформаційно-просвітницька діяльність через офіційний вебсайт, сторінки у соціальних мережах та мультимедійні презентації;

- налагоджено цифровий документообіг та електронну комунікацію між підрозділами парку.

Ці підходи сприяють оптимізації управлінських процесів, зниженню паперового навантаження та оперативному реагуванню на екологічні виклики.

Енергозбереження є невід'ємною частиною природоохоронної діяльності. Використання ІТ дозволяє здійснювати енергетичний моніторинг об'єктів інфраструктури НПП «Бузький Гард» – адміністративних будівель та рекреаційних об'єктів. Запровадження систем енергоменеджменту дає можливість відстежувати споживання енергії, аналізувати динаміку витрат і виявляти неефективні ділянки. Завдяки смарт-технологіям парк зменшує енергоспоживання та вуглецевий слід. Окрему роль відіграють цифрові рішення для розроблення енергоощадних маршрутів екотуризму, що враховують транспортне навантаження, логістику відвідувачів і мінімізацію впливу на довкілля.

Подальша цифровізація НПП «Бузький Гард» передбачає:

- створення єдиної інтегрованої бази екологічних даних з відкритим доступом;

- впровадження онлайн-платформи громадського моніторингу (наприклад, повідомлення про порушення природоохоронного законодавства);

- розвиток віртуальних турів територією парку для дистанційного ознайомлення;

- використання аналітичних інструментів штучного інтелекту для прогнозування стану екосистем та ризиків деградації природних ландшафтів.

Реалізація цих напрямів сприятиме підвищенню ефективності охорони природи, прозорості управління та залученню громадськості до екологічних процесів.

Висновки. Впровадження інформаційних технологій в екологічну діяльність і сферу енергозбереження є ключовим чинником підвищення ефективності управління природоохоронними територіями. Досвід НПП

«Бузький Гард» демонструє, що цифрові інструменти дозволяють комплексно вирішувати завдання моніторингу, аналізу, екоосвіти та енергоменеджменту. Подальший розвиток цифрової екосистеми парку сприятиме досягненню цілей сталого розвитку, оптимізації ресурсів і посиленню взаємодії з громадськістю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

[1] Ткаченко, Л. В. (2024). Екологічна освіта в цифрову епоху. *Актуальні питання освіти і науки*, 1, 25–53. Взято з https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/742518/1/AHS_of_EduSci-RB-19-2024%20%281%29-25-53.pdf

[2] Держенергоефективності. (2021). *Методичні рекомендації щодо впровадження енергоменеджменту в бюджетних установах*. Взято з https://saee.gov.ua/static-objects/saee/imported_content/679269b35033d.pdf

[3] Бондаренко, С. В., & Ковальчук, О. П. (2021). Інформаційні технології в управлінні природними ресурсами. *Матеріали конференції*. Взято з <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi61/0045740.pdf>

Lehkyi S. V., Lehka S. H.

Applying Information Technologies to Environmental Protection and Energy Efficiency: The Case of Buzkyi Gard National Park

УДК 004.41:502.57

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ РІВНЯ ЛІСИСТОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ СУПУТНИКОВИХ СЕРВІСІВ ТА СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Денисенко В. О., Мельников О. Ю., к.т.н., доцент
Донбаська державна машинобудівна академія
Україна, Краматорськ
olegivna18@gmail.com; alexandr@melnikov.in.ua

Проблема вирубки лісів, тобто знелісування, є однією з найгостріших екологічних проблем на планеті. Її вплив на екологію важко переоцінити. Досить часто вирубка дерев відбувається незаконно. Крім цього, велика кількість дерев страждає в результаті лісових пожеж, які постійно відбуваються через неправильне поводження з вогнем [1]. Знищення лісів прямо загрожує кліматичному балансу, також ліс є домом для багатьох

живих істот. Руйнування лісів позбавляє середовища існування сотні видів тварин, частина з яких може зникнути назавжди. Актуальним завданням для сучасності є аналіз та прогнозування зміни лісового покриття.

Автори створили спеціалізоване програмне забезпечення для розрахунку зміни відсотка лісового покриття, обробки інформації про лісові насадження та виявлення незаконних рубок, а також прогнозування змін лісистості окремих ділянок лісового господарства. Були проведені дослідження у напрямку поєднання аналітичних методів та супутникового моніторингу для забезпечення обґрунтування методів прийняття рішень щодо охорони навколишнього середовища. Низка авторів у власних роботах описували застосування різних методів математичного моделювання та використання інформаційних систем та технологій для розрахунків стану лісових насаджень. Наприклад, у роботі [2] з метою пошуку шляхів збільшення площі природно-заповідного фонду Полтавської області розглядалося питання впливу показників заповідності та територіальної лісистості окремих територіальних одиниць як основних показників екологічної оцінки, а також проводився порівняльний аналіз показників екологічної оцінки окремих громад між собою та з рівнями значень цих показників на національному та європейському рівнях. У роботі [3] досліджено стан лісових ресурсів України, створено динамічну імітаційну модель системи лісообороту, визначено основні чинники, що впливають на розвиток лісових фондів та їх господарські наслідки, спрогнозовано основні показники лісообороту.

Авторами цієї статті вже було проведено ряд досліджень: було розроблено інформаційну систему для розрахунку лісистості та оброблення інформації про лісові насадження [4] на прикладі селища Співаківка в Ізюмському районі Харківської області [5]; здійснено порівняння рівня лісистості за 13 років [6], для чого було використано ресурс Всесвітня лісова карта [7] та рівня вирубки, яка відбувалась протягом даного періоду на території Придніпровського лісництва [8]. Використання такого програмного забезпечення має не лише практичне, а й стратегічне значення: воно дає можливість формувати довготривалі програми екологічного моніторингу, впроваджувати заходи та підвищувати ефективність заходів з лісовідновлення. Особливо важливо це для таких регіонів, як схід України, де лісові території мають важливе значення для збереження мікроклімату та стійкості до змін клімату. Після аналізу наявних досліджень було виявлено значний недолік: наявність супутникових знімків тільки за 13 років, до 2013 року.

У роботі [9] досліджено ступінь порушеності пологів лісових насаджень в Карпатах за період з 1984 по 2016 роки, при цьому були використані зображення часових рядів, що отримані із супутникових знімків проєкту Landsat за

допомогою інструменту візуалізації TimeSync. Автори роботи розраховували середню лісистість досліджуваної території та перерахували основні порушення, пов'язані як з антропогенними, так і з природними факторами. Тому було вирішено використати ресурси [10–11] для отримання зображень Придонецького лісництва впродовж 40 років – з 1984 по 2024 роки – рис. 1.



Рис. 1. Дані з проекту “Landsat” щодо селища Співаківка

Автори вдосконалили раніше розроблений додаток: до наявних вкладок додано нову вкладку «Кількість кольорів» (рис. 2). Дані з сайту [11] було підготовлено та збережено в теку, за допомогою кнопки «Відкрити картинку» є можливість з переліку обрати необхідний рік та картинку для обробки. За допомогою кнопки «Показати кольори» користувач має змогу наочно побачити, які кольори переважають на цій картинці, та кількість пікселів кожного окремого кольору.

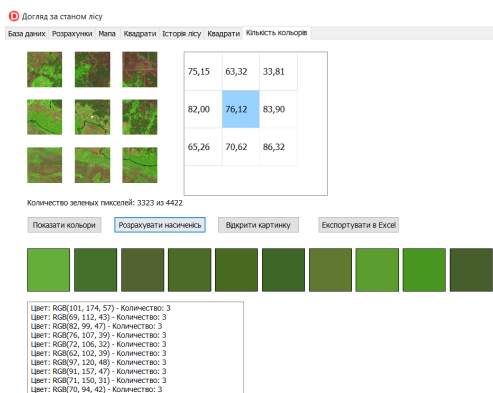


Рис. 2. Розрахунок насиченості

Рік	Х0m1	Х0m2	Х1	Х2	Х3	Х4	Х5	Х6	Х7	Х8	Х9	Х10	Х11	Х12	Х13	Х14	Х15	Х16	Х17	Х18	Х19	Х20	Х21	Х22	Х23	Х24	Х25	Х26	Х27	Х28	Х29	Х30	Х31	Х32	Х33	Х34	Х35	Х36	Х37	Х38	Х39	Х40	Х41	Х42	Х43	Х44	Х45	Х46	Х47	Х48	Х49	Х50	Х51	Х52	Х53	Х54	Х55	Х56	Х57	Х58	Х59	Х60	Х61	Х62	Х63	Х64	Х65	Х66	Х67	Х68	Х69	Х70	Х71	Х72	Х73	Х74	Х75	Х76	Х77	Х78	Х79	Х80	Х81	Х82	Х83	Х84	Х85	Х86	Х87	Х88	Х89	Х90	Х91	Х92	Х93	Х94	Х95	Х96	Х97	Х98	Х99	Х100	Х101	Х102	Х103	Х104	Х105	Х106	Х107	Х108	Х109	Х110	Х111	Х112	Х113	Х114	Х115	Х116	Х117	Х118	Х119	Х120	Х121	Х122	Х123	Х124	Х125	Х126	Х127	Х128	Х129	Х130	Х131	Х132	Х133	Х134	Х135	Х136	Х137	Х138	Х139	Х140	Х141	Х142	Х143	Х144	Х145	Х146	Х147	Х148	Х149	Х150	Х151	Х152	Х153	Х154	Х155	Х156	Х157	Х158	Х159	Х160	Х161	Х162	Х163	Х164	Х165	Х166	Х167	Х168	Х169	Х170	Х171	Х172	Х173	Х174	Х175	Х176	Х177	Х178	Х179	Х180	Х181	Х182	Х183	Х184	Х185	Х186	Х187	Х188	Х189	Х190	Х191	Х192	Х193	Х194	Х195	Х196	Х197	Х198	Х199	Х200	Х201	Х202	Х203	Х204	Х205	Х206	Х207	Х208	Х209	Х210	Х211	Х212	Х213	Х214	Х215	Х216	Х217	Х218	Х219	Х220	Х221	Х222	Х223	Х224	Х225	Х226	Х227	Х228	Х229	Х230	Х231	Х232	Х233	Х234	Х235	Х236	Х237	Х238	Х239	Х240	Х241	Х242	Х243	Х244	Х245	Х246	Х247	Х248	Х249	Х250	Х251	Х252	Х253	Х254	Х255	Х256	Х257	Х258	Х259	Х260	Х261	Х262	Х263	Х264	Х265	Х266	Х267	Х268	Х269	Х270	Х271	Х272	Х273	Х274	Х275	Х276	Х277	Х278	Х279	Х280	Х281	Х282	Х283	Х284	Х285	Х286	Х287	Х288	Х289	Х290	Х291	Х292	Х293	Х294	Х295	Х296	Х297	Х298	Х299	Х300	Х301	Х302	Х303	Х304	Х305	Х306	Х307	Х308	Х309	Х310	Х311	Х312	Х313	Х314	Х315	Х316	Х317	Х318	Х319	Х320	Х321	Х322	Х323	Х324	Х325	Х326	Х327	Х328	Х329	Х330	Х331	Х332	Х333	Х334	Х335	Х336	Х337	Х338	Х339	Х340	Х341	Х342	Х343	Х344	Х345	Х346	Х347	Х348	Х349	Х350	Х351	Х352	Х353	Х354	Х355	Х356	Х357	Х358	Х359	Х360	Х361	Х362	Х363	Х364	Х365	Х366	Х367	Х368	Х369	Х370	Х371	Х372	Х373	Х374	Х375	Х376	Х377	Х378	Х379	Х380	Х381	Х382	Х383	Х384	Х385	Х386	Х387	Х388	Х389	Х390	Х391	Х392	Х393	Х394	Х395	Х396	Х397	Х398	Х399	Х400	Х401	Х402	Х403	Х404	Х405	Х406	Х407	Х408	Х409	Х410	Х411	Х412	Х413	Х414	Х415	Х416	Х417	Х418	Х419	Х420	Х421	Х422	Х423	Х424	Х425	Х426	Х427	Х428	Х429	Х430	Х431	Х432	Х433	Х434	Х435	Х436	Х437	Х438	Х439	Х440	Х441	Х442	Х443	Х444	Х445	Х446	Х447	Х448	Х449	Х450	Х451	Х452	Х453	Х454	Х455	Х456	Х457	Х458	Х459	Х460	Х461	Х462	Х463	Х464	Х465	Х466	Х467	Х468	Х469	Х470	Х471	Х472	Х473	Х474	Х475	Х476	Х477	Х478	Х479	Х480	Х481	Х482	Х483	Х484	Х485	Х486	Х487	Х488	Х489	Х490	Х491	Х492	Х493	Х494	Х495	Х496	Х497	Х498	Х499	Х500	Х501	Х502	Х503	Х504	Х505	Х506	Х507	Х508	Х509	Х510	Х511	Х512	Х513	Х514	Х515	Х516	Х517	Х518	Х519	Х520	Х521	Х522	Х523	Х524	Х525	Х526	Х527	Х528	Х529	Х530	Х531	Х532	Х533	Х534	Х535	Х536	Х537	Х538	Х539	Х540	Х541	Х542	Х543	Х544	Х545	Х546	Х547	Х548	Х549	Х550	Х551	Х552	Х553	Х554	Х555	Х556	Х557	Х558	Х559	Х560	Х561	Х562	Х563	Х564	Х565	Х566	Х567	Х568	Х569	Х570	Х571	Х572	Х573	Х574	Х575	Х576	Х577	Х578	Х579	Х580	Х581	Х582	Х583	Х584	Х585	Х586	Х587	Х588	Х589	Х590	Х591	Х592	Х593	Х594	Х595	Х596	Х597	Х598	Х599	Х600	Х601	Х602	Х603	Х604	Х605	Х606	Х607	Х608	Х609	Х610	Х611	Х612	Х613	Х614	Х615	Х616	Х617	Х618	Х619	Х620	Х621	Х622	Х623	Х624	Х625	Х626	Х627	Х628	Х629	Х630	Х631	Х632	Х633	Х634	Х635	Х636	Х637	Х638	Х639	Х640	Х641	Х642	Х643	Х644	Х645	Х646	Х647	Х648	Х649	Х650	Х651	Х652	Х653	Х654	Х655	Х656	Х657	Х658	Х659	Х660	Х661	Х662	Х663	Х664	Х665	Х666	Х667	Х668	Х669	Х670	Х671	Х672	Х673	Х674	Х675	Х676	Х677	Х678	Х679	Х680	Х681	Х682	Х683	Х684	Х685	Х686	Х687	Х688	Х689	Х690	Х691	Х692	Х693	Х694	Х695	Х696	Х697	Х698	Х699	Х700	Х701	Х702	Х703	Х704	Х705	Х706	Х707	Х708	Х709	Х710	Х711	Х712	Х713	Х714	Х715	Х716	Х717	Х718	Х719	Х720	Х721	Х722	Х723	Х724	Х725	Х726	Х727	Х728	Х729	Х730	Х731	Х732	Х733	Х734	Х735	Х736	Х737	Х738	Х739	Х740	Х741	Х742	Х743	Х744	Х745	Х746	Х747	Х748	Х749	Х750	Х751	Х752	Х753	Х754	Х755	Х756	Х757	Х758	Х759	Х760	Х761	Х762	Х763	Х764	Х765	Х766	Х767	Х768	Х769	Х770	Х771	Х772	Х773	Х774	Х775	Х776	Х777	Х778	Х779	Х780	Х781	Х782	Х783	Х784	Х785	Х786	Х787	Х788	Х789	Х790	Х791	Х792	Х793	Х794	Х795	Х796	Х797	Х798	Х799	Х800	Х801	Х802	Х803	Х804	Х805	Х806	Х807	Х808	Х809	Х810	Х811	Х812	Х813	Х814	Х815	Х816	Х817	Х818	Х819	Х820	Х821	Х822	Х823	Х824	Х825	Х826	Х827	Х828	Х829	Х830	Х831	Х832	Х833	Х834	Х835	Х836	Х837	Х838	Х839	Х840	Х841	Х842	Х843	Х844	Х845	Х846	Х847	Х848	Х849	Х850	Х851	Х852	Х853	Х854	Х855	Х856	Х857	Х858	Х859	Х860	Х861	Х862	Х863	Х864	Х865	Х866	Х867	Х868	Х869	Х870	Х871	Х872	Х873	Х874	Х875	Х876	Х877	Х878	Х879	Х880	Х881	Х882	Х883	Х884	Х885	Х886	Х887	Х888	Х889	Х890	Х891	Х892	Х893	Х894	Х895	Х896	Х897	Х898	Х899	Х900	Х901	Х902	Х903	Х904	Х905	Х906	Х907	Х908	Х909	Х910	Х911	Х912	Х913	Х914	Х915	Х916	Х917	Х918	Х919	Х920	Х921	Х922	Х923	Х924	Х925	Х926	Х927	Х928	Х929	Х930	Х931	Х932	Х933	Х934	Х935	Х936	Х937	Х938	Х939	Х940	Х941	Х942	Х943	Х944	Х945	Х946	Х947	Х948	Х949	Х950	Х951	Х952	Х953	Х954	Х955	Х956	Х957	Х958	Х959	Х960	Х961	Х962	Х963	Х964	Х965	Х966	Х967	Х968	Х969	Х970	Х971	Х972	Х973	Х974	Х975	Х976	Х977	Х978	Х979	Х980	Х981	Х982	Х983	Х984	Х985	Х986	Х987	Х988	Х989	Х990	Х991	Х992	Х993	Х994	Х995	Х996	Х997	Х998	Х999	Х1000	Х1001	Х1002	Х1003	Х1004	Х1005	Х1006	Х1007	Х1008	Х1009	Х1010	Х1011	Х1012	Х1013	Х1014	Х1015	Х1016	Х1017	Х1018	Х1019	Х1020	Х1021	Х1022	Х1023	Х1024	Х1025	Х1026	Х1027	Х1028	Х1029	Х1030	Х1031	Х1032	Х1033	Х1034	Х1035	Х1036	Х1037	Х1038	Х1039	Х1040	Х1041	Х1042	Х1043	Х1044	Х1045	Х1046	Х1047	Х1048	Х1049	Х1050	Х1051	Х1052	Х1053	Х1054	Х1055	Х1056	Х1057	Х1058	Х1059	Х1060	Х1061	Х1062	Х1063	Х1064	Х1065	Х1066	Х1067	Х1068	Х1069	Х1070	Х1071	Х1072	Х1073	Х1074	Х1075	Х1076	Х1077	Х1078	Х1079	Х1080	Х1081	Х1082	Х1083	Х1084	Х1085	Х1086	Х1087	Х1088	Х1089	Х1090	Х1091	Х1092	Х1093	Х1094	Х1095	Х1096	Х1097	Х1098	Х1099	Х1100	Х1101	Х1102	Х1103	Х1104	Х1105	Х1106	Х1107	Х1108	Х1109	Х1110	Х1111	Х1112	Х1113	Х1114	Х1115	Х1116	Х1117	Х1118	Х1119	Х1120	Х1121	Х1122	Х1123	Х1124	Х1125	Х1126	Х1127	Х1128	Х1129	Х1130	Х1131	Х1132	Х1133	Х1134	Х1135	Х1136	Х1137	Х1138	Х1139	Х1140	Х1141	Х1142	Х1143	Х1144	Х1145	Х1146	Х1147	Х1148	Х1149	Х1150	Х1151	Х1152	Х1153	Х1154	Х1155	Х1156	Х1157	Х1158	Х1159	Х1160	Х1161	Х1162	Х1163	Х1164	Х1165	Х1166	Х1167	Х1168	Х1169	Х1170	Х1171	Х1172	Х1173	Х1174	Х1175	Х1176	Х1177	Х1178	Х1179	Х1180	Х1181	Х1182	Х1183	Х1184	Х1185	Х1186	Х1187	Х1188	Х1189	Х1190	Х1191	Х1192	Х1193	Х1194	Х1195	Х1196	Х1197	Х1198	Х1199	Х1200	Х1201	Х1202	Х1203	Х1204	Х1205	Х1206	Х1207	Х1208	Х1209	Х1210	Х1211	Х1212	Х1213	Х1214	Х1215	Х1216	Х1217	Х1218	Х1219	Х1220	Х1221	Х1222	Х1223	Х1224	Х1225	Х1226	Х1227	Х1228	Х1229	Х1230	Х1231	Х1232	Х1233	Х1234	Х1235	Х1236	Х1237	Х1238	Х1239	Х1240	Х1241	Х1242	Х1243	Х1244	Х1245	Х1246	Х1247	Х1248	Х1249	Х1250	Х1251	Х1252	Х1253	Х1254	Х1255	Х1256	Х1257	Х1258	Х1259	Х1260	Х1261	Х1262	Х1263	Х1264	Х1265	Х1266	Х1267	Х1268	Х1269	Х1270	Х1271	Х1272	Х1273	Х1274	Х1275	Х1276	Х1277	Х1278	Х1279	Х1280	Х1281	Х1282	Х1283	Х1284	Х1285	Х1286	Х1287	Х1288	Х1289	Х1290	Х1291	Х1292	Х1293	Х1294	Х1295	Х1296	Х1297	Х1298	Х1299	Х1300	Х1301	Х1302	Х1303	Х1304	Х1305	Х1306	Х1307	Х1308	Х1309	Х1310	Х1311	Х1312	Х1313	Х1314	Х1315	Х1316	Х1317	Х1318	Х1319	Х1320	Х1321	Х1322	Х1323	Х1324	Х1325	Х1326	Х1327	Х1328	Х1329	Х1330	Х1331	Х1332	Х1

Для подальшого дослідження вся інформація по квадратах була записана в таблицю. В результаті було отримано таблицю з даними про лісистість по квадратах за 40 років, з 1984 по 2024 роки (рис. 3).

Після підготовки даних було проведено аналіз, для визначення найкращої стратегії для визначення зміни відсотка лісових насаджень.

Використовуючи регресійний аналіз було виявлено наступне: жодний метод не підходить. Застосовуючи рівняння регресії (лінійне, поліноміальне, експоненціальне тощо) окремо до значень кожного квадрату, а також для усього лісництва, було виявлено що жодне рівняння не підходить (рис. 4).

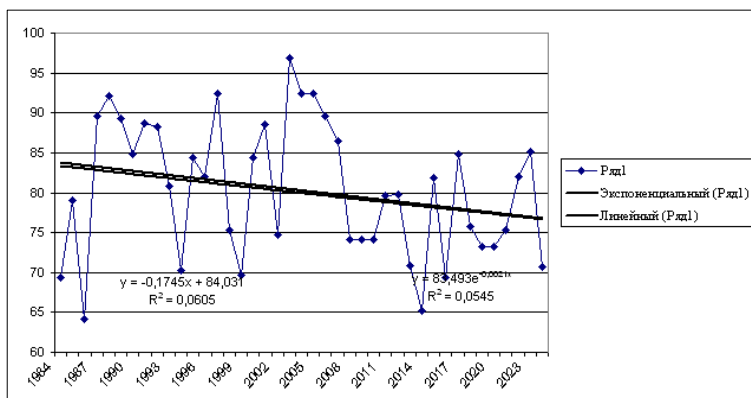


Рис. 4. Прогнозування рівняннями регресії

Було прийнято рішення використати метод штучних нейронних мереж [12]. Вхідними факторами були показники насиченості зеленим кольором на досліджуваній ділянці у поточному році та за декілька попередніх років.

Для проведення розрахунків використано мову програмування та аналізу даних R [13]. Створено скрипт, який здійснює розрахунки методом штучних нейронних мереж та дозволяє визначити більш привабливу архітектуру мережі та більш ефективний метод навчання мережі для обраного набору даних. Розрахунок зміни показників лісистості (тобто насиченості зеленим кольором) на окремій ділянці наведено у табл. 1 (тестова вибірка). Можна побачити, що середня похибка дорівнює 4,7 %.

Після запусків скрипту для різних параметрів з'ясовано, що найкращий результат забезпечує перцептрон з архітектурою, що містить два приховані шари з двома нейронами в кожному з них (рис. 5). Результати розрахунків свідчать про високу точність, застосування цього перцептрону для прогнозування на останній рік показало похибку у 2,3 % (табл. 2).

Таблиця 1. Результати розрахунку рівня лісистості на окремій ділянці

Рік	Y	Res	error
1987	88.31	85.78	0.05896
1989	89.62	91.13	0.03524
1991	89.87	91.59	0.04016
1992	88.24	88.73	0.01147
1995	84.55	82.92	0.03804
1996	82.34	86.27	0.09184
2002	62.98	64.39	0.03301
2012	87.16	89.94	0.06492
2013	64.54	65.60	0.02486
2020	68.77	71.35	0.06024
2022	82.59	85.91	0.07742

Таблиця 2. Результати прогнозування на обраному квадраті MLP 26x2x2x1

N	Y	Res	error
2024	76.12	75.62	0.02335

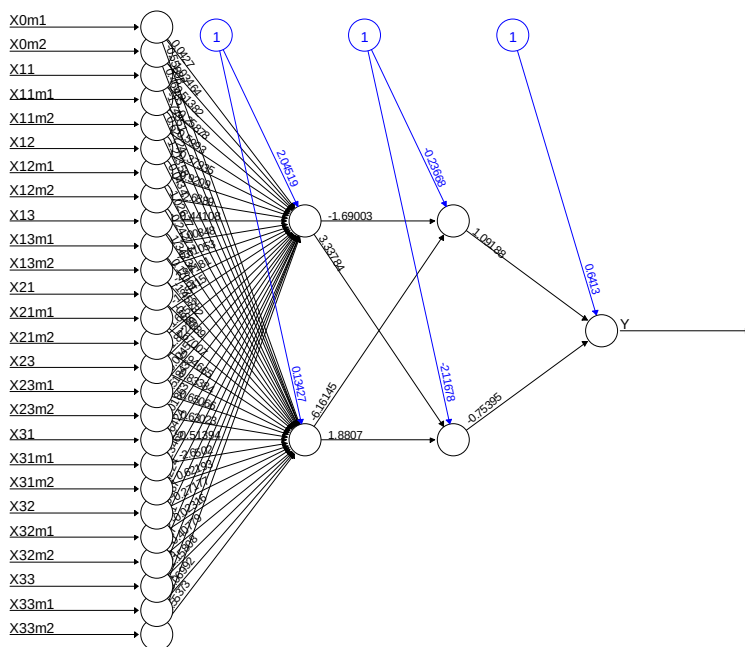


Рис. 5. Архітектура нейронної мережі MLP 26x2x2x1

У результаті проведеного дослідження було розроблено та вдосконалено програмний інструмент для моніторингу змін лісистості на основі супутникових знімків, методу штучних нейронних мереж і засобів аналізу даних мовою програмування R. Наразі система дозволяє з високою точністю прогнозувати зміни рівня лісового покриття.

Екологічна значущість даної роботи полягає в її здатності забезпечити ефективний інструмент для збереження лісових ресурсів. У довгостроковій перспективі така система може бути інтегрована в національні програми моніторингу стану довкілля, підтримки політик у сфері охорони природи, а також слугувати базою для громадських ініціатив з лісовідновлення. Крім того, вона сприяє підвищенню екологічної свідомості серед населення, що є важливим чинником у формуванні культури сталого розвитку.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Знеліснення – Національний парк «Черемоський». Взято з <https://cheremoskyi-park.in.ua/nature/znelisnennia/>

[2] Голік, Ю. С., Чепурко, Ю. В., & Смоляр Н. О. (2022). Показники лісистості та заповідності території як одні з базових індикаторів оцінки екологічної безпеки. In *Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: Колективна монографія* (pp. 21–30). Дніпро: Середняк Т. К.

[3] Негрей М. В., & Гнот Т. В. (2014). Моделювання динаміки лісових ресурсів України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 24 (9), 347–355.

[4] Мельников, О. Ю., & Денисенко, В. О. (2023). Програмне забезпечення для розрахунку лісистості та оброблення інформації про лісові насадження. In *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції “Agro-IT”* (pp. 39–42). Київ: СНУ ім. В. Даля.

[5] Spivakivka (Izyumskyi raion). (n.d.). *Google Maps*. Retrieved from <https://www.google.com.ua/maps/place/Червоний+Шахтар,+Харківська+область>

[6] Денисенко, В. О., & Мельников, О. Ю. (2023). Дослідження збільшення вирубки лісу на території Придонецького лісництва. In А. А. Нгухорова (Ed.), *Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні: Матеріали VI всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених* (pp. 161–163). Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В. С.

[7] Global Forest Watch. (n.d.). Retrieved from <https://www.globalforestwatch.org/>

[8] Melnykov O. Y., & Denysenko V. O. (2024). Forecasting change in the level of forest coverage using the Global Forest Watch service and the

programming and data analysis language R. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: System Analysis, Control and Information Technology*, 1 (11), 65–69. <https://doi.org/10.20998/2079-0023.2024.01.10>

[9] Часковський О. Г., Карабчук Д. Ю., & Іванюк А. П. (2019). Зміни лісового вкриття Українських Карпат за період 1984–2016 років. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29 (2), 9–13. <https://doi.org/10.15421/40290201>

[10] OSU eMapR Lab Tools. (n.d.). Retrieved from <https://emapr.ceoas.oregonstate.edu/tools.html>

[11] LS_TimeSeries. (n.d.). Retrieved from <https://clarype.users.earthengine.app/view/lstimeseries>

[12] Мельников, О. Ю. (2023). *R – мова програмування та аналізу даних: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів спеціальностей «Системний аналіз» та «Інформаційні системи та технології»*, 272, Краматорськ: ДДМА.

[13] Oleksandr Melnykov, & Viktoriia Denysenko. (2025). Calculation of forest cover change using Landsat satellite service and r programming and data analysis language R. *Computer Systems and Information Technologies: International scientific journal. Khmelnytskyi National University*. 2 (19), 138–144. <https://doi.org/10.31891/csit-2025-2-16>

Denysenko V., Melnykov O.

***Forecasting changes in forest coverage using satellite services
and specialized software***

УДК 581.9

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КАРТУВАННЯ
ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ РОЗМІЩЕННЯ ТА ЧИСЕЛЬНОСТІ
ПОПУЛЯЦІЙ МИГДАЛЯ СТЕПОВОГО
НА ТЕРИТОРІЇ ПНДВ МИХАЙЛІВСЬКЕ В ПРИРОДНОМУ
ЗАПОВІДНИКУ «СЛАНЕЦЬКИЙ СТЕП»**

Козловець А. В., старший науковий співробітник

Природний заповідник «Сланецький степ»

Україна. Миколаївська область, с. Калинівка,

poshuknovaodesa@meta.ua

У процесі охорони рідкісних видів рослин картування є особливо актуальним. Карти та картосхеми дають основу для моніторингу та

вивчення просторової організації популяцій рослин, дають змогу порівнювати взаєморозміщення популяцій різних видів між собою, вивчати їх взаємовплив, взаємозв'язки з іншими факторами та чинниками, такими як: рельєф, особливості та різноманіття біотопів та інші. Складені за результатами картування картосхеми демонструють розміщення популяцій та ілюструють характер їхнього розподілу на заповідній території [4, 5].

Вивчення рідкісних рослин має певні організаційні особливості. Їх знахідки часто пов'язані з елементом випадковості, особливо якщо територія вивчена недостатньо, також часто місцезнаходження рідкісних рослин та цілих їх популяцій є важкодоступними. Дефіцит часу загострює дані особливості. Але використання арсеналу різноманітних методів та технік, особливо сучасних, таких як нанесення спостережень на мапу платформи iNaturalist, дає змогу дослідникові достатньо оперативної і точно отримати максимально повний матеріал.

Мигдаль степовий – невисокий, 0,3–1,2(1,5) м заввишки, неколючий листопадний кущ, з великими, спрямованими вгору гілками і численними, більш-менш розлогими, вкороченими гілочками. Вид є регіонально рідкісним в Миколаївській області, також внесений до Зеленої книги України, (3 категорія охорони, статус угруповання «перебуває під загрозою зникнення»).

Територія ПНДВ Михайлівське являє собою цілісну систему балок (Велика Дівчина та Кемлича) на лівобережній частині водозбору р. Південний Буг. Особливості рельєфу обумовлюють розміщення байрачних лісів та природне заліснення невеликих ярів на даній території, що значно впливає на поширення популяцій мигдалю степового.

На даному етапі проводились дослідження лише щодо розповсюдження мигдалю степового на території ПНДВ Михайлівське, виявлення популяцій та грубий підрахунок чисельності рослин в них, картування; біологічні та морфологічні особливості популяцій не враховувалися. Раніше подібні дослідження щодо мигдалю степового на території ПНДВ Михайлівське не проводилися.

Нанесення на мапу платформи iNaturalist місць зростання мигдалю степового здійснювалося протягом весни та літа 2025 року, в період, коли рослини можна було знайти та ідентифікувати. Важливим було нанесення крайніх точок популяцій з точними координатами, щоб надалі це дало змогу перенести їх на створювану картосхему. Також важливим джерелом інформації, взятої до уваги при складанні картосхеми популяцій мигдалю степового є опитування свідків, а саме інспекторів охорони, начальника

ПНДВ та інших працівників заповідника, які мали змогу багато років спостерігати за популяціями рослин та місцями, де вони зустрічаються.

Результатом обробки інформації з усіх наведених вище джерел стало виявлення популяцій мигдаля степового на території ПНДВ Михайлівське та поділ їх на дві основні групи. Найбільш густі та чисельні популяції включені до першої групи, яка характеризується прив'язкою популяцій до байрачних лісів або заліснених ярів, що схожі на байраки. В таких випадках мигдаль степовий зростає зазвичай по краях дерево-чагарникових заростів, є перехідною частиною узлісся між трав'янистими рослинами та власне чагарниками. Одразу за мигдалем степовим найчастіше розміщуються вищі та густіші кущі терену колючого і далі – дерева. В таких місцях популяції мигдаля степового відрізняються значною чисельністю рослин, їх густотою, площі популяцій доволі значні. Мигдаль степовий відіграє тут значну роль у формуванні узлісь байраків, що є важливою їх частиною та оберігає байраки від пересихання та продування степовими вітрами [2]. До другої групи популяцій віднесено поодинокі рослини або негусті чагарники, що зростають на схилах балок між трав'янистих рослин або по сусідству з караганою кущовою та скіфською. Такі популяції є малочисельними, займають менші площі, іноді представлені кількома окремим кущиками.

Перша група включає наступні популяції:

1.1 Верхній відріг балки Загієва. Мигдаль степовий зростає переривчастим густим поясом шириною від півметра до кількох метрів в складі узлісся, між тереном колючим та трав'янистою рослинністю. Розмір популяції – кілька тисяч рослин.

1.2 Яр на схилі балки Кемлича, Мигдаль степовий зростає тонким негустим пояском вздовж залісненого схилу яру, дана популяція продовжується за межі ПНДВ Михайлівське. В межах території – до сотні рослин.

1.3 Відріг балки Велика Діва – балка Гнила. Мигдаль степовий зустрічається на узліссі байраку або на невеликих галявинах, переривчасто. Тут виявлено найвищі кущі даного виду (до 1.5 метра). Чисельність популяції – до тисячі рослин.

1.4 Відріг балки Госкіна в місті її впадіння у балку Велика Діва. Мигдаль степовий тут зустрічається тонким переривчастим пояском вздовж природнього байраку. Але байрак затиснутий між двома значними ділянками зі штучним лісовим насадженням і узлісся перебуває під загрозою трансформації і зникнення. Чисельність – кілька сотень рослин.

1.5 Балка Крайня, виявлено одну локацію з густими заростями мигдаля степового на початку яру, площею близько 70 м кв., чисельність популяції – кілька тисяч рослин.

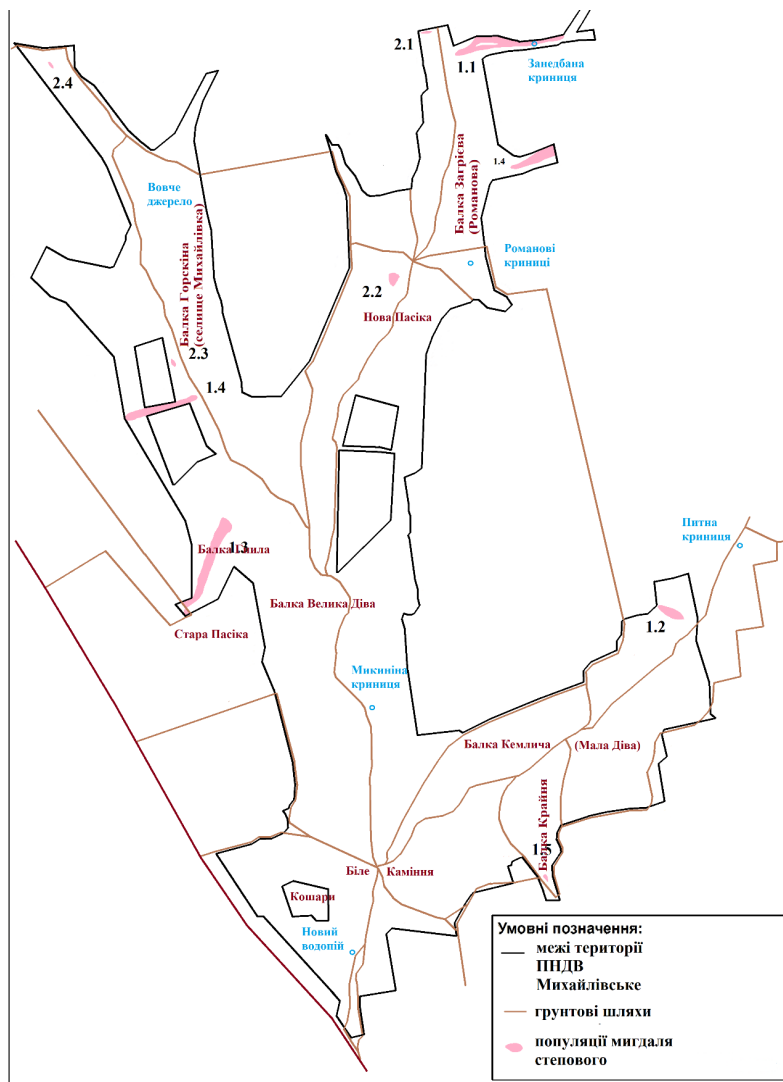


Рис. 1. Картосхема популяцій мигдалія степового на території Михайлівського ПНДВ у природному заповіднику «Сланецький Степ»

Друга група включає наступні популяції:

2.1. Протилежний схил від верхнього відрогу балки Загрівса, виявлено кілька рослин.

2.2. Схил балки Загрівса, виявлено кілька рослин.

2.3. Схил біля дна балки Горскіна, між власне дном і штучним лісовим насадженням, виявлено кілька рослин.

2.4. Схил балки Горскіна, виявлено кілька рослин.

Слід зазначити, що деякі популяції мигдаля степового виходять за межі нинішньої території ПНДВ Михайлівське, також поруч з територією виявлено додаткові популяції, тож повне вивчення розміщення та чисельності мигдаля степового потребує включення сусідніх територій до території ПНДВ Михайлівське, робота над чим вже проводиться. Збереження існуючих популяцій так само вимагає розширення заповідника [3].

Загалом популяціїмигдаля степового розміщені по всій території ПНДВ Михайлівське. Разом з тереном колючим, різними видами ковили – волосистою, Лессінга, найкрасивішою, кострицею мигдаль степовий на території заповідника створює типові степові природні фітоценози [1].

Загалом на території ПНДВ у 2025 році зросло не менше 6 тисяч рослинмигдаля степового. Популяції чітко діляться за своїми характеристиками на дві групи – густі зарості зі значним числом рослин в складі узлісь байраків та нечисленні рослини на схилах балок серед трав'янистої рослинності.

Усі виявлені популяції закартовані на картосхемі території ПНДВ Михайлівське, представленої на рис. 1.

Висновки. Картування популяцій мигдаля степового значно спростить у подальшому інвентаризацію та моніторинг кожної з популяцій, а також стане вагомим підґрунтям для подальших більш глибоких досліджень виду. Також продовження роботи над картуванням популяцій даного виду дозволить уточнювати картосхему і більш точно описувати та підраховувати кількість рослин в кожній з них. Напрацьовані матеріали стануть хорошою основою для нанесення популяцій виду на мапи з допомогою ГІС.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Бугай Л. В. (2024). Екологічний стан українських степів. Фактори впливу та заходи збереження біорізноманіття степу. Степ: досвід збереження. Збірка наукових праць за матеріалами науково-практичного семінару «Степ: досвід збереження». Чернівці. Арт-Друк. с. 6–8.

[2] Василюк Олексій. Як зміниться клімат, якщо посадити мільярд дерев? Київ; Чернівці: Друк-Арт, 2021. 40 с.

[3] Драбинюк Г. В. (2024). Заповідний Єланецький степ. Степ: досвід збереження. Збірка наукових праць за матеріалами науково-практичного семінару «Степ: досвід збереження». Чернівці, Арт-Друк. с. 13–16.

[4] Панченко С. М. (2011). Методи картування при вивченні екології популяцій рідкісних видів рослин. *Український ботанічний журнал*, т. 68, № 5, с. 672–685.

[5] Сучасні технології моніторингу довкілля: на прикладі Київської агломерації: монографія. Бондар О. І. та інші. Житомир: Рута. 2022. 396 с.

Kozlovets A.

Application of Mapping Methods in the Study of Distribution and Population Size of Steppe Almond (*Amygdalus nana*) within the Mykhailivske Protected Area of the Yelanetsky Steppe Nature Reserve

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ І МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 502:331.43

АНАЛІЗ ДОСВІДУ ВПРОВАДЖЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ОХОРОНИ ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТА СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ У СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВ МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Ремешевська І. В.¹, к.т.н., доцент, Гурець Н. В.², Грушина О. Г.³

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

irynaremesh@gmail.com¹, natalya.gurets@nuos.edu.ua²,

olga.bidnichenko@nuos.edu.ua³

Курс на європейську інтеграцію, задекларований Україною, формує комплексні виклики економічного, політичного та соціального характеру. Одним із ключових завдань у цьому контексті є формування нової моделі соціально-трудових відносин на основі принципів соціальної відповідальності, дотримання прав людини, безпеки праці та екологічної свідомості[1]. Це передбачає впровадження демократичних і правових механізмів управління персоналом, які сприяють не лише економічному розвитку, а й забезпеченню гідного рівня життя працівників, їхнього права на безпечне середовище, здоров'я та всебічний розвиток.

На довоєнний період (до 2022 року) Україна мала 13 морських торговельних портів, розташованих на узбережжях Чорного та Азовського морів, а також на річці Дунай. Інфраструктурно ці порти включали: причальні споруди (близько 290 причалів) [1], термінали для перевалки сипучих, наливних і генеральних вантажів, елеваторні та контейнерні комплекси, системи залізничного та автомобільного сполучення, буксирно-швартові служби, лоцманські станції, системи управління рухом суден.

Координацію розвитку та експлуатації портової інфраструктури забезпечує Державне підприємство «Адміністрація морських портів України» (ДП «АМПУ»), створене у 2013 році. Основна мета діяльності ДП «АМПУ» – забезпечення функціонування та розвитку морських портів шляхом ефективного використання державного майна, реконструкції та будівництва об'єктів портової інфраструктури, забезпечення безпеки мореплавства в морських портах[2].

За підсумками 2024 року загальний вантажообіг морських портів України склав 97 298 тис. тонн, що становить 135 % від запланованого річного показника (71 983 тис. тонн) та 157 % у порівнянні з фактичними обсягами за 2023 рік (61 935 тис. тонн) [2]. Ці дані свідчать про суттєве зростання обсягів перевалки, незважаючи на воєнні ризики та інфраструктурні втрати.

Фінансові результати підприємств портового сектору також продемонстрували позитивну динаміку. Чистий прибуток за 2024 рік склав 2 779 891 тис. грн, що перевищує показник аналогічного періоду 2023 року на 1 973 260 тис. грн, а також на 1 721 765 тис. грн – плановий орієнтир 2024 року [2].

Впровадження європейських стандартів охорони праці, екологічного менеджменту та соціальної відповідальності є критично важливим для забезпечення безпечного, екологічно відповідального та сталого функціонування портової системи. Цей процес включає реорганізацію системи управління портовою галуззю відповідно до вимог міжнародних стандартів, розробку та реалізацію відповідних політик, застосування методів і засобів моніторингу, проведення екологічного аудиту. Такі підходи поступово впроваджуються у діяльність адміністрацій морських портів України, що свідчить про загальну тенденцію до гармонізації управлінських процесів відповідно до глобальних вимог у сфері сталого розвитку.

У цьому контексті особливу роль відіграють міжнародні стандарти серії ISO – зокрема, ISO 14001, ISO 45001 та ISO 26000. Попри різну функціональну спрямованість, зазначені документи мають високий ступінь взаємної узгодженості й можуть ефективно використовуватись у сукупності для підвищення ефективності системи управління підприємствами портової інфраструктури. Процес впровадження вищезазначених стандартів на підприємствах морської інфраструктури реалізується на основі циклу Plan-Do-Check-Act (PDCA) / «Плануйте – Робіть – Перевіряйте – Дійте» [3, 4].

Виявлення небезпек при впровадженні стандартів з охорони праці є критично важливим етапом, який забезпечує безпеку працівників та запобігає нещасним випадкам. Необхідно ідентифікувати потенційні ризики, оцінити їхню ймовірність та наслідки, а також розробити заходи для їх усунення або мінімізації. В процесі впровадження стандартів екологічного менеджменту ключовим моментом є визначення основних екологічних аспектів діяльності підприємства, які враховують взаємодію підприємства з довкіллям, вплив його діяльності на навколишнє середовище, використання ресурсів, утворення відходів, викиди забруднюючих речовин, а також управління цими аспектами для мінімізації негативного впливу та

покращення екологічних показників. Впровадження стандарту соціальної відповідальності базується на реалізації основних принципів, зазначених у стандарті. Основні ідентифіковані небезпеки та екологічні аспекти діяльності підприємств морської інфраструктури.

Застосування європейських стандартів в діяльності Адміністрації морських портів України в період з 2015 року по теперішній час позитивно вплинуло на ефективність роботи підприємств та їх фінансові результати діяльності, підвищило конкурентоспроможність підприємств, продуктивність праці робітників, мінімізувало виробничі ризики, сприяло покращенню кадрової політики та збільшенню зацікавленості персоналу.

Висновок. Впровадження європейських стандартів охорони праці, екологічного менеджменту та соціальної відповідальності в діяльність підприємств морської інфраструктури України дозволяє створити гідні умови праці, забезпечити соціальний захист працівників, підвищити рівень екологічної безпеки підприємства, сформулювати відносини з працівниками на засадах корпоративної соціальної відповідальності та соціального партнерства; підвищать відповідальність підприємств перед всіма зацікавленими сторонами.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Barskiy, I., Makarenko, M., Gusakov, S., Kalinina, A., Ustinov, R. (2021). Environmental management as a tool for providing resilience of the sea port. Financial and credit activity problems of the theory and practice, 3 (38):281–291, pp. 281–291. DOI:10.18371/fcaptr.v3i38.237458
- [2] Офіційний сайт Державного підприємства «Адміністрація морських портів України. <https://www.uspa.gov.ua>
- [3] Наказ 157 від 06.08.2020 Про впровадження національного стандарту ДСТУ ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT) в діяльність НААУ (2020). Retrieved from https://naau.org.ua/userfiles/files/Nakaz_157od_vid-06_08_2020.pdf
- [4] ДСТУ ISO 14001: 2015 «Системи екологічного управління – Вимоги з керівництвом щодо використання (ISO 14001: 2015, IDT) (2016). Київ, 37 с.

Remeshevska I., Gurets N., Grushyna O.

Analysis of the European standards of occupational safety, environmental management and social responsibility implementation experience into the management system of Ukrainian maritime infrastructure enterprises

УДК 599:599.323:575.856

ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ҐРУНТІВ СУХОГО СТЕПУ В МІСЦЯХ РИЮЧОЇ АКТИВНОСТІ СЛІПАКА ПОДІЛЬСЬКОГО (*SPALAX ZEMNI*)

Ряжських О. В.¹, Наконечний І. В.², доктор біологічних наук, професор
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

¹ ORCID: 0009-0003-1340-2797; ² ORCID: 0000-0002-3797-3725

Сліпак подільський (*Spalax zemni*) є типовим аборигеном рівнинно-степових ландшафтів Правобережжя, риуча діяльність якого слугує важливим чинником виникнення специфічних форм біогенного рельєфу, здавна характерного для території Дністровсько-Дніпровського Пониззя [1, 2]. Завдяки риучої активності сліпаки формують чисельні підземні мережі та переміщують значні обсяги ґрунту, сприяючи його водопроникненості і аерації, модулюючи таким чином стан природних і польових біотопів [3]. Землерийна діяльність сліпаків прямо та опосередковано спричиняє їй певний селекційний вплив на видовий склад рослинного покриву через тиск на кореневищні багаторічники та ефемери. Присутність сліпаків в степових екосистемах забезпечує ініціацію процесів відновлення їх біорізноманіття та інтенсифікації продукування наземної біомаси [4, 5].

При цьому мало дослідженими лишаються чисельні питання аутоекології виду та наслідків діяльності його представників у польовому агроландшафті. Складним є й розуміння динаміки сезонних циклів активності цих гризунів ті їх реакцій на кліматичні зміни сьогодення. Обмаль інформації щодо структури та особливостей формування підземних галерей, створення яких сліпаками спричиняє певні зміни стану ґрунтів та їх природно-стратиграфічних структур. Останні є особливо важливими в Сухому Степу, малопрофільні товщі каштанових ґрунтів якого значно прогріваються влітку та швидко промерзають при дії низьких температур. Враховуючи, що ці території піддані значній агрогенній трансформації і першими стали піддаватись впливу новітньо-кліматичної нестабільності [6], вивчення суто ґрунтової специфіки в місцях сучасного поширення сліпаків є актуальними. Відповідно, **метою** первинних досліджень стало вивчення фізичних характеристик ґрунтів в місцях риучої активності сліпака подільського *Spalax zemni*, присутніх у мозаїчному агроландшафті Сухого Степу.

Перший етап польових досліджень охоплює період із 26 жовтня 2024 по 1 квітня 2025 року. Їх реалізація відбувалась у 3 ділянках мозаїчного

агроландшафту, 2 з яких розташовані в межах Сухо-Степової підзони на території Миколаївської області (межиріччя річок Березанки – Південного Бугу) та 1 – в Херсонській області (степова частина території НПП «Кам'янська Січ»). Об'єктом дослідження слугували ґрунтово-поверхневі товщі степових і польових біотопів у ділянках із ознаками ріючої діяльності сліпаків. Всього стаціонарно-сезонному обліку піддано 9 майданчиків (по три на кожен дослідну ділянку), де й проводили періодичні контролю стану ґрунтів.

Вихідними матеріалами слугували літературні, звітні та картографічні дані щодо типології та експлуатації ґрунтових масивів у місцях дослідження, а також авторські результати обліку ґрунтових параметрів.

Методи досліджень поєднували засоби визначення показників твердості, температури та вологості ґрунту. Твердість ґрунту визначали пенетрометром із лазерною фіксацією рівня виміру (модель ЛАН-М) на глибину від 0 до 0,5 м, вологість – електронним вимірювачем (модель TFA 481000), температуру – електронними датчиками (модель DS18B20). Щільність ґрунту вимірювалася стандартними методами у лабораторних умовах. Картографічне відображення точок досліджень та їх висот фіксували на основі використання геосайту OpenStreetMap і геопорталу Gis Map Server.

Вибір місць стаціонарних досліджень відбувався у жовтні 2024 року за проявами ріючої діяльності сліпаків, фіксованих при обліково-польових маршрутах. Маршрути планували і виконували в ділянках місцевості, де в минулі роки була відома присутність сліпаків. При цьому періодичні огляди місцевості влітку та ранньої осені 2024 року демонстрували майже повну відсутність «свіжих» викидів, що вказує на певну сезонну паузу ріючої активності. Впродовж весняно-осіннього періоду прояви «свіжих» викидів мали місце з середини травня до 20 чисел червня і потім із початку листопада до кінця січня 2025 року. Лютий 2025 року відрізнявся переважанням низьких температур (до -12°C вночі) і промерзанням поверхневого шару ґрунту на глибину 14–18 см.

Візуальним обстеженням ділянок існування сліпаків у період їх осінньо-зимової активності, у викидах ґрунту практично жодного разу не виявлено ознак присутності часток підґрунтового шару. Останній в місцях досліджень представлений лесовими суглинками, піщано-глинистими комплексами і глинисто-щебенистими утвореннями. Подібна відсутність компонентів підґрунтя свідчить про розташування мережі підземних галерей сліпаків у межах ґрунтово-поверхневого шару, товщина якого в

точках контролю коливається від 18 до 25 см. При цьому, в місцях вірогідного розташування підземних галерей сліпаків після проходження важкої сільськогосподарської техніки будь яких ознак поверхневої деструкції не виявлено.

Об'єми разових сліпаківих викидів (у нативному стані) коливались від 1,3 дм^3 до 5,3 дм^3 . Щільність ґрунту в складі «свіжих» одноденних викидів складає 0,67–0,70 кг/дм^3 незалежно від типу біотопу. Впродовж 40–60 діб ґрунтові викиди сліпаків поступово ущільнюються до 0,80–0,83 кг/дм^3 і втрачають первинну форму. Порівняльна щільність проб непорушеного сліпаками ґрунту в зоні дослідних ділянок складає від 1,06 кг/дм^3 (осіння оранка дисковими бородами) до 1,24 кг/дм^3 (неорана стерня соняшнику). Проби ґрунтового покриття (глибина 15 см) із цілинно-степових ділянок під природною рослинністю мали щільність на рівні 1,34–1,52 кг/дм^3 , місцями сягаючи 1,68 кг/дм^3 . Панівними були типологічні форми темно-каштанових ґрунтів важко-суглинкового складу і лише уздовж правого схилу Дніпра (територія НПП «Кам'янська Січ») переважали пілуваті ґрунти легко-суглинкового складу на білих лесах.

Результати досліджень фізичних параметрів ґрунтів у місцях ріючої діяльності сліпаків представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Фізичні властивості ґрунту на глибині 15–20 см у місцях ріючої діяльності сліпаків, реалізованої в біотопічно різних ділянках упродовж осені-зими 2024–2025 рр.

Біотопи та дати контролю	Контрольовані показники ґрунту на глибині 15–20 см											
	Оранка			Стерня соняшнику			Степова ділянка під ковилою			Схили балок під типчаком		
	Темп., °C	Тверд., кг/см^2	Волог., %	Темп., °C	Тверд., кг/см^2	Волог., %	Темп., °C	Тверд., кг/см^2	Волог., %	Темп., °C	Тверд., кг/см^2	Волог., %
3.11.2024	3	15	25	2	18	23	3	18	20	4	19	19
1.12.2024	1	16	26	1	18	24	2	20	22	2	21	20
4.01.2025	0	16	24	0	17	23	1	19	21	0	19	21
4.02.2025	–2	–	–	–2	–	–	–1	–	–	–2	–	–
3.03.2025	2	14	28	2	17	29	1	18	27	2	18	26

Отримані результати (табл. 1) показують досить суттєві зміни температури, твердості та вологості впродовж періоду досліджень. Останні в певній мірі є факторами, що можуть впливають на ріючу активність сліпаків, гальмуючи її в період негативних температур (лютий 2025 року).

Найбільш інтенсивно викиди сліпаків з'являлись в грудні 2024 року на підвищених полях під оранкою та на стерні соняшнику, де на окремих ділянках площею 1 га фіксували до 80 викидів (давністю 1–5 діб). Твердість польового ґрунтового покриву (за пенетрометром) в цих межах зростала від 7 кг/см² на поверхні до 16 кг/см² на глибині 20 см, демонструючи вологість на рівні 26 %.

На схилах балок, покритих природною рослинністю типчакового типу викиди сліпаків мали рівномірно поодиначий прояв (2–3 сліпаковини за добу) без явних сплесків активності. Викиди ґрунту на схилах відрізняються досить значними об'ємами – 5–6 дм³ кожен. Твердість не порушеного ґрунту поряд із сліпаковинами складала від 11 кг/см² на поверхні до 21 кг/см² на глибині 20 см, вологість – 20 %, що відчутно нижча чим на оранці.

Проведеними дослідженнями контрольовані лише загально-ґрунтові параметри фізичного стану ґрунту в період осінньо-зимової активності сліпаків, які мешкають у мозаїчному агроландшафті Сухого Степу. Отримані дані не розкривають цілісно-річну і просторово-часову структуру життєвої активності цих землеріїв та їх просторовий (стаціональний) розподіл. Зрозуміло лише, що ріюча діяльність набуває активації після проходження осінніх дощів, які звожують ґрунтову поверхню та полегшують створення підземних галерей. Прагнення сліпаків до осінньо-зимового освоєння площ польової оранки теж може бути пов'язаним із перевагами існування в оптимальних для ріючої діяльності ділянках місцевості. Поверхнєве промерзання ґрунту різко гальмує появу нових викидів і можливо спричиняє перехід тварин у більш глибокі горизонти.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні цілорічних циклів життєвої активності сліпаків у супроводі більш детального контролю фізичних параметрів ґрунтового покриву в місцях їх існування.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Загороднюк, І. В. (1999). Степове фауністичне ядро Східної Європи: Його структура та перспективи збереження. *Доповіді НАН України*, (5), 203–210.
- [2] Коробченко, М., & Загороднюк, І. (2012). Біологія ссавців-землеріїв (таксономія, екологія, поширення). *Теріошкола України*. Взято з <http://terioshkola.org.ua/ua/fauna/burrowing/spalax-species.htm>
- [3] Решетник, Є. Г. (1939). До систематики і географічного поширення сліпаків (Spalacidae) в УРСР. *Збірник праць Зоологічного музею*, (23), 3–21.

[4] Yoshihara, Y., Okuro, T., Buuveibaatar, B., et al. (2010). Clustered animal burrows yield higher spatial heterogeneity. *Plant Ecology*, 206 (2), 211–224. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9636-x>

[5] Deák, B., Kovács, B., Rádai, Z., et al. (2021). Linking environmental heterogeneity and plant diversity: The ecological role of small natural features in homogeneous landscapes. *Science of the Total Environment*, 763, 144199. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144199>

[6] Андріанова, О. Р., Батирев, О. А., & Рощин, Л. М. (2022). Зміни на узбережжі Західної частини Чорного моря у зв'язку з кліматичними факторами. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*, 26 (2(39)), 11–21. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2021.2\(39\).246189](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2021.2(39).246189)

Riazhskykh O., Nakonechnyi I.

Physical Characteristics of Dry Steppe Soils in Areas of Burrowing Activity of Slipak Podilsky (Spalax Zemni)

УДК 551.583:504.064.4

**ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ В АСПЕКТІ
АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН**

Антонов М. Д., аспірант¹, Мальований М. С., д.т.н., проф.²,

Кравець І. М., нач. відділу³

^{1,2}Національний університет «Львівська Політехніка», Україна, м. Львів

³Департамент екології та природних ресурсів Львівської ОДА

Україна, Львів

¹mykyta.d.antonov@lpnu.ua;

²myroslav.mal@gmail.com; ³normadozvil@gmail.com

В ряду основних глобальних проблем 21 століття, однією із найбільших не вирішених на сучасному етапі розвитку людства поряд із демографічною кризою є проблема кліматичної кризи. Серйозні зміни клімату останніх десятиліть, погіршення якості атмосферного повітря, невідповідна втрата біологічного різноманіття пов'язані із шкідливим антропогенним впливом, який зумовлюється неефективним управлінням утилізацією та переробкою відходів і нераціональним використанням природних ресурсів, невисоким рівнем обізнаності та залученості громадськості та іншими чинниками.

Незважаючи на те, що сьогодні величезна кількість публікацій та досліджень присвячена глобальній зміні клімату як одній з найважливіших екологічних проблем (в тому числі регулярні висновки Міжурядової групи з питань зміни клімату (IPCC)), питання впливу зміни клімату завжди буде актуальним. Зокрема, це пов'язано із високим рівнем антропогенного впливу та нераціональною експлуатацією природи [1], які досягли критичних показників. Це у свою чергу призводить до іншої серйозної проблеми сьогодення – складності ефективного прогнозування кліматичних параметрів в умовах людської діяльності, що набуває особливої актуальності, оскільки неправильне або недостатнє врахування цих факторів може призвести до серйозних наслідків для довкілля, економіки та людського здоров'я та збільшити ймовірність ризику виникнення надзвичайних природних явищ. Швидкий приклад – результати аналізу актуальних досліджень, опублікованих за останні 20 років, що піднімають тему впливу зміни клімату на управління водними ресурсами, формування стратегій пом'якшення наслідків та адаптації, вказують на зростаючу стурбованість дефіцитом прісної води, спричиненим зміною клімату, та підкреслюють нагальну потребу в єдиній глобальній відповіді [2].

Очевидно, що навколишнє природне середовище піддається природним впливам, що призводять до змін у ньому, зокрема, метеорологічних, сейсмічних, гравіметричних параметрів довкілля. Ці зміни потрібно фіксувати та досліджувати, чим повинні займатися відповідні спеціалізовані служби шляхом організації спостережень за динамікою змін стану біосфери поза та під впливом людської діяльності [3].

Спостереження за змінами кліматичних показників важливе і в контексті національної безпеки України. Одним зі складових компонентів системи саме екологічної та соціально-економічної безпеки держави, як підтипів національної, є система моніторингу, обліку та контролю даних про стан навколишнього природного середовища та природно-ресурсного потенціалу, адже питання прийняття оптимальних та оперативних рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища набувають значної ваги [4].

Екологічний моніторинг динаміки кліматичних змін є комплексною інформаційною системою, яка включає такі складові: 1) спостереження за станом довкілля та факторами, які впливають на його або його окремі елементи; 2) вимірювання та оцінка фактичного стану всіх елементів довкілля та порівняння отриманих даних із нормативами; 3) прогноз стану довкілля і оцінку прогнозованого стану довкілля; 4) розробка науково-обґрунтованих рекомендацій для допомоги у прийнятті управлінських рішень [3].

Спостереження, вимірювання та оцінка, можуть включати вивчення якості повітря, води, ґрунту, біорізноманіття та зазвичай проводяться на таких рівнях: а) імпактний (локальний рівень спостережень за умови сильного антропогенного впливу); б) регіональний (регіональний рівень, територія обстежень знаходиться у межах різних територіальних одиниць або країн); в) фоновий (локальний рівень спостережень, який проводиться на заповідних територіях) [3].

Збір та обробка даних в результаті спостережень проводяться за допомогою сучасних технологій та інструментів, зокрема датчиків, дистанційного зондування та лабораторних аналізів. Оцінка результатів роботи дозволяє виявити тенденції, порівняти їх з фоновими нормами, розпочати прогнозування наслідків.

Візьмемо для прикладу Львівську область. Департаментом екології та природних ресурсів Львівської області проводиться системний аналіз стану довкілля, зокрема завдяки референтним та французьким індикативним датчикам, що встановлені на території області. Більшість показників є у відкритому публічному доступі, наприклад, індекс якості повітря оновлюється фактично у прямому ефірі та є доступним для публічного огляду [5].

Усі дані збираються, обробляються спеціалістами та зводяться у щорічну доповідь в рамках регіонального екологічного моніторингу [6]. Наприклад, основними напрямками спостережень за даними доповіді за 2024 рік (далі Доповідь) були: 1) моніторинг атмосферного повітря; 2) моніторинг вод; 3) моніторинг земель і ґрунтів; 4) моніторинг лісів; 5) моніторинг біологічного та ландшафтного різноманіття. 6) моніторинг у сфері управління відходами; 7) моніторинг геологічного середовища; 8) моніторинг впливу фізичних факторів (температура, шум, вібрація, іонізуюче та неіонізуюче випромінювання) [7].

Для формування звіту були опрацьовані дані: 1) кількісного вмісту шкідливих хімічних речовин в атмосферному повітрі; 2) метеорологічних показників; 3) складу і вмісту забруднювальних речовин у природних та штучних водоймах; 4) якісних характеристик стічних вод; 5) вмісту важких металів у ґрунтах в місцях розташування промислових і побутових відходів.

Візьмемо для короткого аналізу моніторинг атмосферного повітря. Так, за даними Доповіді, серед основних джерел забруднення атмосферного повітря за видами економічної діяльності, найбільші обсяги викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря мають підприємства добувної промисловості і розроблення кар'єрів – 26,2 тис. т. (або 47,3 % від

загальних викидів стаціонарними джерелами по області) та підприємства з постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря – 15,0 тис. т (або 27,2 % від загальних викидів стаціонарними джерелами по області). У районах та містах, де розташовані підприємства цих галузей, спостерігаються найвищі обсяги викидів в атмосферне повітря. Підприємства переробної промисловості складають незначну частину на шкалі викидів – 4,7 тис. т (або 8,6 % від загальних викидів стаціонарними джерелами по області), транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність – 6,4 тис. т (або 11,6 % від загальних викидів стаціонарними джерелами по області), сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство – 1,7 тис. т (або 3,2 % від загальних викидів стаціонарними джерелами по області) [7].

Це серйозна проблема, яка зайвий раз підкреслює шкідливість антропогенного впливу на довкілля, але як вказано у Доповіді – оптимізм у більш сприятливий розвиток ситуації вселяють перспективи здійснення еколого орієнтованої структурної реформи та технічної модернізації підприємств у час післявоєнної відбудови

Також, слід нагадати, що одним із ключових аспектів ефективного екологічного моніторингу є розвинуте нормативно-правове забезпечення, як на рівні законів, так і підзаконних актах, які у свою чергу є частиною державної політики у сфері моніторингу навколишнього природного середовища, якій присвячується окремий Розділ 15.5 Доповіді.

Нарівні із національними обов'язками, Україна прийняла на себе й міжнародні, зокрема в частині оцінки впливу на довкілля. Відзначимо, що оцінка впливу на довкілля, яку проводить Департамент – це надзвичайно важливий процес, який дозволяє врахувати інтереси бізнесу держави-громадськості для уникнення в майбутньому проблем і непорозумінь, і головне – недопущення шкоди довкіллю. У 2024 році було розпочато 99 процедур із оцінки впливу на довкілля планованої діяльності, а саме у сфері: 1) надкористування (27); 2) зберігання палива (14); 3) берегоукріплення, розчищення русла річки (7); 4) будівництво нових господарських об'єктів (24); 5) реконструкція, технічне переоснащення та експлуатація існуючих об'єктів (27) [7].

У висновках можемо зазначити, що показники спостережень за динамікою змін у довкіллі вказують не тільки на серйозність проблеми антропогенного впливу на зміни клімату, а й на важливість застосування найсучасніших технологій у сфері екологічного моніторингу та можливості ефективного збору даних, їхньої оцінки та подальшого прогнозування експертами наслідків, а також формування відповідних контрзаходів, які повинні бути реалізовані шляхом провадження ефективної державної політики

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА». Карпатський Інститут Розвитку (2015). *Адаптація до зміни клімату*. Взято з https://www.forza.org.ua/sites/default/files/global_climate_changes_training_manual_ua_screen_final.pdf
- [2] Chivambo, J. M. F., Bonde, F., Chichava, I., Abuchir, J., Cuinica, S., & Muhala, V. (2025). *Effect of climate change on water resources management: a review of the literature*. *Urban, Planning and Transport Research*, 13 (1). DOI: <https://doi.org/10.1080/21650020.2025.2504488>
- [3] Боголюбов В. М. (Ред.), Сальніков А. В., Ракоїд О. О., (2023). *Екологічний моніторинг*. Київ: НУБіПУ. Взято з <https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u243/24.pdf>
- [4] Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля (2023). *Моніторинг довкілля*. Взято з https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf
- [5] Управління екології та природних ресурсів Львівської області (2025). *Дані по Індексу якості повітря у Львові та Львівській МТГ*. Взято з <https://city-adm.lviv.ua/portal/public-information/offices/upravlinnia-ekolohii-ta-pryrodnykh-resursiv/33828/>
- [6] Департамент екології та природних ресурсів Львівської ОВА (2025). *Моніторинг довкілля*. Взято з <https://loda.gov.ua/useful-info/51653?authorId=17111>
- [7] Корда В. В., Башта Г. В., Сенюк А. І., Кравець І. М., Діак В. І., Ковтуненко Н. Р., Свищ О. В., Сорока Н. Л., Шемелинець І. Л. (2024). *Щорічна доповідь про стан навколишнього середовища у Львівській області в 2024 році*. Львів. Взято з <https://drive.google.com/file/d/1agQGFwh0lanM0vKkbYx-vOdHPO1MsG6E/view?usp=sharing>

Antonov M., Malovanyy M., Kravets I.
***Environmental monitoring in the aspect of analysis
of climate change dynamics***

УДК 504.05:628.4:004.9(477)

АЗБЕСТОВІСНІ МАТЕРІАЛИ В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ

Ушкац С. Ю., к.ф.-м.н., доцент¹, Магась Н. І., к.т.н., доцент²,

Жолобенко Н. Ю.³

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

ORCID: 0000-0002-5250-4505¹, svitlanaushkats@gmail.com¹

ORCID: 0000-0002-2579-1465², nataly.magas@gmail.com²

ORCID: 0000-0003-3451-4360³, nataliya.zholobenko@nuos.edu.ua³

Протягом XX століття світова промисловість зазнала глибокої трансформації, зумовленої впровадженням нових матеріалів, технологій та інженерних рішень. Одним із ключових каталізаторів цього процесу став азбест – група природних волокнистих гідросилікатів, що завдяки унікальному комплексу фізико-хімічних властивостей набули стратегічного значення у багатьох галузях. Його виняткова термічна стійкість, низька теплопровідність, хімічна інертність до агресивних середовищ (зокрема кислот і лугів), а також висока міцність на розрив волокон забезпечили широке застосування в будівництві, енергетиці, машинобудуванні, суднобудуванні та оборонній промисловості [1].

Окрему увагу слід приділити економічному чиннику: азбест був доступним за ціною, легко видобувався та піддавався технологічній обробці, що зробило його надзвичайно привабливим для масового виробництва. У результаті, вже в середині XX століття азбест став основою для створення цілих промислових кластерів, зокрема азбестоцементної галузі, яка використовувала його як армуючий і сполучний компонент у виробництві будівельних матеріалів.

В Україні азбест був широко застосований у виробництві хвилястого та плоского шиферу, труб, панелей, ізоляційних матеріалів. За оцінками фахівців, близько 75 % покрівель житлового та промислового фонду країни виконано саме з азбестоцементного шиферу, що свідчить про масштабну присутність азбестовмісних матеріалів у міському середовищі [2, 3]. Така інфраструктурна насиченість створює значний техногенний потенціал утворення небезпечних відходів, особливо в умовах руйнування будівель, реконструкції або стихійних лих.

Метою дослідження є комплексний аналіз екологічних та управлінських викликів, пов'язаних із наявністю азбестовмісних матеріалів

у міському середовищі України, з урахуванням наслідків воєнних руйнувань, чинного нормативно-правового регулювання та перспектив впровадження інноваційних технологій дистанційного скринінгу для забезпечення сталого розвитку та екологічної безпеки.

Попри технологічні переваги, вже з кінця 1970-х років почали накопичуватись наукові докази про канцерогенність азбесту. Його найтонші волокна, потрапляючи в органи дихання, не виводяться з організму, провокуючи розвиток хронічних захворювань – азбестозу, мезотеліоми, раку легень. Ці патології мають тривалий латентний період (20–50 років), що ускладнює діагностику та профілактику [1, 2, 12]. Саме тому з 1983 року Європейський Союз розпочав поетапну програму відмови від використання азбесту, яка завершилася повною заборонаю його виробництва та застосування з 1 січня 2005 року на території держав-членів Європейського Союзу (ЄС) згідно з Директивою 2003/18/ЄС [4, 11].

В Україні відповідні обмеження почали впроваджуватись лише після підписання Угоди про асоціацію з ЄС. У вересні 2022 року Верховна Рада ухвалила Закон України «Про систему громадського здоров'я» (№ 4142), який передбачає повну заборону використання азбесту незалежно від його виду, а також заборону виробництва та застосування азбестовмісних матеріалів у будівництві та технологічних процесах [2, 5]. Додатково, з 1 жовтня 2023 року набули чинності Державні санітарні норми і правила «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту», затверджені наказом МОЗ України від 5 червня 2023 року, які регламентують вимоги до захисту працівників на всіх етапах поводження з азбестовмісними матеріалами [4].

Після підписання Угоди про асоціацію з Європейським Союзом Україна взяла на себе зобов'язання гармонізувати екологічне законодавство, зокрема щодо поводження з небезпечними матеріалами. Одним із ключових кроків у цьому напрямі стало ухвалення Закону України «Про систему громадського здоров'я» (законопроект № 4142), який був прийнятий Верховною Радою у вересні 2022 року. Стаття 28 цього закону (частина 3) прямо забороняє використання азбесту незалежно від його виду, а також виробництво азбестовмісних виробів і їх застосування у технологічних процесах та під час будівельно-монтажних робіт на будь-яких об'єктах [6].

На виконання цього положення, 1 жовтня 2023 року набули чинності Державні санітарні норми і правила «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту та матеріалів і виробів, що містять азбест»,

затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 5 червня 2023 року. Документ встановлює вимоги до захисту працівників на робочих місцях усіх видів діяльності, де можливий контакт з азбестовим пилом або волокнами, що виділяються з азбестовмісних матеріалів. Зокрема, передбачено обов'язкове проведення оцінки ризиків, моніторинг повітряного середовища, використання засобів індивідуального захисту та обмеження доступу до небезпечних зон [7].

У контексті війни проблема азбесту набула нових масштабів. Руйнування житлових і промислових об'єктів, зведених із використанням азбестоцементних матеріалів, призводить до утворення великої кількості небезпечних відходів. Відповідно до Додатку 2 «Перелік небезпечних компонентів відходів» Порядку класифікації відходів, затвердженого наказом Міністерства екології № 271, азбест (пил та волокна) має код C25 і класифікується як небезпечний компонент, що вимагає спеціального поводження [8].

Згідно з Кодексом цивільного захисту України, огляд об'єктів на наявність азбестовмісних матеріалів здійснюється після завершення аварійно-рятувальних робіт та обстеження на вибухонебезпечні предмети. Рішення про проведення таких заходів ухвалюється уповноваженим органом на підставі висновків регіональної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій [9].

У контексті масштабних руйнувань, спричинених війною, Україна зіткнулася з новим викликом – утворенням великої кількості будівельних відходів, що містять азбест. Ці матеріали, зокрема уламки шиферу, труб, панелей, ізоляційних елементів, становлять реальну загрозу для здоров'я населення та навколишнього середовища. Відповідно до чинного Порядку класифікації відходів, затвердженого наказом Міндовкілля № 271, азбест (у формі пилу та волокон) має код C25 і класифікується як небезпечний компонент, що потребує спеціального поводження [8].

Стандартна методологія виявлення азбесту передбачає візуальний огляд об'єкта та прямий відбір зразків для лабораторного аналізу. Найбільш точним методом є трансмісійна електронна мікроскопія, яка дозволяє ідентифікувати тип волокон і визначити їх концентрацію. Проте ці процедури мають низку обмежень: вони є інвазивними, потребують зупинки робіт, створюють ризик додаткового вивільнення волокон у повітря, а також вимагають значних часових і фінансових ресурсів. У воєнних умовах, особливо під час обстрілів або в зоні активних бойових дій, такі методи можуть бути небезпечними або взагалі неможливими до застосування.

У зв'язку з цим все більшої актуальності набувають інноваційні екологічні технології, що базуються на принципах дистанційного зондування. Сучасні системи скринінгу включають використання безпілотних літальних апаратів (дронів), неінвазивних сенсорів, тепловізійного та спектрального аналізу, а також алгоритмів штучного інтелекту для обробки великих масивів даних (рис. 1). Такі рішення дозволяють здійснювати швидку, безконтактну та високоточну попередню оцінку об'єктів, включаючи важкодоступні території, з мінімальним ризиком для персоналу.



Рис 1. Система екологічного дистанційного скринінгу азбестовмісних відходів

Інтеграція цифрових інструментів у процес екологічного моніторингу трансформує саму парадигму управління небезпечними матеріалами. Наприклад, алгоритми машинного навчання здатні автоматично розпізнавати ознаки азбестовмісних матеріалів на основі зображень, отриманих з дронів, і формувати карти ризику для подальшого планування утилізації. Це особливо важливо в умовах післявоєнної відбудови, коли необхідно оперативно оцінити стан великої кількості об'єктів, забезпечити безпеку працівників та мінімізувати екологічні наслідки.

Слід зазначити, що використання безпілотних технологій в Україні наразі регулюється обмеженнями, пов'язаними з воєнним станом. Застосування дронів потребує спеціальних дозволів від військових адміністрацій,

що ускладнює їх широке впровадження. Проте очевидно, що у післявоєнний період ці технології відіграватимуть ключову роль у формуванні нової системи екологічного контролю, інтегрованої в процеси просторового планування, реконструкції та управління ризиками.

Висновки. Проведене дослідження засвідчує, що управління техногенним навантаженням, пов'язаним із наявністю азбестовмісних матеріалів у міському середовищі, потребує переходу від застарілих реактивних процедур до проактивної екологічної політики. Історично сформована інфраструктура, насичена азбестоцементними виробами, у поєднанні з наслідками воєнних руйнувань, створює критичну потребу в системному підході до ідентифікації, класифікації та утилізації небезпечних відходів.

Незважаючи на те, що лабораторні методи – зокрема трансмісійна електронна мікроскопія – залишаються ключовими для юридичного підтвердження типу та концентрації азбесту, їхня інвазивність, тривалість та ризики для персоналу обмежують можливості масштабного скринінгу. У воєнних умовах ці обмеження стають особливо критичними, оскільки створюють загрозу додаткового забруднення повітряного середовища та унеможливають оперативне реагування.

У цьому контексті вирішальним кроком до ефективного екологічного управління є впровадження інтелектуальних систем дистанційного зондування, що поєднують дрони, неінвазійні сенсори, алгоритми штучного інтелекту та цифрову картографію. Такі системи дозволяють здійснювати швидко, безконтактну та високоточну попередню оцінку об'єктів, включаючи важкодоступні території, з мінімальним ризиком для працівників. У післявоєнний період, на тлі масштабної реконструкції, ці технології можуть стати основою нової парадигми екологічного моніторингу, інтегрованої в процеси просторового планування, управління ризиками та політику сталого розвитку.

Таким чином, поєднання класичних лабораторних методів з новітніми цифровими інструментами створює передумови для формування гнучкої та ефективної системи управління об'єктами, що містять азбест. Такий підхід дозволяє не лише здійснювати оперативний моніторинг і картування потенційно небезпечних матеріалів, а й інтегрувати екологічні ризики в процеси реконструкції, урбаністичного планування та екологічної безпеки. У перспективі це сприятиме переходу до парадигми безпечного, здорового та сталого розвитку міст, з урахуванням історично накопичених техногенних загроз.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Global Compact Network Ukraine. (2021, October 13). *Заборона азбесту: чому Україна повинна запровадити її якнайшвидше*. Global Compact Network Ukraine. Retrieved from <https://globalcompact.org.ua/news/заборона-азбесту-чому-україна-повинна/>
- [2] Центр контролю та профілактики хвороб у Львівській області. (2023, October 2). *Азбест – під забороною! Чим шкідливий для здоров'я матеріал з супер-властивостями?* Lviv CDC. Retrieved from <https://lviv.cdc.gov.ua/post/азбест-під-забороною-чим-шкідливий-для-здоров-я-матеріал-з-супер-властивостями>
- [3] Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй (ПРООН) в Україні. (2024). *Протокол управління азбестовмісними відходами та матеріалами*. ПРООН в Україні. Retrieved from https://www.undp.org/sites/g/files/zskgk326/files/2024-08/UNDP-AsbestosWasteManagementProtocol-v5NovemberUA_v01.pdf
- [4] Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2023, November 6). *Управління відходами, що містять азбест – переймаємо досвід Європи*. mepr.gov.ua. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy-shho-mistyat-azbest-perejmayemo-dosvid-yevropy/>
- [5] Закон України Про систему громадського здоров'я. (2022). *Відомості Верховної Ради України, 41*, ст. 248. Верховна Рада України. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2573-20#Text>
- [6] Верховна Рада України. (2022). *Закон України «Про систему громадського здоров'я» № 4142*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4142-20#Text>
- [7] Міністерство охорони здоров'я України. (2023). *Державні санітарні норми і правила «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту»*. Наказ МОЗ № 1053 від 05.06.2023. Retrieved from <https://moz.gov.ua/article/ministry-mandates/nakaz-moz-ukraini-vid-05062023--1053>
- [8] Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2018). *Порядок класифікації відходів*. Наказ № 271. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0679-18#Text>
- [9] Державна служба України з надзвичайних ситуацій. (2023). *Кодекс цивільного захисту України*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
- [10] European Commission. (2005). *Directive 2003/18/EC amending Council Directive 83/477/EEC on the protection of workers from the risks related*

to exposure to asbestos at work. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32003L0018>

[11] World Health Organization. (2014). *Elimination of asbestos-related diseases*. WHO. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HSE-PHE-2014.1>

Ushkats S., Magas N., Zholobenko N.
***Asbestos-Containing Materials in Ukraine's Urban Environment:
Environmental Risks and Innovative Management Strategies***

УДК 502:628

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У СФЕРІ ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Ремешевська І. В.¹, к.т.н., доцент, Гурець Н. В.²,

Господаренко О. О.³

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

irynaremesh@gmail.com¹, natalya.gurets@nuos.edu.ua²,

gospodarenkoaleksandra@gmail.com³

Сучасні екологічні виклики, пов'язані з глобальними змінами клімату, забрудненням водних ресурсів і зростанням антропогенного навантаження на довкілля, дедалі більше впливають на соціально-економічний розвиток України. У цих умовах посилення національних та міжнародних вимог до охорони довкілля обумовлює необхідність впровадження екологічного менеджменту в усіх галузях економіки, зокрема у сфері водопровідно-каналізаційного господарства (ВКГ) [1]. Цей сектор є стратегічним, адже забезпечує життєво важливі потреби населення у питній воді та належному санітарному стані довкілля. Проте його поточний технічний та організаційний стан вимагає комплексної модернізації та адаптації до сучасних екологічних стандартів [2, 3].

Одним із ключових бар'єрів на шляху впровадження екологічного менеджменту у підприємствах ВКГ є недосконала нормативно-правова база. Насьогоднів Україні використання та охорона водних ресурсів

регламентуються комплексом законодавчих та нормативно-правових актів, серед яких «Водний кодекс України», закони «Про меліорацію земель», «Про питну воду та питне водопостачання», «Про охорону навколишнього природного середовища» та інші документи. Основною метою водного законодавства є врегулювання правових відносин у сфері збереження та раціонального, науково обґрунтованого використання вод для забезпечення потреб населення і різних галузей економіки, відтворення водних ресурсів, а також захисту водних об'єктів від забруднення, засмічення та виснаження.

Крім того, законодавство спрямоване на запобігання шкідливим наслідкам впливу вод, ліквідацію вже наявних негативних явищ, покращення екологічного стану водних об'єктів та забезпечення захисту прав підприємств, організацій і громадян на безпечне та ефективне водокористування. Нажаль, наявні законодавчі акти часто не узгоджуються між собою або не охоплюють усіх аспектів екологічного управління, що ускладнює розробку і реалізацію ефективних внутрішніх політик підприємств, також на практиці спостерігається відсутність чітких механізмів державного контролю за впровадженням екологічних стандартів, що знижує мотивацію до їх застосування.

Не менш гострою є проблема технічної зношеності інфраструктури. Значна частина систем водопостачання та водовідведення в Україні була побудована ще у другій половині XX століття і давно вичерпала свій ресурс [2,3]. Через це підприємства змушені працювати з обладнанням, яке не відповідає сучасним вимогам ефективності та екологічної безпеки. Модернізація таких систем потребує значних капіталовкладень, однак обмежене бюджетне фінансування і відсутність достатніх інвестицій суттєво стримують цей процес. Як наслідок, впровадження новітніх технологій очищення води, утилізації осадів, зменшення втрат і енергоспоживання залишається поодиноким практикою.

Ще однією суттєвою проблемою є кадровий дефіцит. Бракує фахівців, які володіють сучасними знаннями і практичними навичками у сфері екологічного менеджменту та роботи з міжнародними стандартами, такими як ISO 14001 [4, 5]. Багато керівників підприємств не усвідомлюють потенційних економічних і репутаційних переваг від впровадження систем екологічного управління, розглядаючи їх переважно як додаткове навантаження, а не як інструмент підвищення ефективності.

Окремої уваги заслуговує проблема екологічного моніторингу та контролю. У більшості підприємств ВКГ автоматизовані системи збору, обробки та аналізу екологічних показників або відсутні, або перебувають на

початковому рівні розвитку. Це ускладнює своєчасне виявлення екологічних загроз і оперативне реагування на них. У результаті підприємства нерідко працюють у «реактивному режимі», коли заходи вживаються лише після виникнення проблеми, замість її попередження.

Перспективи впровадження принципів екологічного менеджменту у діяльність підприємств ВКГ пов'язані з інтеграцією міжнародних стандартів у внутрішні нормативи підприємств, залученням інвестицій та грантових коштів для модернізації обладнання, розробкою і впровадженням програм підвищення кваліфікації персоналу, а також застосуванням циклу PDCA для постійного вдосконалення системи. Очікуваними результатами є зниження рівня забруднення водних об'єктів, оптимізація витрат на водопідготовку та водовідведення, підвищення ефективності роботи підприємств і зміцнення їх конкурентоспроможності. Комплексний підхід до впровадження екологічного менеджменту у сфері водопровідно-каналізаційного господарства сприятиме підвищенню екологічної безпеки та створенню передумов для сталого розвитку галузі.

Висновки. Впровадження екологічного менеджменту у сфері водопровідно-каналізаційного господарства України потребує системного підходу, що включає технічне переоснащення, вдосконалення законодавства, розвиток кадрового потенціалу та підвищення екологічної свідомості як управлінців, так і населення. Лише комплексне вирішення зазначених проблем дозволить створити ефективну систему екологічного управління, яка стане запорукою сталого розвитку галузі, зменшення антропогенного впливу на довкілля та підвищення якості життя громадян.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Основа життя природи та людини: хто і як опікується водними ресурсами в Україні Ecopolitic.com.ua Retrieved from <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/osnova-zhittya-prirodi-ta-ljudini-hto-i-yak-opikuietsya-vodnimi-resursami-v-ukraini/>
- [2] Крилова І. І. Аналіз сучасного стану сфери водопостачання та водовідведення в Україні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 23. С. 118–125.
- [3] Сухорукова Т. Г., Клочко Ю. С. Оцінка стану водопровідно – каналізаційного господарства України. *Вісник економіки транспорту: промисловості*. 2018. № 63. С. 53–59.
- [4] Білик О. С. Екологічний менеджмент на промислових підприємствах України: зміст та сутність поняття. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2016. № 12 (106). С. 49–64.

[5] Бабчинська О. І. Інструменти формування механізму екологічного менеджменту в сучасних умовах. *Ефективна економіка*. № 10/2020. С. 1–7.

Remeshevska I., Gurets N., Hospodarenko O.

Problems and prospects of environmental management implementation in the water supply and sewage sector of Ukraine

УДК 005.334:658.382.3

РИЗИК ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА КАТЕГОРІЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ: ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТА ФОРМАЛІЗАЦІЇ

Головченко С. І., к.е.н., Турбін Є. А., курсант

Національний університет цивільного захисту України

Україна, Черкаси

holovchenko_serhii@nuczu.edu.ua

Ризик є фундаментальним поняттям для розробки ефективних стратегій запобігання надзвичайним ситуаціям та мінімізації їх наслідків. Відсутність єдиного підходу до його трактування ускладнює міждисциплінарну комунікацію та порівняння результатів досліджень. Формалізація цього терміна має вирішальне значення для створення адекватних математичних моделей, проведення кількісної оцінки небезпек та планування превентивних заходів [1].

Ризик як наукова категорія відіграє ключову роль у багатьох галузях знань, включаючи менеджмент, економіку, екологію та безпеку життєдіяльності. Його чітке визначення має велике значення для розуміння та оптимізації процесів управління в умовах невизначеності. У сфері цивільного захисту вивчення ризику стає особливо актуальним, оскільки дозволяє оцінювати загрози та обґрунтовувати рішення щодо запобігання надзвичайним ситуаціям [2].

Фахівці з цивільного захисту та рятувальники під час планування операцій зі ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій працюють в умовах високої невизначеності та обмеженої інформації. Умови кризових ситуацій суттєво відрізняються від стандартних умов, що призводить до ускладнення процесу прийняття рішень та збільшення ймовірності помилок. Однією з причин таких ускладнень є недостатність уніфікованого підходу до визначення та оцінки ризиків [1].

Метою даного дослідження є аналіз існуючих підходів до визначення терміна «ризик» та розробка його узагальненої формалізації для застосування в задачах безпеки життєдіяльності та цивільного захисту. Для проведення дослідження було проаналізовано наукові праці та нормативні документи, що містять різні трактування цього поняття. У результаті було запропоновано узагальнене визначення, яке враховує ймовірнісну природу ризику та величину можливих наслідків.

Під час дослідження проводиться аналіз наукових джерел, де виявляються різні підходи до визначення ризику, далі здійснюється систематизація цих підходів та виділення ключових компонентів поняття, а потім розробляється узагальнене визначення з подальшою його формалізацією для використання в практичних розрахунках.

Результати аналізу показали, що поняття ризику може розглядатися з різних точок зору. У найпоширенішому трактуванні ризик визначається як комбінація ймовірності реалізації небажаної події та тяжкості її наслідків. Формалізація цього підходу дозволяє перетворити якісну оцінку на кількісні показники, придатні для математичного аналізу [2].

Отримані результати підтверджують, що запропоноване узагальнене визначення є ефективним інструментом для формалізації поняття ризику. Це особливо важливо для фахівців з цивільного захисту, які працюють в умовах багатофакторних загроз та обмеженої інформації. Результати досліджень можуть бути використані для розробки нових методів оцінки ризиків та оптимізації процесів прийняття рішень у сфері безпеки життєдіяльності.

Дослідження різних підходів до визначення терміна «ризик» показало, що його формалізація є ефективним інструментом для наукового аналізу. Отримані результати мають важливе значення для розробки стратегій управління ризиками та оптимізації методів запобігання надзвичайним ситуаціям, особливо в умовах збройних конфліктів та техногенних катастроф.

Формалізація поняття ризику має прямий зв'язок із завданнями цивільного захисту та управління в кризових ситуаціях. Вона дозволяє перейти від якісних оцінок до кількісних показників, що значно підвищує об'єктивність аналізу та ефективність прийнятих рішень. У сучасних умовах, коли кількість та складність загроз постійно зростає, формалізований підхід до оцінки ризиків стає незамінним інструментом для забезпечення безпеки населення та території.

Запропонована формалізація дозволяє досліджувати, як змінюються рівні ризиків під впливом різних факторів, таких як характер загрози, умови

її реалізації та наявність захисних заходів, що допомагає оптимізувати процеси управління безпекою. Під час роботи в умовах надзвичайних ситуацій керівники рятувальних операцій піддаються впливу численних факторів невизначеності, а формалізований підхід до оцінки ризиків дозволяє зменшити вплив суб'єктивних факторів на процес прийняття рішень.

Результати досліджень, отримані за допомогою запропонованого підходу, можуть бути використані для розробки нових методів управління ризиками, наприклад, автоматизованих систем підтримки прийняття рішень. Крім того, формалізація поняття ризику є важливим інструментом для навчання майбутніх фахівців у сфері цивільного захисту, оскільки дозволяє студентам та рятувальникам краще розуміти природу загроз та механізми управління ними, що підвищує їхню готовність до дій в екстремальних умовах.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Основи ризик-орієнтованого підходу в пожежній безпеці: конспект лекцій. Для здобувачів вищої освіти, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» (освітньо-професійна програма «Аудит пожежної та техногенної безпеки») / Укладачі: О. М. Григоренко, Ю. П. Ключка, В. В. Олійник. НУЦЗУ, 2023. 162 с.

[2] Kaplan, S., & Garrick, B. J. (1981). On The Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, 1 (1), 11–27.

Holovchenko S., Turbin Y.

Risk as a fundamental category of life safety: approaches to definition and formalization

УДК 628.477.6:631.41:502/504

СТАЛИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ХАРЧОВИХ І ПЛОДООВОЧЕВИХ ВІДХОДІВ: ІННОВАЦІЙНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ У КОНТЕКСТІ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Ткаченко А. О.¹, Прилуцький В. П.²

Одеський національний технологічний університет, Україна, Одеса

¹anastasiafox8@gmail.com; ²pril.vova1998@gmail.com¹ORCID: 0009-0005-1998-3662; ²ORCID: 0009-0001-8755-2101

Харчові відходи є серйозною екологічною та економічною проблемою сучасності. У твердих побутових відходах сучасних міст частка органічних решток становить 30–50 % [1]. Зазвичай такі відходи розкладаються на полігонах, виділяючи метан у повітря та забруднюючи ґрунт і підземні води продуктами розкладу. На глобальному рівні приблизно третина усіх вироблених продуктів харчування пропадає марно, а відходи їжі спричиняють до 8–10 % усіх викидів парникових газів. За оцінками, обсяг харчових відходів може сягнути 2,1 млрд тон на рік до 2030 року, що еквівалентно втратам на суму понад 1,5 трлн доларів [1]. Таким чином, зменшення утворення та ефективна утилізація харчових відходів є невід'ємною частиною переходу до циркулярної економіки та сталого розвитку.

Циркулярна економіка (замкнений цикл ресурсів) передбачає максимальне повернення відходів у виробництво та екосистему у вигляді корисних ресурсів. У природі органічні відходи одного процесу слугують поживними речовинами для інших організмів, забезпечуючи безвідходний кругообіг речовин. Натхненні цим принципом, люди все активніше застосовують біотехнологічні рішення для перетворення харчових відходів на цінні продукти. Зокрема, перспективними є компостування з додаванням біочару [2] та біоконверсія відходів личинками комах [3], що дозволяє отримувати високоякісні добрива і кормові добавки та одночасно зменшувати шкоду для довкілля [3, 4].

Біочар (біовугілля) – це твердий пористий продукт, багатий на вуглець, який отримують шляхом піролізу біомаси (нагрівання органічних решток без доступу кисню). Додавання біочару до органічних відходів під час компостування значно покращує перебіг процесу і характеристики кінцевого продукту. Дослідження показують, що внесення від 5 до 10 % біочару на ранніх етапах компостування приводить до відчутних переваг [2]:

– Збереження поживних елементів: біочар адсорбує та утримує поживні речовини (особливо азот) у компості, зменшуючи їх втрати через

вилуговування чи аміачні випари. Таким чином підвищується добривна цінність компосту. За даними дослідів, додавання біочару може більш ніж удвічі скоротити втрати азоту, зберігаючи його у формі нітратів замість леткого аміаку [5];

– Зниження викидів парникових газів та запахів: співкомпостування з біочаром здатне суттєво зменшити утворення парникових газів під час розкладання відходів. Зокрема, викиди метану (CH_4) можуть знижуватися більш ніж на 80 %, закису азоту (N_2O) – понад 50 %, а аміаку (NH_3) – до 60 % у порівнянні зі звичайним компостуванням [2]. В результаті небажані запахи також значно послаблюються, що не лише покращує екологічність процесу, але й сприяє комфортнішій експлуатації компостних майданчиків;

– Покращення якості компосту та швидкості дозрівання: біочар слугує середовищем проживання для корисних мікроорганізмів, покращує аерацію та регулює вологість компостної маси, що прискорює розкладання органіки і гуміфікацію. Компост із додаванням біочару досягає швидше та має вищі показники стабільності й зрілості, містить більше гумусових речовин [5]. Готовий продукт характеризується кращою структурою, «свіжим» запахом і вищою агрономічною ефективністю.

Біочар також виконує роль довготривалого поглинача вуглецю [2]. Значна частина органічного вуглецю, що міститься у відходах, при піролізі перетворюється на стабільну форму, яка може десятиліттями залишатися у ґрунті. Таким чином біочар фактично зв'язує CO_2 і запобігає його поверненню в атмосферу. Оцінки показують, що широке впровадження біочару здатне суттєво скоротити глобальні викиди парникових газів, адже кожна тонна вуглецю у біочарі – це тонна CO_2 , вилучена з обігу на тривалий час [2].

Особливо доцільним є застосування біочару для утилізації рослинних відходів, таких як залишки плодоовочевих виробництв. Наприклад, рослинні рештки (обрізки, лушпиння, макуха тощо) можна компостувати з додаванням біочару, отримуючи високоякісний компост без значних втрат поживних речовин [5]. Інший шлях – безпосередньо перетворювати біомасу на біочар через піроліз. Подібні міські проекти вже реалізуються у США та Європі, де деревні відходи перетворюють на біочар для покращення ґрунтів та зменшення викидів парникових газів [2]. Отриманий біочар планують використовувати для покращення ґрунтів міських зелених насаджень та фільтрації стічних вод, що демонструє широкий потенціал цієї технології у розв'язанні екологічних проблем.

Личинки чорної львинки (чорної солдатської мухи, *Hermetia illucens*) – інноваційний біотехнологічний інструмент, що дозволяє перетворювати

харчові відходи на кормовий білок та органічні добрива [3]. Цей вид комах здатен споживати практично будь-які органічні рештки: гній та пташиний послід, зіпсовані фрукти й овочі, кухонні відходи, протухлі продукти, боєнські рештки – майже все, що може розкладатися біологічно. У процесі росту ненажерливі личинки швидко поїдають масу відходів, суттєво скорочуючи її об'єм і масу. Ефективність такої утилізації вражає: ту кількість органіки, яку личинки здатні переробити за 2–3 тижні, черви (наприклад, червоні каліфорнійські) переробляють лише за кілька місяців, а традиційне компостування зайняло б близько року. Таким чином, технологія на основі личинок ЧСМ дозволяє дуже швидко позбутися великого обсягу харчових відходів, попутно отримавши корисні продукти.

Після завершення циклу годування і досягнення оптимального розміру, личинки вилучаються з субстрату і можуть бути перероблені на ряд корисних продуктів. Живі або висушені личинки містять в середньому 40–50 % високоякісного білка та до 30 % жирів і можуть слугувати відмінною кормовою добавкою для свійської птиці, свиней, риби та домашніх тварин [6]. За амінокислотним складом цей інсектний білок не поступається рибному або соєвому, а також містить багато кальцію і вітамінів. З личинок також отримують інші цінні речовини – хітозан, антимікробні пептиди, меланін тощо. Іншим продуктом є личинковий залишок (фрас або зоогумус) – органічне добриво, що являє собою екскременти та залишки субстрату після вирощування личинок. Цей фертилізатор багатий на азот, фосфор, мікроелементи та корисну мікрофлору, подібно до вермикомпосту. Дослідження показують, що використання зоогумусу з личинок покращує схожість та урожайність рослин [7]. Отже, біоконверсія відходів за допомогою ЧСМ дає подвійний ефект: протейновий корм і органічне добриво з того, що раніше вважалося сміттям.

Низка стартапів і фермерських господарств у світі вже впровадили технології вирощування *Hermetia illucens* для управління органічними відходами [3, 4]. Особливо перспективним є застосування личинок для утилізації залишків їжі з кухонь та закладів громадського харчування, де утворюється стабільний потік харчових відходів. У різних країнах створюються біоциркулярні системи, що інтегрують збирання харчових залишків, вирощування личинок і подальше використання отриманих продуктів (інсектного білка та органічних добрив) у сільському господарстві [4].

Екологічні вигоди від таких систем є суттєвими. Зокрема, порівняльні LCA-оцінки показують, що біоконверсія харчових відходів за допомогою личинок чорної львинки має значно нижчий показник глобального

потепління (GWP) у порівнянні зі спалюванням чи захороненням на полігонах [3]. Також останні дослідження показують, що включення мікроорганізмів-асиміляторів аміаку у систему, де личинки *Hermetia illucens* обробляють азотисті залишки, може суттєво покращити перерозподіл азоту у фрасі, зменшуючи втрати та підвищуючи його якість як добрива [7]. Це робить технологію використання личинок *Hermetia illucens* одним із найбільш перспективних рішень у сфері циркулярної економіки та скорочення викидів парникових газів. По-друге, використання комах у кормовій індустрії знижує навантаження на традиційні білкові ресурси – сою, зерно, рибне борошно [3]. Інсектний білок може частково замінити соєвий шрот та рибу при відгодівлі худоби і риби, що опосередковано допомагає уникнути вирубки лісів під соєві плантації та надмірного вилову риби для кормів. Отже, біотехнологія на основі личинок ЧСМ вписується в концепцію циркулярної біоекономіки, де відходи перетворюються на ресурс, мінімізуючи шкоду довкіллю. Сучасні наукові дослідження підтверджують, що така інсектна біоконверсія дійсно здатна стати елементом кругової економіки [7], ефективно утилізуючи органічні відходи.

Розглянуті технології утилізації харчових відходів безпосередньо сприяють досягненню кількох Цілей сталого розвитку (ЦСР) ООН:

- ЦСР 2 (Подолання голоду). Переробка харчових відходів на кормові та добривні ресурси підвищує продовольчу безпеку. Інсектний білок може слугувати альтернативним джерелом кормів для тваринництва та аквакультури, знижуючи собівартість виробництва харчових продуктів. Органічні добрива з біочару і зоогумусу покращують родючість ґрунтів і врожаї культур, допомагаючи забезпечити потреби зростаючого населення у їжі.
- ЦСР 11 (Сталі міста та громади). Впровадження систем роздільного збору та біологічної переробки органічних відходів (компостування, ферми комах) робить міське господарство більш стійким. Менше відходів спрямовується на полігони, що зменшує навантаження на міську інфраструктуру, покращує санітарний стан та знижує емісію шкідливих газів у містах. Таким чином міста переходять до циркулярних підходів в управлінні відходами, що відповідає цілям сталого розвитку громад.
- ЦСР 12 (Відповідальне споживання і виробництво). Рациональне поводження з відходами є ключовим показником відповідального споживання. Глобальна мета ООН – до 2030 року вдвічі скоротити обсяги харчових відходів на душу населення. Біотехнології утилізації

напряму сприяють виконанню цієї цілі, перетворюючи відходи на вторинні ресурси. Виробники харчових продуктів та заклади харчування, впроваджуючи такі рішення, мінімізують свій екологічний слід і демонструють принципи кругового виробництва.

- ЦСР 13 (Боротьба зі зміною клімату). Зменшення викидів парникових газів завдяки описаним технологіям робить внесок у стримування зміни клімату. Компостування з біочаром скорочує викиди метану і закису азоту від розкладання відходів, а також забезпечує довготривале поглинання вуглецю у ґрунті. BSF-сценарії з нижчим GWP. Сукупно ці заходи допомагають зменшити парниковий вплив сектору відходів і досягти цілей Паризької угоди.
- ЦСР 15 (Збереження екосистем суші) та ЦСР 14 (Збереження морських екосистем). Опосередковано, перетворення відходів на добрива і корми сприяє збереженню наземних і водних екосистем. Застосування органічних добрив знижує потребу в хімічних добривах, сприяючи здоров'ю ґрунтів і біорізноманіттю. Виробництво інсектного білка зменшує потребу у розширенні посівів сої (що скорочує вирубку лісів) та у вилові дрібної риби на рибне борошно (що підтримує відновлення морських популяцій). Таким чином, колообіг поживних речовин за участі біочару та комах допомагає ощадливіше використовувати природні ресурси суші та океану.

Таким чином, циркулярна економіка в сфері харчових відходів – не просто концепція, а реальний набір технологій, що вже сьогодні доводять свою ефективність. Компостування з біочаром та розведення чорної львинки – яскраві приклади біотехнологій, які переводять відходи «з проблеми в ресурс». Вони одночасно вирішують екологічні проблеми (зменшення забруднення і викидів), економічні задачі (одержання цінних продуктів з низьковартісної сировини) та соціальні питання (продовольча безпека, створення «зелених» робочих місць). Поєднання таких підходів наближає нас до безвідходного циклу, притаманного природним екосистемам, і робить вагомий внесок у сталий розвиток на глобальному рівні.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] United Nations Environment Programme. (2024). *Food Waste Index Report 2024: Think eat save – Tracking progress to halve global food waste*. UNEP. Retrieved from <https://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024>

[2] Harrison, B. P., Gao, S., Gonzales, M., Thao, T., Bischak, E., Ghezzehei, T. A., Berhe, A. A., Diaz, G., & Ryals, R. A. (2022). Dairy manure

co-composting with wood biochar plays a critical role in meeting global methane goals. *Environmental Science & Technology*, 56 (15), 10987–10996. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c03467>

[3] Guo, H., Jiang, C., Zhang, Z., Lu, W., & Wang, H. (2021). Material flow analysis and life cycle assessment of food waste bioconversion by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.). *Science of the Total Environment*, 750, 141656. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141656>

[4] Ramzy, R. R., Goenka, V., El-Dakar, M. A., & Lee, J. S. H. (2025). Assessing the environmental impacts of the black soldier fly-based circular economy and decentralized system in Singapore: A case study. *Sustainability*, 17 (13), 6115. <https://doi.org/10.3390/su17136115>

[5] Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N. K., Fiaboe, K. K. M., Nakimbugwe, D., Khamis, F. M., & Subramanian, S. et al. (2020). Biochar and gypsum amendment of agro-industrial waste for enhanced black soldier fly larval biomass and quality frass fertilizer. *PLoS ONE*, 15 (8), e0238154. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238154>

[6] Huis, A. (2019). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: A review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6 (1), 1–18. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0017>

[7] Gurung, S. K., Timsina, B., Adhikari, S., & Sharma, B. (2025). The effect of black soldier fly larvae frass and biochar on crop growth under varying water stress conditions. *Plant and Soil*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11104-025-07672-4>

[8] Zhao, S., Meng, Y., Qin, C., Long, M., Li, Q., Zhang, J., Zhang, Z., Yu, Z., Wei, H., Chen, D., & Hou, D. (2025). Synergistic reshaping of nitrogen flow by black soldier fly and gut ammonia-assimilating bacteria: Green transformation from nitrogenous waste to insect protein. *Environmental Technology & Innovation*, 104462. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104462>

Tkachenko A., Prylutskyi V.

Sustainable Management of Food and Fruit-and-Vegetable Waste: Innovative Biotechnologies in the Context of the Circular Economy

УДК 005.334:658.382.3

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПОЛІВ РИЗИКІВ У КОНТЕКСТІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Головченко С. І., к.е.н., Синягін Д. О., курсант

Національний університет цивільного захисту України

Україна, Черкаси

holovchenko_serhii@nuczu.edu.ua

Поля ризиків є ефективним методом для просторового відображення рівнів небезпеки, що дозволяє ідентифікувати критичні зони, оптимізувати розподіл ресурсів та планувати превентивні заходи [1]. Відсутність уніфікованої методики їх побудови ускладнює проведення порівняльного аналізу та прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Формалізація процесу побудови полів ризиків має ключове значення для створення адекватних картографічних моделей та проведення кількісної оцінки загроз [3].

Поля ризиків як інструмент аналізу відіграють важливу роль у багатьох галузях, зокрема в екології, територіальному плануванні, менеджменті надзвичайних ситуацій та цивільному захисті. Їх побудова дозволяє перетворити абстрактні дані про ймовірність та наслідки небажаних подій на наочні просторові образи, що значно полегшує комунікацію між фахівцями та керівниками різного рівня. У сфері цивільного захисту візуалізація ризиків стає особливо актуальною для планування евакуаційних заходів, розміщення рятувальних формувань та інформування населення.

Фахівці з цивільного захисту під час оцінки обстановки в надзвичайних ситуаціях стикаються з великими масивами різномірних даних. Умови дефіциту часу та інформаційного шуму ускладнюють процес аналізу та прийняття рішень. Побудова полів ризиків на основі формалізованих математичних моделей дозволяє структурувати цю інформацію, виявити просторові закономірності розподілу загроз та зосередити ресурси на найнебезпечніших ділянках.

Метою даного дослідження є аналіз існуючих методів побудови полів ризиків та розробка узагальненої методики їх формування для застосування в задачах безпеки життєдіяльності та цивільного захисту. Для проведення дослідження було проаналізовано наукові праці, присвячені геоінформаційному моделюванню та просторовому аналізу ризиків. У результаті було запропоновано алгоритм побудови, який враховує просторову варіацію факторів небезпеки, уразливості території та величини можливих наслідків [1].

Під час дослідження проводиться аналіз наукових джерел для виявлення ключових параметрів, що визначають просторовий розподіл

ризик, далі здійснюється вибір математичного апарату для інтерполяції та екстраполяції даних, а потім розробляється узагальнений алгоритм побудови полів ризиків з подальшою його апробацією на тестових прикладах.

Результати аналізу показали, що побудова полів ризиків ґрунтується на інтеграції даних про безпеку, уразливості об'єктів та експозиції населення. Найпоширенішим підходом є використання геоінформаційних систем (ГІС) для картографування ризику шляхом накладання шарів цих факторів. Формалізація цього підходу дозволяє створити цифрові двовимірні або тривимірні моделі, придатні для сценарного аналізу та прогнозування.

Отримані результати підтверджують, що запропонований алгоритм є ефективним інструментом для візуалізації та просторового аналізу ризиків. Це особливо важливо для оперативних штабів, які працюють в умовах кризових ситуацій, оскільки наочне представлення інформації прискорює її сприйняття та інтерпретацію. Результати досліджень можуть бути використані для розробки автоматизованих систем моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій.

Дослідження різних методів побудови полів ризиків показало, що їх використання є ефективним інструментом для наукового аналізу та практичного управління. Отримані результати мають важливе значення для розробки стратегій територіального захисту, зонування територій за рівнем безпеки та оптимізації розгортання сил і засобів цивільного захисту, особливо в умовах техногенних катастроф та стихійних лих [1].

Побудова полів ризиків має прямий зв'язок із завданнями управління в кризових ситуаціях. Вона дозволяє перейти від табличних даних до інтуїтивно зрозумілих карт, що значно підвищує оперативність та об'єктивність аналізу. У сучасних умовах, коли загрози мають динамічний і розподілений характер, використання полів ризиків стає незамінним інструментом для прийняття своєчасних і обґрунтованих рішень щодо захисту населення та територій.

Запропонована методика дозволяє досліджувати, як змінюються просторові закономірності розподілу ризиків під впливом різних факторів, таких як напрям поширення забруднення, густина населення або наявність захисних споруд. Під час роботи в умовах надзвичайних ситуацій керівники операцій отримують змогу візуально оцінити масштаби загрози та пріоритетні напрямки робіт, що зменшує вплив суб'єктивних факторів на процес прийняття рішень.

Результати досліджень, отримані за допомогою запропонованого підходу, можуть бути використані для розробки нових інтерактивних

систем підтримки прийняття рішень, що базуються на реальному часі. Крім того, методика побудови полів ризиків є важливим інструментом для навчання майбутніх фахівців, оскільки дозволяє студентам та рятувальникам краще розуміти просторові аспекти загроз, що підвищує їхню готовність до ефективних дій в екстремальних умовах [1].

Результати досліджень можуть бути використані для розробки нових технологій у сфері управління ризиками, таких як динамічне моделювання розвитку надзвичайних ситуацій та адаптивне планування ресурсів. Таким чином, побудова полів ризиків є важливим інструментом не лише для теоретичного моделювання, але й для вирішення практичних завдань цивільного захисту, що робить її ключовим елементом у системі забезпечення безпеки в сучасних умовах.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Основи ризик-орієнтованого підходу в пожежній безпеці: конспект лекцій. Для здобувачів вищої освіти, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» (освітньо-професійна програма «Аудит пожежної та техногенної безпеки») / Укладачі: О. М. Григоренко, Ю. П. Ключка, В. В. Олійник. НУЦЗУ, 2023. 162 с.

[2] Kaplan, S., & Garrick, B. J. (1981). On The Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, 1 (1), 11–27.

[3] Картографування ризиків надзвичайних ситуацій : монографія / за ред. І. П. Коваленка. Київ : НУЦЗУ, 2020. 210 с.

Synyagin D., Holovchenko S.
***Algorithmization and visualization of risk fields
in the context of emergencies***

УДК 581.9:502.75:282.247.318(477.65/.73)

СОЗОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ В МЕЖАХ ВОДООХОРОННОЇ ЗОНИ ОЗЕРА СОЛОНЕЦЬ-ТУЗЛИ

Мельничук С. С., к.б.н., доцент

Національний природний парк «Білобережжя Святослава»

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв, Очаків

ORCID: 0000-0001-7380-6177

e-mail: s.s.melnychuk87@gmail.com

Водоохоронна зона озера Солонець-Тузли нажаль не входить до складу територій Національного природного парку «Білобережжя Святослава», але планується включення цієї території до складу національного парку. Тим паче, що збільшення площ мережі природно-заповідних територій Миколаївської області, особливо в умовах негативного антропогенного впливу військових дій на окуповані природо-заповідні території, є важливим заходом стратегічного планування розвитку території області та країни. Так, створення нових територій природно-заповідного фонду закладено в Цілі сталого розвитку (United..., 1992), індикатори яких для України передбачають потроєння площі заповідних територій до 2030 року. Вказана норма була закріплена Указом Президента України № 722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». Цілі також враховують приєднання та виконання Україною вимог міжнародних природоохоронних конвенцій. Однією із найбільш динамічних природоохоронних тенденцій міжнародного характеру є створення та формування об'єктів Смарагдової мережі [1]. Водоохоронна зона озера Солонець-Тузли входить до складу Смарагдової мережі, але не є об'єктом природо-заповідного фонду. Рекомендація № 16 вимагає від держав, що приєдналися до Бернської Конвенції, чітко позначити межі територій, які відповідають вказаним в конвенції природоохоронним критеріям, розробку коротко- та довгострокових планів їх управління та охорони, винесення меж об'єктів (де можливо) на місцевості, організацію постійного моніторингу стану цих об'єктів та їх елементів.

Озеро Солонець-Тузли та його водоохоронна зона розташовані на поверхні Причорноморської низовини вздовж узбережжя Дніпро-Бузького лиману. Згідно фізико-географічного районування озеро знаходиться в межах Очаківсько-Тарутинського району Нижньобузько-Дніпровської

низовинної області Причорноморсько-Приазовського краю Південнестепо-вої підзони Степової зони. Характерною особливістю досліджуваної території, є широке поширення форм ерозійного рельєфу [1]. Вздовж озера розташовано багато ярів та балок, як великих так і дрібних. Слід зазначити, що в межах більшості з представлених форм рельєфу, проявляється активізація ерозійних процесів в тому числі зумовлених антропогенною діяльністю.

Літологічна будова, розчленованість рельєфу та кліматичні умови досліджуваної території, зумовлюють формування темно- каштанових ґрунтів на поверхні яких розвинуті унікальні прибережні напівпустельні ландшафтні комплекси, які не мають аналогів в межах території України.

За флористичним районуванням територія що досліджується відно-ситься до Західнопричорноморсько-Рівниннокримського округу Західно-причорноморської підпровінції Причорноморсько-Дінської провінції Панонсько-Причорноморсько-Прикаспійської області Північно-палеарк-тичного царства [1]. Тут у складі флори степові, лучно-степові та галофітні види судинних рослин.

За геоботанічним районуванням територія відноситься до Одеського округу злакових та полиново-злакових степів, засолених луків, солончаків і рослинності карбонатних відслонень Чорноморсько-Азовської степової підпровінції Понтичної степової провінції Степової зони Євразійської степової області.

В межах водоохоронної зони озера Солонець-Тузли поширені корінні угруповання справжніх та пустельних степів (*Festuceta valesiaceae*, *Stipeta capillatae*, *Stipeta lessingiana*, *Agropyroneta pectinatae*, *Kochieta prostratae*, *Artemisieta santonicii*) з участю представників флори, які перебувають під охороною (табл. 1). Тут виявлені нові місцезростання морквіниці при-бережної (*Astrodaucus littoralis*), Шафрану сітчастого (*Crocus reticulatus*), Рясткы Буше (*Ornithogalum boucheanum*), Кермечника злаколистого (*Goniolimon graminifolium*), Белевалії сарматської (*Bellevaia sarmatica*), Півників карликових – (*Iris pumila*), Ковили волосистої (*Stipa capillata*).

Ornithogalum boucheanum – диз'юнктивноареальний вид на північній межі поширення. В Україні поширений в Закарпатті, Лісостепу, в Степу та Причорномор'ї. На території водоохоронної зони озера Солонець-Тузли зустрічаються поодинокі або невеликим групами на схилах східної експозиції озера [2]. Зустрічається і серед антропогенних деревних та чагарникових угруповань, які відносяться до класів: *Rhamno-Prunetea Rivas*

Goday et Borja Carbonell ex Tüxen 1962, субасоціації *Balloto nigrae-Crataegetum leiomonogynae asparagetosum verticillatae* Vorobyov et I. Solomakha in I. Solomakha et al. 2015; *Robinietea Jurko ex Hadac et Sofron* 1980, де зустрічається у всіх асоціаціях [3]. Вид занесений до Червоної книги України і має категорію охорони – неоцінений [2].

Таблиця 1. Рідкісні види водоохоронної зони озера Солонець-Тузли

Назва виду	CITES	МСОП	ЄЧС	БЕРН	ЧКУ	ЗКУ	ЧСМО
<i>Stipa capillata</i>					+	+	
<i>Iris pumila</i>							+
<i>Ornithogalum boucheanum</i>					+		
<i>Goniolimon graminifolium</i>		+	+		+		
<i>Astrodaucus littoralis</i>					+		
<i>Crocus reticulatus</i>					+		
<i>Bellevallia sarmatica</i>							+

Примітка: Охоронний статус: МСОП – Світовий Червоний список Міжнародного союзу охорони природи і природних ресурсів (1998), CITES – Конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (1973), БЕРН – Конвенція про збереження дикої фауни та флори і природного середовища в Європі (1979), ЄЧС – Європейський Червоний список (1991), ЧКУ – Червона книга України (2009), ЧСМО – Червоний список Миколаївської області (2021).

Goniolimon graminifolium – північнопричорноморський (Дніпрово-Бузький) ендемічний вид з диз'юнктивним ареалом, трапляється в пониженнях Дніпра, Південного Бугу, Інгулу та Інгульця [4]. На території водоохоронної зони озера Солонець-Тузли зустрічається поодиноким на схилах західної експозиції озера. *Goniolimon graminifolium* зустрічається в угрупованнях псамофітно-степової рослинності класу *Festucetea vaginatae* Soo 1968 em Vicherek 1972, порядку *Festucetalia vaginatae* Soo 1957, союзу *Festucion beckeri* Vicherek 1972, в усіх асоціаціях даного союзу [3]. Вид занесений до Світового Червоного списку, як вразливий, Європейського Червоного списку – має другу категорію охорони – вразливий, Червоної книги України – має категорію охорони – вразливий [4].

Astrodaucus littoralis – Причорноморський ендемічний вид, який в Україні поширений на Азово-Чорноморському узбережжі, на пісках, галечниках, солончаках, морських берегах зі змінним режимом зволоження і помірним засоленням [4]. На території водоохоронної зони озера Солонець-Тузли було виявлено три особини у 2024 році на середині схилу західної експозиції. *Astrodaucus littoralis* зустрічається у складі *Festucetea*

vaginatae Soó ex Vičherek 1972, в порядку Festucetalia vaginatae Soó 1957, союзи Festucion beckeri Vičherek 1972 [3]. Вид занесений до Червоної книги України – має категорію охорони – вразливий [2].

Stipa capillata – центрально-євразійський степовий вид, який в Україні поширений в Криму, степу і лісостепу, аж до до південної межі Полісся [2]. На території водоохоронної зони озера Солонець-Тузли утворює чисельні популяції на правому березі, на верхніх частинах схилу включно з плакором. Зростає в угруповання класу Festuco-Brometea [3]. Вид занесений до Червоної книги України – має категорію охорони – неоцінений, угруповання занесені до Зеленої книги України [2].

Iris pumila – європейсько-середземноморський вид з диз'юнктивним ареалом, який в Україні поширений в степу, і частково в лісостепу [4]. На території водоохоронної зони озера Солонець-Тузли поширений в балках та ярах, утворює чисельні куртини на правому березі, іноді куртини зустрічаються на плакорі та ерозійних формах. Зростає в угруповання класу Festuco-Brometea. Вид занесений до Червоного списку Миколаївської області.

Crocus reticulatus – субсередземноморсько-малоазійський вид на північно-східній межі ареалу. В Україні поширений у правобережному і лівобережному лісостепу, степу. На території водоохоронної зони озера Солонець-Тузли зростає в угруповання класу Festuco-Brometea [2, 3], у 2025 вперше році було виявлено 15 особин в конусі виносу балки, на правому схилі озера. Вид занесений до Червоної книги України – має категорію охорони – неоцінений [2].

Bellevalia sarmatica – понтичний вид з відносно невеликим ареалом. В Україні поширений в Степу та Криму, хоча його ареал не виходить за межі Причорномор'я [4]. На території водоохоронної зони озера Солонець-Тузли зростає в угруповання класу Festuco-Brometea [3], протягом 2024–2025 років було виявлено від 5 до 16 особин на схилах правого берега балки, в тому числі в місцях з сильними ерозійними процесами. Вид занесений до Червоного списку Миколаївської області.

Отже, протягом 2024–2025 років в межах водоохоронної зони озера Солонець-Тузли, яка входить до Смарагдової мережі, і потребує заповідання, виявлено 7 видів рідкісних рослин, з яких, 5 занесені до Червоної книги України, по 1 – до Світового Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи і природних ресурсів, Європейського Червоного списку та Зеленої книги України, 2 – до Червоного списку Миколаївської області

Враховуючи необхідність заповідання досліджуваної території та сучасні актуальні завдання в рамках проблеми збереження біологічного

різноманіття, основним з яких, є вивчення та охорона рідкісних видів, які являються найвразливішою частиною генофонду. Тому необхідно проводити подальший моніторинг виявлених локалітетів рідкісних видів та виявляти, досліджувати та картографувати нові.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Наукове обґрунтування необхідності зміни меж (розширення) території НПП «Білобережжя Святослава» за рахунок земель під умовною назвою «Ольвійська хора». (2022). *Літопис природи НПП «Білобережжя Святослава»*, 11, 258.

[2] Дідух, Я. П. (2009). Червона книга України Рослинний світ. Київ: Глобалконсалтинг, с. 900. Взято з <https://komekolog.rada.gov.ua/uploads/documents/36515.pdf>

[3] Соломаха, В. А. (2008) Синтаксономія рослинності України; Київ: Фітоцентр. С 295.

[4] Мельничук, С. С. (2022). Созологічні аспекти рослинного покриву Національного природного парку «Білобережжя Святослава» : *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці* : матеріали XIII міжнар. наук.-техн. конф. Миколаїв: Вид. Торубара В. В., 2022. С. 267–269.

Melnychuk S.

Sozological aspects of vegetation cover within the water protection zone of lake Solonets-Tuzly

УДК 614.84:519.21

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Головченко С. І., к.е.н., Чернюк А. О., курсант
Національний університет цивільного захисту України
Україна, Черкаси
holovchenko_serhii@nuczu.edu.ua

Надзвичайні ситуації є складними динамічними явищами, розвиток яких має стохастичну природу та залежить від великої кількості неконтрольованих факторів. Аналіз НС за допомогою методів теорії ймовірностей та випадкових процесів дозволяє будувати прогностичні моделі,

оцінювати ризики та оптимізувати стратегії реагування. Запропонований підхід дозволяє досліджувати закономірності виникнення та розвитку НС в умовах невизначеності. Результати досліджень можуть бути використані для підвищення ефективності планування заходів цивільного захисту та розробки превентивних стратегій [2].

Надзвичайні ситуації, як природного, так і техногенного характеру, є невід'ємною частиною сучасного світу. Їхня складність та непередбачуваність унеможливають точне детерміністичне моделювання, що робить методи теорії випадкових процесів ключовим інструментом для їхнього аналізу. Розгляд НС як випадкового процесу дозволяє врахувати стохастичність у часі та просторі таких подій, як виникнення пожеж, техногенних аварій чи стихійних лих [1].

Ефективність дій рятувальних підрозділів значною мірою залежить від здатності передбачити можливі сценарії розвитку подій. Традиційні детерміністичні моделі часто неспроможні адекватно описати реальну ситуацію через наявність випадкових збурень та неврахованих факторів. Використання апарату випадкових процесів, таких як марківські ланцюги чи пуассонівські потоки, дозволяє формалізувати цю невизначеність та кількісно оцінити ймовірність різних сценаріїв.

Метою даного дослідження є розробка та впровадження методології моделювання надзвичайної ситуації як випадкового процесу, що дозволить аналізувати ймовірнісні характеристики виникнення, розвитку та ліквідації НС. Для проведення дослідження було розроблено математичну модель, яка представляє НС як випадковий процес із заданими параметрами: ймовірністю виникнення, інтенсивністю розвитку, часом реагування та ймовірністю успішної ліквідації. Модель базується на апараті марківських випадкових процесів та методів Монте-Карло для імітації різних сценаріїв [2].

Під час експерименту проводиться імітаційне моделювання: задаються початкові параметри системи (наприклад, ймовірність виникнення аварії, наявність ресурсів), генеруються випадкові реалізації процесу розвитку НС, фіксуються часові характеристики та результати (успішна ліквідація, поширення, збитки), а потім отримані дані аналізуються для оцінки середніх характеристик, ймовірностей різних результатів та чутливості моделі до зміни вхідних параметрів.

Результати імітаційного моделювання показали, що розвиток надзвичайної ситуації має яскраво виражений стохастичний характер. Час виникнення, швидкість ескалації та ефективність ліквідації є випадковими величинами, розподіл яких можна апроксимувати відомими законами (експоненційним, нормальним). Це дозволяє будувати ймовірнісні прогнози та оптимізувати розподіл ресурсів для реагування.

Отримані результати підтверджують, що запропонована модель є ефективним інструментом для аналізу надзвичайних ситуацій. Вона дозволяє оцінювати ризики, прогнозувати найбільш ймовірні сценарії розвитку подій та обґрунтовувати рішення щодо попередження та ліквідації НС. Це особливо важливо для органів управління цивільного захисту та рятувальних служб.

Дослідження надзвичайної ситуації як випадкового процесу показало, що стохастичний підхід є адекватним для моделювання таких складних явищ. Отримані результати мають важливе значення для розробки науково обґрунтованих стратегій управління ризиками та підвищення рівня готовності до надзвичайних ситуацій [1].

Розроблена методологія має прямий зв'язок із завданнями цивільного захисту та управління в кризових ситуаціях. Моделювання НС як випадкового процесу дозволяє оцінити ефективність різних стратегій реагування, оптимізувати розгортання сил і засобів, а також визначити критичні параметри, що впливають на успішність ліквідації наслідків. Це сприяє розробці більш адаптивних і стійких систем управління.

Результати досліджень, отримані за допомогою моделі, можуть бути використані для розробки навчальних програм та тренувань для рятувальних підрозділів, оскільки дозволяють імітувати широкий спектр можливих сценаріїв і відпрацьовувати дії в умовах невизначеності. Крім того, модель є важливим інструментом для наукових досліджень у галузі безпеки життєдіяльності та управління ризиками.

Таким чином, розгляд надзвичайної ситуації як випадкового процесу є важливим інструментом не лише для теоретичного аналізу, але й для практичного планування заходів з цивільного захисту, що робить його незамінним у сучасних умовах підвищених ризиків та невизначеності.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Смоляк С. А., Тютюнник В. В. Прогнозування та оцінка обстановки при надзвичайних ситуаціях : навчальний посібник. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2018. 215 с.

[2] Майборода А.О, Нуянзін В. М. Стохастичні моделі в управлінні ризиками надзвичайних ситуацій. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Інновації в пожежній безпеці та цивільному захисті». Київ : НУЦЗУ, 2022. С. 114–118.

Holovchenko S., Chernyuk A.

*Using the theory of random processes to study the dynamics
of emergency situations*

УДК 338.48:504.332.1

**ІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИМОГ
У МІСЦЕВЕ ПЛАНУВАННЯ: СТРАТЕГІЧНА
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОГРАМИ РОЗВИТКУ
М. МИКОЛАЄВА НА 2024–2026 РОКИ**

Мозговий А. М., доцент

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв
andriy.mozgovyy@nuos.edu.ua

Сучасний розвиток українських міст супроводжується зростанням навантаження на природне середовище, що потребує впровадження нових підходів до планування територій та управління ресурсами. Забезпечення екологічної безпеки й раціонального природокористування стає одним із ключових завдань державної політики у сфері сталого розвитку.

В умовах євроінтеграційних процесів особливого значення набуває застосування інструментів екологічного управління, серед яких важливе місце посідає стратегічна екологічна оцінка (СЕО). СЕО дозволяє враховувати екологічні вимоги під час підготовки та реалізації державних і місцевих програм, запобігаючи виникненню негативних наслідків для довкілля. Міста України, зокрема промислові центри, стикаються з проблемами забруднення повітря, водних ресурсів і ґрунтів, що безпосередньо впливають на якість життя населення.

Миколаїв як потужний промислово-транспортний вузол Півдня України є показовим прикладом необхідності інтеграції екологічного чинника у процес стратегічного планування. Проведення стратегічної екологічної оцінки Програми економічного і соціального розвитку міста на 2024–2026 роки є важливим етапом формування збалансованої політики розвитку.

Результати СЕО сприятимуть ухваленню рішень, що забезпечать гармонійне поєднання економічних інтересів, соціальних потреб і екологічних пріоритетів громади.

Мета роботи полягає у визначенні можливих наслідків реалізації Програми економічного і соціального розвитку м. Миколаєва на 2024–2026 роки для довкілля та здоров'я населення, інтеграції екологічних вимог у процес планування та забезпечення умов сталого розвитку міста.

До документів державного планування належать стратегії, плани, схеми, містобудівні документи, загальнодержавні та цільові програми, а також інші програмні акти й внесені до них зміни, які розробляються або затверджуються органами державної влади чи місцевого самоврядування.

У межах проведення СЕО було здійснено оцінку впливу реалізації Програми економічного і соціального розвитку м. Миколаєва на навколишнє природне середовище, включно з оцінкою ризиків для здоров'я населення. Також проаналізовано відповідність запланованих дій екологічним зобов'язанням держави та визначено заходи, спрямовані на запобігання, зменшення чи пом'якшення можливих негативних наслідків. Передбачено й систему моніторингу результатів виконання Програми.

На основі статистичних даних, адміністративної звітності та результатів наукових досліджень охарактеризовано поточний стан довкілля міста, умови проживання населення та території, які потенційно зазнають впливу під час реалізації документа державного планування.

У процесі проведення стратегічної екологічної оцінки було виявлено низку потенційних проблем і ризиків для навколишнього середовища, зокрема забруднення атмосферного повітря, погіршення стану ґрунтів і водних ресурсів. Основні екологічні виклики та заходи з їх мінімізації наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Основні заходи щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище реалізації Програми економічного і соціального розвитку м. Миколаєва на 2024–2026 роки

Проблема	Захід	Очікуваний результат
Забруднення атмосферного повітря транспортом та промисловістю	Модернізація обладнання підприємств; розвиток екологічного транспорту; оптимізація транспортних потоків	Зниження рівня шкідливих викидів у повітря, покращення якості атмосферного повітря
Забруднення та виснаження водних ресурсів	Встановлення сучасних систем очищення стічних вод; контроль за промисловими скидами; модернізація мереж водопостачання і каналізації	Поліпшення якості питної води та стану водойм, зменшення ризику захворювань населення
Погіршення стану ґрунтів	Сортування та переробка відходів; рекультивація порушених земель; контроль за використанням агрохімікатів	Зменшення забруднення ґрунтів, відновлення природного балансу
Низька екологічна свідомість населення	Проведення інформаційних кампаній, освітніх програм; підтримка «зелених» ініціатив і громадських проєктів	Підвищення рівня екологічної культури та відповідальності жителів міста

Вплив Програми на рослинний світ, техногенне та соціальне середовище не перевищуватиме встановлених екологічних нормативів. Залишкові впливи на довкілля загалом перебуватимуть у межах, визначених чинним природоохоронним законодавством України.

Узгоджене поєднання економічних цілей із вимогами екологічної безпеки, раціонального використання природних ресурсів та врахування стану довкілля забезпечить сталий розвиток регіону. Реалізація Програми спрямована на стимулювання економічного зростання, підвищення ефективності системи управління розвитком міста, розбудову прозорості та інноваційної економіки, поліпшення транспортної й комунальної інфраструктури, а також дотримання високих екологічних стандартів. Це, у свою чергу, сприятиме зміцненню конкурентоспроможності Миколаєва, підвищенню добробуту населення й покращенню якості життя городян.

Висновки. Проведення стратегічної екологічної оцінки Програми економічного і соціального розвитку м. Миколаєва на 2024–2026 роки підтвердило важливість урахування екологічного чинника під час планування міського розвитку. Отримані результати свідчать, що основними екологічними ризиками є забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів, однак за умови реалізації передбачених заходів їхній вплив можна суттєво зменшити.

Запровадження системи моніторингу та модернізація інфраструктури сприятимуть підвищенню екологічної безпеки та якості життя населення. Важливою складовою сталого розвитку є формування екологічної свідомості громадян і залучення громадськості до ухвалення управлінських рішень. Реалізація Програми дозволить досягти балансу між економічними, соціальними та екологічними інтересами громади.

Таким чином, СЕО є ефективним інструментом забезпечення сталого розвитку, конкурентоспроможності та екологічної стабільності міста.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Закон України № 2354-VIII. (2018, 20 березня). Про стратегічну екологічну оцінку. *Офіційний вісник України*, 43, 1512.
- [2] Директива 2001/42/ЄС Європейського Парламенту та Ради. (2001, 27 червня). Про оцінку впливу деяких планів і програм на довкілля. *Офіційний журнал Європейських Спільнот*, L 197/30.
- [3] Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 296. (2018, 10 серпня). Про затвердження Методичних рекомендацій із здійснення стратегічної екологічної оцінки документів державного планування.

[4] Постанова Кабінету Міністрів України № 1272. (2020, 16 грудня). Про затвердження Порядку здійснення моніторингу наслідків виконання документа державного планування для довкілля, у тому числі для здоров'я населення.

[5] Миронюк, В. М. (2021). Стратегічна екологічна оцінка як інструмент реалізації політики сталого розвитку в Україні. *Екологічна безпека та природокористування*, 2, 45–52.

Mozhoviy A.

***Integration of Environmental Requirements into Local Planning:
Strategic Environmental Assessment of the Development Program of
Mykolaiv City for 2024–2026***

УДК 658.382

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМЕНШЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
РИЗИКАМИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Головченко С. І., к.е.н., Савченко В. Р., курсант

Національний університет цивільного захисту України

Україна, Черкаси

holovchenko_serhii@nuczu.edu.ua

Управління ризиками є ключовим елементом у багатьох технічних, природничих та медичних процесах, а його ефективність має вирішальне значення для розробки стратегій пожежного захисту та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Установка дозволяє досліджувати методи зменшення ризиків в умовах, що імітують реальні сценарії пожеж та аварій. Результати досліджень можуть бути використані для оптимізації методів захисту особового складу рятувальних підрозділів та розробки нових технологій у сфері безпеки [3].

Управління ризиками є одним з найважливіших аспектів у сфері безпеки та відіграє ключову роль у багатьох технічних, природничих та медичних процесах. Його ефективність, зокрема зменшення ризиків, має велике значення для розуміння та оптимізації цих процесів. У умовах надзвичайних ситуацій вивчення методів зменшення ризиків стає особливо актуальним, оскільки вони використовуються для запобігання небезпекам та захисту персоналу.

Пожежники-рятувальники під час ліквідації пожеж працюють в умовах високої невизначеності та інтенсивного ризику. Умови аварійної обстановки суттєво відрізняються від встановлених санітарними нормативами, що призводить до зниження працездатності особового складу, стресових уражень, втрати контролю та небезпечних ситуацій. Однією з причин таких ускладнень є недостатність знань про механізми управління ризиками та захисні властивості засобів безпеки, якими оснащені рятувальні підрозділи.

Метою даного дослідження є розробка та впровадження унікальної установки для дослідження зменшення та управління ризиками, яка дозволить вивчати вплив різних факторів на ефективність цих процесів в умовах, що імітують реальні сценарії пожеж та аварій. Для проведення експериментів було розроблено макет установки, який складається з корпусу, джерела ризику, системи моніторингу, ємності для імітації небезпечних середовищ, насоса для подачі рідин, датчиків виносних електронних та штатива для кріплення зразків (тканина бойового одягу пожежника). Установка дозволяє імітувати різні умови, зокрема високі температури та небезпечні середовища, що дозволяє вивчати ефективність методів зменшення ризиків в умовах, близьких до реальних [1].

Під час експерименту проводиться підготовка зразків, коли рідина подається в систему моніторингу та піддається впливу джерела ризику, далі здійснюється вимірювання параметрів за допомогою датчиків для фіксації змін умов під час впливу та застосування заходів безпеки, а потім отримані дані аналізуються для різних умов експерименту, зокрема для різних рівнів ризику.

Результати експериментів показали, що ефективність зменшення ризиків значно змінюється в залежності від умов експерименту. У умовах високих температур та небезпечних середовищ традиційні методи управління ризиками втрачають частину своєї ефективності, що призводить до зниження захищеності особового складу та обладнання. Однак, за умови правильної організації системи моніторингу та застосування сучасних засобів захисту, ризику можуть бути значно зменшені навіть в екстремальних умовах [1].

Отримані результати підтверджують, що розроблена установка є ефективним інструментом для дослідження зменшення та управління ризиками в умовах надзвичайних ситуацій. Це особливо важливо для пожежних рятувальників, які працюють в умовах високих ризиків. Результати досліджень можуть бути використані для розробки нових методів захисту особового складу та оптимізації технологічних процесів у сфері безпеки [3].

Дослідження зменшення та управління ризиками в умовах надзвичайних ситуацій показало, що розроблена установка є ефективним інструментом для вивчення ефективності цих процесів. Отримані результати мають важливе значення для розробки стратегій безпеки та оптимізації методів запобігання небезпекам.

Розроблена установка для дослідження зменшення та управління ризиками має прямий зв'язок із завданнями захисту в умовах надзвичайних ситуацій. Управління ризиками є ключовим елементом не лише для запобігання небезпекам, але й для захисту персоналу. Воно широко використовується для оцінки та зменшення загроз, а його ефективність відіграє ключову роль у процесі забезпечення безпеки, оскільки дозволяє ефективно ідентифікувати та нейтралізувати загрози.

Установка дозволяє досліджувати, як змінюються ефективність методів управління ризиками під впливом різних факторів, що допомагає оптимізувати процеси забезпечення безпеки. Під час роботи в умовах надзвичайних ситуацій особовий склад рятувальних підрозділів піддається впливу високих ризиків, а управління ризиками використовується для запобігання небезпекам та захисту від уражень. Установка дозволяє вивчати, як змінюється ефективність цих методів в умовах, що імітують реальні сценарії, що допомагає розробляти ефективніші системи безпеки та захисту для рятувальників. У разі аварійних ситуацій системи управління ризиками можуть бути піддані впливу агресивних середовищ, а установка дозволяє досліджувати, як змінюються їхні властивості в таких умовах, що сприяє розробці більш стійких та ефективних систем для обладнання та засобів захисту [3].

Результати досліджень, отримані за допомогою установки, можуть бути використані для розробки нових методів захисту, наприклад, ефективних методів оцінки та зменшення ризиків для обладнання та людей. Крім того, установка є важливим інструментом для навчання майбутніх фахівців у сфері безпеки, оскільки дозволяє студентам та рятувальникам вивчати реальні сценарії роботи в умовах небезпеки, що підвищує їхню готовність до дій в екстремальних умовах [1]. Вона також дозволяє імітувати реальні умови, такі як високі температури та небезпечні середовища, що є критично важливим для розробки ефективних стратегій захисту та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Дослідження зменшення та управління ризиками сприяє покращенню ефективності заходів безпеки, що є критично важливим для швидкого та ефективного реагування на загрози, а також дозволяє розробляти більш ефективні системи захисту для рятувальників.

Результати досліджень можуть бути використані для розробки нових технологій у сфері безпеки, таких як більш стійкі системи управління ризиками та засоби захисту, а також сприяють підвищенню готовності до надзвичайних ситуацій. Таким чином, установка для дослідження зменшення та управління ризиками є важливим інструментом для пожежної безпеки та завдань захисту в умовах надзвичайних ситуацій, що робить її незамінною.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Петренко, В. М., Ковальчук, С. П., Шевченко, О. В. (2020). Системи управління ризиками в надзвичайних ситуаціях. *Цивільний захист та пожежна безпека*, 7 (2), 34–48.
- [2] Іваненко, П. О., Бойко, М. С. (2021). Методологія оцінки ризиків під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. *Науковий вісник: цивільний захист*, 15 (4), 56–67.
- [3] Global Risk Management Institute. (2022). Advanced Risk Assessment Methodologies for Emergency Response. Geneva: GRMI Publications.

Holovchenko S., Savchenko V.

Research in risk reduction and management in emergency situations

УДК 623.459:614.8.084

ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА НАСЛІДКІВ ВИБУХУ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ ЯК ЕЛЕМЕНТ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ

Головченко С. І., к.е.н., Осадчук В. В., курсант

Національний університет цивільного захисту України

Україна, Черкаси

holovchenko_serhii@nuczu.edu.ua

В умовах сучасних викликів, спричинених війною в Україні, питання захисту населення та територій від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та воєнного характеру набувають особливої актуальності. Інтенсивне забруднення території вибухонебезпечними предметами (ВНП) потребує розробки ефективних методів оцінки ризиків та прогнозування їх наслідків. Оцінка наслідків вибуху ВНП є критично важливою для

планування аварійно-рятувальних робіт, зонування території та розробки заходів цивільного захисту [3].

В дослідженні розглядається питання оцінки масштабів та характеру наслідків від детонації вибухонебезпечних предметів різного типу. Визначення цих параметрів є ключовим для оцінки рівня небезпеки, планування евакуаційних заходів, визначення безпечних відстаней та обсягів можливих руйнувань. Безпека населення є одним із пріоритетних завдань у зоні проведення бойових дій та на територіях, які зазнали ураження [2]. Оцінка наслідків вибуху є важливою для створення системи управління ризиками та регламентації діяльності аварійно-рятувальних формувань.

Вибухонебезпечні предмети (снаряди, міни, гранати тощо) є одним із найпоширеніших джерел техногенної небезпеки в умовах воєнного часу. Незважаючи на наявність загальних підходів, недостатньо досліджено специфіку оцінки наслідків для сучасних типів боєприпасів різного калібру та типу. Це обумовлює необхідність проведення досліджень для уточнення розрахункових моделей, що допоможе підвищити точність прогнозування та ефективність заходів цивільного захисту [1].

Метою даної роботи є аналітична оцінка основних факторів ураження (ударної хвилі, осколків) при вибуху вибухонебезпечних предметів та визначення масштабів їх впливу.

Завдання дослідження: дослідити параметри ударної хвилі (надлишковий тиск, імпульс) та осколкового поля, що утворюються при детонації ВНП. Оцінити вплив маси вибухової речовини (ВР) та типу боєприпасу на характеристики факторів ураження. Порівняти отримані розрахункові дані з існуючими нормативними значеннями. Розробити практичні рекомендації щодо визначення безпечних відстаней та зон ураження.

Методологія дослідження базується на застосуванні аналітичних моделей та емпіричних формул для розрахунку параметрів ударної хвилі та осколкового ураження, прийнятих у теорії вибуху. Вона передбачає розрахунок надлишкового тиску у повітряній ударній хвилі на різних відстанях від епіцентру вибуху залежно від маси ВР та визначення можливої дальності розльоту вражаючих елементів.

Методика дослідження: дослідження проводилося на основі аналізу даних щодо стандартних типів ВНП. Для розрахунків використовувалися такі вихідні дані: маса вибухової речовини (тротилловий еквівалент), тип корпусу (осколковий, фугасний) та калібр боєприпасу. Розрахунки параметрів ударної хвилі (надлишковий тиск ΔP , кПа) проводилися за модифікованою формулою Садовського для наземного вибуху. Оцінка

осколкового ураження включала визначення початкової швидкості осколків та їх енергії на різній відстані.

Було проведено розрахунки для чотирьох типових випадків з метою отримання репрезентативних даних. Отримані результати:

– ВНП 1 (ручна граната, маса ВР $\sim 0,2$ кг): зона сильних руйнувань ($\Delta P > 50$ кПа) – радіус 3,5 м;

– ВНП 2 (артилерійський снаряд 152 мм, маса ВР ~ 6 кг): зона сильних руйнувань – радіус 15,2 м;

– ВНП 3 (авіаційна бомба 250 кг, маса ВР ~ 100 кг): зона сильних руйнувань – радіус 55,0 м;

– ВНП 4 (фугасна міна, маса ВР ~ 5 кг): зона сильних руйнувань – радіус 13,8 м.

Середній радіус ураження осколками для осколкових боєприпасів перевищує радіус дії ударної хвилі в 2–5 разів, що підтверджує необхідність комплексної оцінки обох факторів.

Таблиця 1. Результати оцінки наслідків вибуху ВНП

<i>№ ВНП</i>	<i>Тип боєприпасу</i>	<i>Маса ВР, кг</i>	<i>Радіус зони сильних руйнувань ($\Delta P > 50$ кПа), м</i>	<i>Макс. радіус осколкового ураження, м</i>
1	Ручна граната	0.2	3,5	200
2	Снаряд 152 мм	6.0	15,2	350
3	Авіабомба 250 кг	100.0	55,0	1200
4	Фугасна міна	5.0	13,8	150

Оцінка наслідків вибуху ВНП визначена у широкому діапазоні, що вказує на пряму залежність небезпеки від маси вибухової речовини та типу боєприпасу. Для порівняння, надлишковий тиск 50 кПа, небезпечний для життя людини, виникає на відстані близько 20 м для вибуху 10 кг тротилу, що підтверджує високу руйнівну силу навіть середніх за розміром ВНП.

Основними факторами, що можуть впливати на точність розрахунків, є точність визначення маси ВР, тип і стан боєприпасу, рельєф місцевості, наявність перешкод та атмосферні умови [1]. Отримані результати мають практичне значення для розробки інструкцій з безпеки, планування розмінування та проведення аварійно-рятувальних робіт [2].

Аналітичні дослідження показали, що наслідки вибуху ВНП суттєво залежать від маси вибухової речовини та його типу. Використання розрахункових моделей на основі формули Садовського підтвердило свою

ефективність для оцінки параметрів ударної хвилі. Отримані результати підкреслюють важливість врахування як ударного, так і осколкового факторів ураження. Подальші дослідження можуть зосередитися на уточненні моделей розльоту осколків та розробці програмних засобів для автоматизованої оцінки ризиків.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] ДСТУ-N В В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних факторів вибуху. Терміни та визначення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 15 с.
- [2] Методика оцінки наслідків вибухових процесів. Навчальний посібник / за ред. І. І. Сокола. Харків: НУЦЗУ, 2018. 145 с.
- [3] Оцінка наслідків від вибухів різних боєприпасів на військових складах 2017.

Holovchenko S., Osadchuk V.

Prediction and assessment of the consequences of explosion of explosive items as an element of risk management

УДК 614.84:541.12

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ З УРАХУВАННЯМ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ

Головченко С. І., к.е.н., Шуліка Г. С., курсант
Національний університет цивільного захисту України
Україна, Черкаси
holovchenko_serhii@nuczu.edu.ua

У статті розглядається питання впровадження ризик-орієнтованого підходу у сфері пожежної та техногенної безпеки. Запропоновано методику оцінки та управління ризиками, спрямовану на зменшення ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та їх наслідків. Ризик-орієнтований підхід дозволяє оптимізувати ресурси, підвищити ефективність профілактичних заходів та забезпечити безпеку людей і матеріальних цінностей у разі виникнення пожеж та техногенних аварій [1].

Сучасні умови господарювання характеризуються високою складністю технологічних процесів, зростанням кількості об'єктів підвищеної

небезпеки та посиленням загроз техногенного характеру. Це обумовлює необхідність застосування сучасних методів управління безпекою, серед яких ключове місце займає ризик-орієнтований підхід. Він дозволяє ідентифікувати, аналізувати та оцінювати ризики, а також вживати заходів щодо їх мінімізації [2].

Основним завданням ризик-орієнтованого підходу є зосередження уваги на найнебезпечніших ділянках та процесах, де ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій є найвищою. Це дозволяє ефективно розподіляти ресурси, планувати профілактичні заходи та забезпечувати готовність до ліквідації наслідків аварій. Важливим аспектом є також врахування людського фактору, технічного стану обладнання та зовнішніх умов [3].

Метою даного дослідження є розробка методики забезпечення пожежної та техногенної безпеки на основі ризик-орієнтованого підходу. Для цього було розроблено структурну модель, яка включає етапи ідентифікації небезпек, оцінки ризиків, планування заходів з їх зменшення та моніторингу ефективності впровадження цих заходів. Модель базується на аналізі статистичних даних, експертних оцінках та моделюванні сценаріїв розвитку надзвичайних ситуацій.

Під час реалізації методики проводиться збір даних щодо існуючих небезпек, оцінка їх впливу на безпеку, визначення ймовірності реалізації ризиків та розробка пріоритетних заходів щодо їх усунення. Для цього використовуються такі інструменти, як аналіз “What-if”, FMEA-аналіз, побудова дерев подій та методологія HAZOP. Оцінка ефективності запроваджених заходів проводиться шляхом періодичного аудиту та аналізу динаміки змін рівня ризику.

Результати дослідження показали, що застосування ризик-орієнтованого підходу дозволяє значно зменшити кількість інцидентів, пов’язаних із пожежами та техногенними аваріями. Впровадження запропонованої методики сприяє підвищенню рівня безпеки на об’єктах, зменшенню матеріальних втрат та забезпеченню захисту життя і здоров’я людей. Крім того, підхід дозволяє оптимізувати витрати на безпеку шляхом концентрації ресурсів на найбільш критичних напрямках.

Отримані результати підтверджують ефективність ризик-орієнтованого підходу у забезпеченні пожежної та техногенної безпеки. Він є важливим інструментом для прийняття управлінських рішень, планування профілактичних заходів та підвищення стійкості організацій до надзвичайних ситуацій. Запропонована методика може бути використана на

різних типах об'єктів, включаючи промислові підприємства, транспортні системи та громадські будівлі [1].

Впровадження ризик-орієнтованого підходу також сприяє покращенню нормативно-правової бази у сфері безпеки, розробці нових стандартів та рекомендацій. Він може бути інтегрований у системи управління безпекою (СУБ) та використовуватися для навчання персоналу, підвищення обізнаності щодо небезпек та формування культури безпеки [3].

Таким чином, ризик-орієнтований підхід є сучасним та ефективним інструментом для забезпечення пожежної та техногенної безпеки. Його впровадження дозволяє не лише запобігати надзвичайним ситуаціям, але й забезпечувати готовність до їх ліквідації, що робить його незамінним у сучасних умовах [2].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Smith J., Johnson R. (2023). Risk-Oriented Approaches in Industrial Safety Management. *Journal of Safety Engineering*, 18 (4), 112–125.

[2] Костенко В., Землянський О., Майборода А. Системи управління безпекою на основі оцінки ризиків. *Техногенна безпека: виклики та рішення*. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: НУЦЗ України, 2024. С. 88–90.

[3] Lee, H., & Kim, S. (2023). Implementation of Risk-Based Frameworks for Emergency Preparedness and Response. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 76, 103045.

Holovchenko S., Shulika H.
***Ensuring fire and technological safety taking into account
a risk-oriented approach***

ЕКОНОМІКА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 338.48-6:502.131.1:659.113

РОЛЬ ДЕМАРКЕТИНГУ У СТАЛОМУ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ НА ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЯХ

Мионов Ю. Б., к.е.н., доцент

Львівський торговельно-економічний університет

Україна, Львів

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9015-506X>, yuriy@myronov.com

Сучасний розвиток туризму на природоохоронних територіях стикається з парадоксальною ситуацією: з одного боку, туристична діяльність може стати важливим джерелом фінансування охорони навколишнього середовища та сталого розвитку місцевих громад, а з іншого – неконтрольований туристичний потік здатний завдати непоправної шкоди унікальним екосистемам. У цьому контексті особливої актуальності набуває концепція демаркетингу як інноваційного підходу до управління туристичною діяльністю на природоохоронних територіях. Відтак, метою дослідження є визначення практичного потенціалу застосування інструментів демаркетингу у сфері туризму на природоохоронних територіях, їхньої ролі у зниженні антропогенного навантаження на екосистеми та забезпеченні балансу між економічними інтересами туристичної індустрії й завданнями сталого розвитку.

Демаркетинг є маркетинговою стратегією, спрямованою на зменшення попиту на певні товари чи послуги, або на обмеження доступу певних груп споживачів до них. У туристичній сфері демаркетинг набуває особливого значення як інструмент подолання проблеми надмірного туризму та забезпечення екологічної стійкості природоохоронних територій. Дослідження показують, що демаркетинг щораз частіше розглядається як потенційний інструмент для оптимізації обсягів туризму та покращення його загальної стійкості, особливо як реакція на так званий надмірний туризм (overtourism) [2].

Теоретичні основи демаркетингу в туризмі ґрунтуються на розумінні того, що традиційні маркетингові підходи, орієнтовані на максимізацію туристичного потоку, можуть суперечити принципам сталого розвитку. Натомість, демаркетинг пропонує альтернативну філософію, де якість

туристичного досвіду та збереження природних ресурсів мають пріоритет над кількісними показниками відвідуваності. Ця концепція особливо актуальна для природоохоронних територій, де навантаження на екосистеми повинно залишатися в межах їх відновлювальної здатності.

Практичне застосування демаркетингу на природоохоронних територіях може реалізовуватися через різноманітні стратегії. Однією із найефективніших є встановлення квот на кількість відвідувачів, що дозволяє контролювати туристичне навантаження на екосистеми. Така практика успішно застосовується в багатьох національних парках світу, де чисельність щоденних відвідувачів обмежується відповідно до екологічної місткості території. Додатково, встановлення високих цін на туристичні послуги може слугувати природним фільтром, який відсіює менш мотивованих туристів та залишає лише тих, хто дійсно цінує унікальність природоохоронних територій.

Інформаційні кампанії також відіграють вагомую роль у реалізації демаркетингових стратегій. Через інформування громадськості про вразливість екосистем можна формувати відповідальну поведінку туристів і зменшувати негативний вплив на природне середовище. Ефективним підходом є створення альтернативних туристичних продуктів, які переспрямовують потоки відвідувачів із найбільш чутливих територій на менш вразливі ділянки або розподіляються туристичні потоки у часі (сезонний демаркетинг). Заохочення відвідування в менш популярні сезони через цінові стимули та спеціальні програми може значно зменшити тиск на екосистеми в пікові періоди. Водночас це створює можливості для відновлення природних систем і забезпечує рівномірніший розподіл економічних вигод для місцевих громад.

Технологічні інновації відкривають нові можливості для імплементації демаркетингових стратегій. Системи онлайн-бронювання з обмеженою кількістю місць, мобільні додатки для моніторингу завантаженості територій, GPS-трекінг для контролю переміщення туристів – усі ці інструменти допомагають ефективно управляти туристичними потоками без значних інфраструктурних інвестицій.

Емпіричні дослідження підтверджують важливість збалансування інтересів бізнесу й охорони навколишнього середовища для створення ефективної структури сталого екотуризму [1]. Це особливо актуально в контексті природоохоронних територій, де економічні інтереси туристичної індустрії повинні узгоджуватися з екологічними цілями збереження біорізноманіття.

Імплементація демаркетингу передбачає потенційне зниження економічних надходжень від туризму, що може негативно вплинути на фінансування природоохоронних заходів і добробут місцевих громад. Окрім цього, демаркетингові стратегії можуть викликати опір з боку туристичної індустрії, яка традиційно орієнтована на збільшення потоків відвідувачів. Вирішення цих проблем вимагає комплексного підходу, який охоплює економічні стимули для підприємств, що впроваджують сталі практики, та розвиток альтернативних джерел доходів для місцевих громад.

Зростаюча увага до екологічного середовища робить екологічний туризм щораз популярнішим, проте він усе ще створює проблеми для сталого розвитку навколишнього середовища [3]. У цьому контексті демаркетинг може стати ключовим інструментом для вирішення цих викликів через більш продуману й обмежену туристичну діяльність.

Ефективність демаркетингових стратегій значною мірою залежить від участі всіх зацікавлених сторін: державних органів управління природоохоронними територіями, туристичного бізнесу, місцевих громад і самих туристів. Координація зусиль цих груп необхідна для створення комплексної системи управління, яка забезпечить баланс між економічними, соціальними та екологічними цілями.

Перспективи розвитку демаркетингу в туризмі на природоохоронних територіях пов'язані з подальшим удосконаленням технологій моніторингу й управління, розробленням ефективніших економічних моделей ціноутворення, що враховують екологічні витрати, та імплементацією міжнародних стандартів сталого туризму. Важливим напрямом також є дослідження психологічних аспектів сприйняття туристами демаркетингових заходів і розроблення комунікаційних стратегій, котрі б сприяли формуванню екологічно свідомої поведінки.

У висновку слід зазначити, що демаркетинг як інструмент сталого розвитку туризму на природоохоронних територіях має значний потенціал для вирішення сучасних екологічних проблем. Втім, його успішна імплементація вимагає ретельного планування, координації зусиль різних зацікавлених сторін та постійного моніторингу результатів. Лише за таких умов демаркетинг може стати ефективним механізмом забезпечення гармонійного співіснування туристичної діяльності та збереження унікальних природних екосистем для майбутніх поколінь.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Baloch, Q. B., Shah, S. N., Iqbal, N., Sheeraz, M., Asadullah, M., Mahar, S., & Khan A. U. (2023) Impact of Tourism Development upon Environmental

Sustainability: a Suggested Framework for Sustainable Ecotourism. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22496-w>.

[2] Hall, C. M. (2021) Demarketing Tourism for Sustainability: Degrowing Tourism or Moving the Deckchairs on the Titanic *Sustainability*, 13 (3), <https://doi.org/10.3390/su13031585>.

[3] Xu, L., Ao, C., Liu, B., & Cai, Z. (2023) Ecotourism and Sustainable Development: a Scientometric Review of Global Research Trends. *Environment, Development and Sustainability*, 25, <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02190-0>.

Myronov Yu

***The role of demarketing in the sustainable development
of tourism in protected areas***

УДК 628.1

**ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКООСНОВНОГО АНІОНІТУ
ПРИ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОМУ ОТРИМАННІ
ОКИСЛЕНИХ СПОЛУК ХЛОРУ**

Крижановська Я. П.¹, PhD, Гомеля М. Д.², д.т.н., професор,

Дерменжи В.², студентка

^{1,2} Національний технічний університет України

«Київський політехнічний університет імені Ігоря Сікорського»

Україна, Київ

¹ ORCID: 0000-0002-9747-969X

¹ yanamart93@ukr.net

Одним із найскладніших та найсерйозніших питань щодо захисту природних водойм від забруднення мінеральними сполуками є очищення, переробка та утилізація шахтних вод, промислових стічних вод та знесолення мінералізованих артезіанських вод. В залежності від складу забруднених стічних та природних вод, рівня їх мінералізації, для їх очищення та опріснення використовують різні методи. Це можуть бути метод іонного обміну [1–2], методи баромембранного очищення, включаючи зворотній осмос і нанофільтрування [3–5], електродіаліз [6, 7], методи виморожування, дистиляції та випаровування. Особливо складною є проблема очищення води від хлоридів, які наряду з сульфатами є найбільш

поширеними аніонами у водах з підвищеною мінералізацією. Якщо сульфати можна виділяти реагентними методами з отриманням осадів, які легко утилізувати, або переробляти електродіалізом з отриманням сірчаної кислоти, то концентрувати і переробляти розчини з хлоридами значно складніше. Метод іонного обміну достатньо широко застосовується в практиці водоочищення, зокрема і для видалення хлорид-аніонів. Для видалення хлоридів при пом'якшенні води використовуються високо-основні аніоніти. Ефективність очищення води від хлоридів, в цьому випадку сягає майже 90 %.

Метою роботи було визначенням ефективності процесів переробки розчинів хлориду натрію близьких за складом до концентратів мембранного очищення води, або інших стічних вод методом електродіалізу з отриманням гіпохлориту натрію та інших окислених сполук хлору в залежності від характеристик води, анодної щільності струму, часу електролізу.

Застосування процесів електролізу для отримання активного хлору, гіпохлориту натрію та інших окислених сполук хлору при переробці відходів водоочищення – концентратів, що містять хлориди натрію є перспективним напрямком. На сьогодні, виробництво активного хлору та гіпохлориту натрію із хлориду натрію для знезараження води в Україні є досить обмеженим. Крім того, очищена сіль – хлорид натрію, є продуктом, який потрібно отримувати або закуповувати. Відходи ж концентратів є не лише безплатними, а за їх утилізацію потрібно платити. Проблемою при такому підході є те що при отриманні активного хлору використовують розчини хлориду натрію з концентрацією не менше 100 г/дм³. Реальні ж концентрати зворотньоосмотичного опріснення води містять солі в концентраціях від 5 до 40 г/дм³.

Тому важливо визначити ефективність процесів синтезу окислених сполук хлору при концентраціях розчинів хлориду натрію нижчих 100 г/дм³. В даній роботі нами були використані модельні розчини хлориду натрію близькі за складом до концентратів баромембранного опріснення води.

Для окислення хлоридів використовували двокамерні електролізери з аніонною мембраною МА-41. Застосування такої мембрани захищає катод від отруєння іонами жорсткості. Крім того, дана мембрана пропускає гідроксид-аніони з катодної камери, забезпечуючи підтримання нейтрального середовища в аніоніті, зв'язування активного хлору та двооксиду хлору. Результати по окисленню розчинів хлориду натрію концентрацією 100 мг-екв/дм³ представлені на рисунку 1 та 2.

Кращі результати були отримані при анодній щільності струму (J) 1,67 А/дм², при якій було відмічено найвищу концентрацію сполук

окисленого хлору (рис. 1) та високі показники по виходу окислених сполук хлору за струмом (рис. 2).

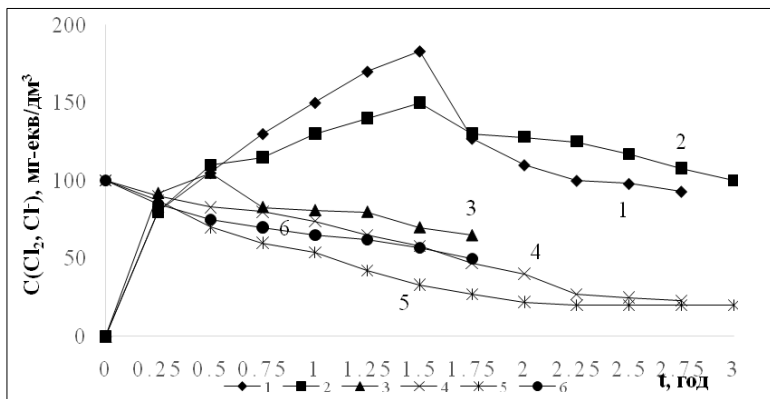


Рис. 1. Залежність концентрації сполук окисненого хлору (1; 2; 3) та хлоридів (4; 5; 6) від часу електролізу розчину хлориду натрію концентрацією 100 мг-екв/дм^3 у двокамерному електролізері (мембрана МА-41) в анодній області при лужності католіту 200 мг-екв/дм^3 при анодній щільності струму, А/дм^2 : 1,67 (1; 4), 4,17 (2; 5) та 8,33 (3; 6)

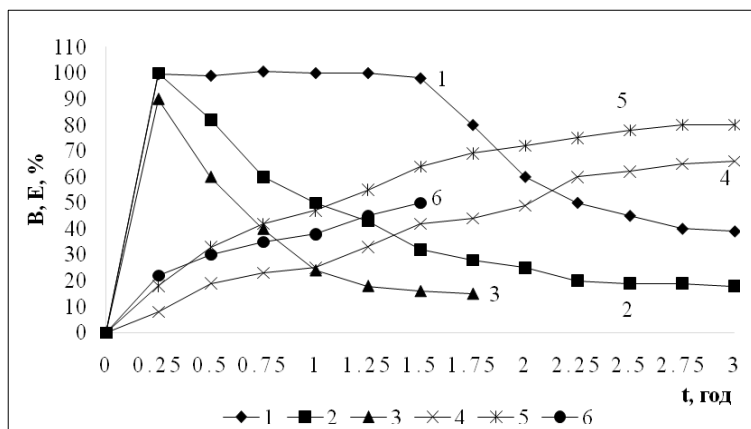


Рис. 2. Залежність виходу за струмом сполук окисненого хлору (1; 2; 3), ефективності очищення розчину NaCl ($C(\text{NaCl})=100 \text{ мг-екв/дм}^3$) (4; 5; 6) при окисненні хлоридів в анодній області двокамерного електролізера (Мембрана МА-41) при лужності в католіті 200 мг-екв/дм^3 , при щільності струму, А/дм^2 : 1,67 (1; 4), 4,17 (2; 5) та 8,33 (3; 6)

Очевидно, що при підвищенні анодної щільності струму значна частина енергії тратиться на побічні процеси – насамперед на електроліз води. У випадку $J=1,67 \text{ А/дм}^2$ концентрація окислених сполук хлору досягла 183 мг-екв/дм^3 при окисленні всього 42 мг-екв/дм^3 хлоридів. Таку значну різницю між кількістю вилучених хлоридів та отриманих сполук активного хлору можна пояснити окисненням хлоридів до високих ступенів окислення з отриманням наряду з вільним хлором (Cl_2), гіпохлориту (ClO^-), хлориту (ClO_2^-), хлорату (ClO_3^-) натрію та диоксиду хлору (ClO_2). Очевидно дані процеси відбуваються як за рахунок утвореного активного хлору, так і за рахунок гідроксид – аніонів що мігрують з катодної камери через аніонну мембрану. Кількість утворених на катоді гідроксид іонів, як правило, еквівалентна кількості окислених на аноді хлоридам. При утворенні надлишку гідроксидів в аноліті вони окиснюються на аноді з утворенням кисню та протонів.

Зменшення концентрації окислених сполук хлору у розчинах при вищих значеннях анодної щільності струму ($4,17$ та $8,33 \text{ А/дм}^3$) можна пояснити їх розкладанням з утворенням Cl_2 та ClO_2 та їх втрат за рахунок дегазації. Цим пояснюється і значення виходу за струмом продуктів окиснення (рис.2). Ступінь вилучення хлоридів зростає із підвищенням анодної щільності струму та часу електролізу.

Встановлено, що у процесі електролізу модельних розчинів концентратів зворотньоосмотичного очищення води в двокамерних електролізерах з аніонною мембраною МА-41 наряду з активним хлором утворюються інші сполуки окисленого хлору з високими ступенями окислення. Це підтверджено значним перевищенням кількості сполук активного хлору в аноліті над кількістю окислених хлоридів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Рисухін В. В., Шаблій Т. О., Гомель М. Д. Переробка концентратів, що утворюються при нанофільтраційному очищенні вод з підвищеною мінералізацією. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2011. Т. 5. № 3 (53). С. 51–55.
- [2] Макаренко І. М., Трус І. М., Грабітченко В. М. Іонообмінне знесолення та пом'якшення вод із підвищеними рівнями мінералізації та жорсткості. *Праці Одеського політехнічного університету*. 2014. № 1 (43). С. 235–241.
- [3] Буртна І. А., Литвиненко Д. В. Огляд мембранних технологій очищення води у водопостачанні та водопідготовці. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2012. № 6.10 (60). С. 4–6.

[4] Дубяга В. П., Поворот А. А. Мембранні технології для охорони навколишнього середовища та водопідготовки. *ВІНІТІ РАН, Інформаційно-аналітичний журнал «Мембрани»*. 2002. № 13. С. 3–10.

[5] Благополучна А., Парахненко В., Ляховська Н. Застосування економічної оцінки мембранних технологій для очищення стічних вод. *Економічні горизонти*. 2022. № 2 (20). С. 33–41.

[6] Балакіна М. М. Електродіаліз у комплексній переробці фільтратів полігонів твердих побутових відходів. *Хімія та технологія води*. 2015. № 37 (4). С. 331–341.

[7] Шаблій Т. О., Гомеля М. Д., Панов Є. М. Електрохімічна переробка відпрацьованих розчинів, що утворюються при регенерації катіонітів. *Екологія та промисловість*. 2010. № 2. С. 33–38.

Kryzhanovska Ya., Gomelia M., Dermenzhy V.

Application of highly basic anionizer in the electrochemical preparation of oxidized chlorine compounds

УДК 504.05:368.021:349.6(4+477)

**ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНСЬКІ ВИКЛИКИ
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТРАХУВАННЯ**

Магась Н. І., к.т.н., доцент¹, Ютіш О. В., аспірант²

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

ORCID: 0000-0002-2579-1465¹, nataly.magasy@gmail.com¹

В умовах зростаючого антропогенного навантаження та кліматичної нестабільності, проблема забруднення водних ресурсів і деградації ґрунтів в Україні набуває системного характеру. Інтенсивна урбанізація, розширення промислових потужностей, аграрна хімізація та зношеність інженерної інфраструктури створюють передумови для накопичення екологічної шкоди, яка часто залишається без компенсації. На сьогоднішній день на території України понад третина водозаборів функціонує в умовах підвищеного ризику хімічного забруднення, а близько 20 % сільськогосподарських угідь демонструють ознаки втрати родючості [1]. Водночас понад 60 % очисних споруд збудовані до 1990 року і не відповідають сучасним екологічним вимогам.

Поглиблення екологічної кризи супроводжується зростанням частоти природних екстремумів – паводків, посух, ерозійних процесів, нестабільності рівня ґрунтових вод. Ці явища не лише ускладнюють функціонування водогосподарських систем, а й активують техногенні ризики, спричиняючи аварійні скиди, розмивання забруднених територій, неконтрольоване потрапляння токсичних речовин у довкілля [2].

У цьому контексті екологічне страхування постає не як факультативний інструмент, а як необхідна складова системи управління ризиками. Воно дозволяє поєднати принцип екологічної відповідальності з механізмами компенсації шкоди, стимулюванням впровадження природоохоронних технологій та адаптацією до змін клімату. У країнах Європейського Союзу екологічне страхування вже інтегроване в екологічну політику [3], тоді як в Україні його впровадження перебуває на етапі концептуального осмислення. Відсутність нормативного визначення, технічної деталізації та інституційної координації перешкоджає формуванню ефективної моделі страхового покриття.

Актуальність дослідження зумовлена потребою у створенні національної системи екологічного страхування, здатної забезпечити фінансову відповідальність за шкоду водним об'єктам і ґрунтам, враховувати кліматичні сценарії, підтримувати технологічну модернізацію та підвищувати стійкість екосистем до зовнішніх впливів.

Метою дослідження є аналіз нормативно-правових засад впровадження екологічного страхування в Україні як інструменту управління ризиками забруднення водних ресурсів і ґрунтів, з урахуванням міжнародних зобов'язань держави та положень європейського екологічного законодавства.

У країнах Європейського Союзу екологічне страхування є усталеним інструментом управління ризиками забруднення водних ресурсів і ґрунтів. Його нормативною основою виступає Директива 2004/35/ЄС Європейського Парламенту та Ради, яка встановлює обов'язок суб'єкта господарювання компенсувати шкоду, завдану воді, ґрунтам і біорізноманіттю, а також передбачає наявність фінансових гарантій – страхування, банківських депозитів або спеціальних фондів [3].

У межах цієї директиви сформувались різні національні моделі. У Німеччині переважає обов'язкова модель, що охоплює підприємства, які працюють із небезпечними речовинами. Страхові продукти включають покриття витрат на очищення забруднених водних об'єктів, рекультивацію ґрунтів, компенсацію втрат екосистемних послуг [4]. Велика Британія реалізує добровільний підхід із регуляторним партнерством, де агентство з

охорони довкілля відіграє активну роль у просторовому моделюванні ризиків [5]. Французька модель поєднує обов'язковість страхування з державними гарантіями, з особливою увагою до аграрного сектору [6]. Польща впровадила добровільну модель із елементами державного стимулювання, що враховує кліматичні коригування та участь місцевих громад [7].

Порівняльний аналіз дозволяє виокремити низку ключових принципів, що формують основу ефективного механізму екологічного страхування: нормативне закріплення обов'язків суб'єкта господарювання, відповідального за запобігання та ліквідацію шкоди довкіллю; технічна деталізація критеріїв екологічної шкоди; міжінституційна координація у сфері екологічної відповідальності; а також інтеграція кліматичних чинників у процедури оцінки ризиків. Для України ці моделі слугують нормативним орієнтиром і основою для адаптації.

Українське законодавство демонструє суттєву фрагментарність і концептуальну незавершеність. Закон «Про охорону навколишнього природного середовища» містить загальні декларативні норми, але не передбачає фінансових механізмів реалізації [8]. Закон «Про страхування» не класифікує екологічні ризики як окрему категорію страхових випадків [9]. Відсутність термінологічної визначеності та технічних регламентів оцінки шкоди унеможливує формування страхових сценаріїв [10].

Інституційна координація між державними органами, страховими регуляторами та місцевими громадами практично відсутня. Розрив між міжнародними зобов'язаннями України та фактичним станом законодавства створює додаткові ризики невиконання положень Угоди про асоціацію з ЄС [11].

Адаптація європейських моделей до українського контексту потребує врахування обмеженого доступу до екологічних даних, слабкої платоспроможності аграрного сектору та технічної зношеності інфраструктури [7]. Доцільним є поетапне впровадження гібридної моделі, яка поєднує обов'язковість для підприємств підвищеного ризику, добровільність для аграрного сектору та субсидування страхових внесків у зонах екологічної вразливості [5]. Необхідне створення міжвідомчої платформи для координації дій між Міністерством захисту довкілля, Національним банком України, страховими асоціаціями та науковими установами [10].

Концептуальна модель має включати нормативне закріплення екологічного страхування як окремого виду послуг, технічний регламент оцінки шкоди, інституційну координацію та адаптацію до кліматичних сценаріїв. Фінансова архітектура моделі має передбачати механізми

державного стимулювання – субсидування страхових внесків у зонах екологічної вразливості, підтримку пілотних проєктів, створення резервних фондів для компенсації шкоди у випадку надзвичайних ситуацій [5, 10].

У підсумку, концептуальна модель екологічного страхування для України має бути багаторівневою, адаптивною та інтегрованою. Вона повинна поєднувати нормативну чіткість, технічну обґрунтованість, інституційну взаємодію та фінансову доступність, що дозволить забезпечити ефективне управління ризиками забруднення водних ресурсів і ґрунтів, виконання міжнародних зобов'язань та підтримку екологічної стійкості в умовах змін клімату.

Висновки. Проведений аналіз засвідчив, що екологічне страхування, як інструмент управління ризиками забруднення водних ресурсів і ґрунтів, є концептуально сформованим у країнах Європейського Союзу, де воно функціонує на основі нормативної визначеності, технічної деталізації та інституційної інтеграції. Директива 2004/35/EC слугує нормативним орієнтиром для формування страхових механізмів, здатних забезпечити компенсацію шкоди, стимулювати превентивні заходи та підтримувати екологічну стійкість.

Водночас українське законодавство демонструє суттєву фрагментарність і концептуальну незавершеність. Відсутність нормативного визначення, технічних регламентів оцінки шкоди, порогових значень забруднення, а також механізмів міжвідомчої координації унеможливорює практичне впровадження страхових моделей, здатних реагувати на сучасні екологічні виклики.

У цьому контексті сформована концептуальна модель екологічного страхування для України має поєднувати нормативну чіткість, технічну обґрунтованість, інституційну взаємодію та фінансову доступність. Її реалізація потребує адаптації європейських практик до національних умов, розробки спеціалізованих регламентів, створення координаційної платформи та запуску пілотних проєктів у зонах підвищеного екологічного ризику. Такий підхід дозволить не лише забезпечити компенсацію шкоди, а й інтегрувати страхування в систему екологічної політики, що є необхідною умовою для досягнення стійкого розвитку в умовах кліматичної та техногенної турбулентності.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2023). *Регіональні доповіді про стан навколишнього природного*

середовища в Україні. Взято з <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-seredovyssha-v-ukrayini/>

[2] Ковальчук І. І. (2023). Екологічне страхування як механізм реалізації принципу «забруднювач платить». *Екологічна безпека та природокористування*, (2), 45–52.

[3] European Parliament and Council. (2004). *Directive 2004/35/EC on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage*. Official Journal of the European Union.

[4] Kravchenko, S., & Petrenko, L. (2023). Environmental liability and insurance mechanisms in EU law: Lessons for Ukraine. *Journal of Environmental Policy and Law*, 31 (2), 78–91.

[5] Bondaruk, T. (2024). Environmental risk management and insurance in the context of climate change: European practices and Ukrainian realities. *Environmental Economics and Sustainable Development*, 12 (1), 33–47.

[6] Улютіна О., Старокінь А. (2024). Правове забезпечення охорони навколишнього природного середовища в Україні та країнах ЄС: порівняльний аналіз. *Право. Людина. Довкілля*, 15 (4).

[7] Мельник Л. Г. (2021). Екологічне страхування: теоретичні засади та перспективи розвитку в Україні. *Науковий вісник Полтавської державної аграрної академії*, (4), 56–63.

[8] Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

[9] Закон України «Про страхування» від 07.03.1996 № 85/96-ВР. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/85/96-вр>

[10] Bonkarenko, S. V. (2022). Institutional prerequisites for the implementation of environmental insurance in Ukraine. *Bulletin of Kyiv National University. Series: Economics*, (3), 112–118.

[11] Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, ратифікована Законом України від 16.09.2014 № 1678-VII. Взято з https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011

Magas N., Yutish O.
***European Experience and Ukrainian Challenges
in the Implementation of Environmental Insurance***

УДК 502:631(075.8)

МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БАКТЕРІОЛОГІЧНИХ ДОБРИВ У КОМБІНАЦІЇ ІЗ БІОІНСЕКТИЦИДОМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ АГРОКУЛЬТУР

Кособуцька О. О., аспірантка¹, Трохименко Г. Г., д.т.н., професор²

^{1,2}Національний університет кораблебудування імені адмірала

Макарова

^{1,2}Україна, Миколаїв

¹olena.kosobutska@nuos.edu.ua, ²antr@ukr.net

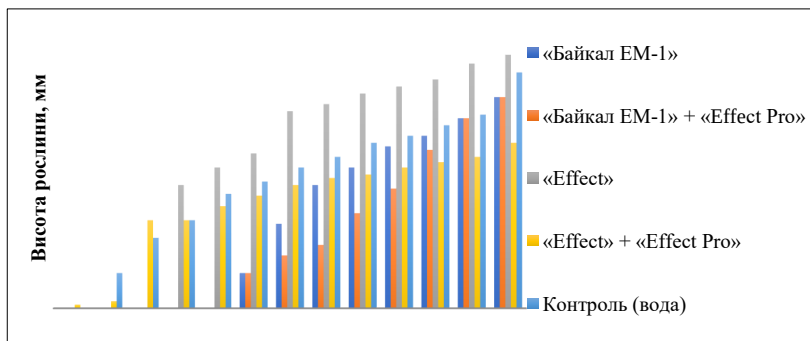
Сучасні сільськогосподарські системи значною мірою покладаються на методи внесення добрив, які суттєво впливають на мікробіологічні спільноти ґрунту через зміну його фізико-хімічних властивостей. Надмірне використання хімічних добрив призводить до шкідливих наслідків, включаючи деградацію ґрунту, підкислення, зменшення ефективності поживних речовини т. п. Це викликало інтерес до органічних та біодобрив, які можуть підтримувати продуктивність, одночасно покращуючи здоров'я ґрунту шляхом оптимізації мікробіологічних спільнот. Сучасні дослідження підтверджують, що застосування органічних і біодобрив сприяє зростанню біорізноманіття та активності корисних мікроорганізмів. Це створює стійкіші агроecosистеми, здатні ефективніше протистояти деградаційним процесам і зберігати родючість ґрунту в довгостроковій перспективі [1].

Ціль роботи – це порівняльний аналіз впливу новітніх біодобрив на основі мікробних біоценозів на ріст та розвиток тест-культур.

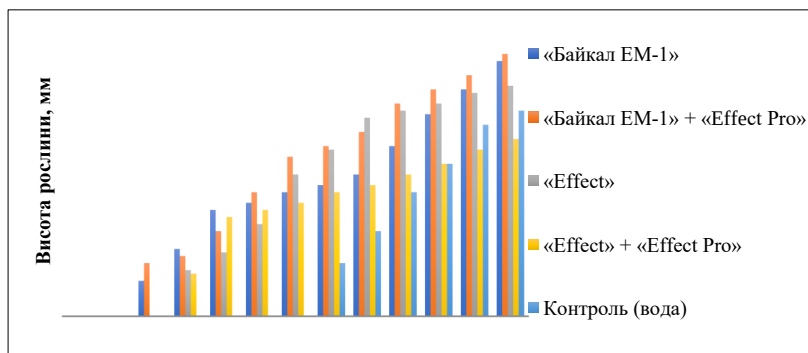
У польових умовах було проведено біотестування з використанням різних концентрацій бактеріологічних препаратів на двох окремих ділянках 1,10 × 2,80 м кожна [2]. Одна ділянка піддавалась передпосівній обробці ґрунту. Така обробку проводили із застосуванням препаратів як «Байкал ЕМ-1», «Effect» та «Effect PRO» у концентрації 2 % [3]. Висівали насіння на 10-й день після обробки ґрунту на відповідній ділянці. Тест-об'єктом було обрано насіння вівса посівного (*Avenasativa L.*). Його висівали по 25 зерен у відкритий ґрунт. Тест-культуру обробляли розчинами у концентрації 0,1 %, 1 %, 5 % та 10 %. Задля запобігання негативного впливу шкідників таких як Вовчок звичайний та Цвіркун польовий було обрано біоінсектицид – «Ентоцид». Обробка ґрунту біоінсектицидом проводилась перед посівом тест-культури.

Дослідження проходило у два етапи. Спочатку фіксували та аналізували вплив біопрепаратів на схожість та ростові показники зразків.

Згідно з графіком (рис. 1, а) перші сходи з'явились на 9-ту добу на ділянці, що не проходила передпосівну обробку, їх поливали препаратами “Effect” + “EffectPro”. А на ділянці, що проходила передпосівну обробку, перші паростки з'явились на 11-й день експерименту, їх обробляли розчином «Байкал ЕМ-1» + “EffectPro” (рис. 1, б).



а



б

Рис. 1. Порівняльні графіки впливу біопрепаратів на ріст *Avena sativa* L. на необроблених (а), та оброблених (б) експериментальних ділянках

Наприкінці спостережень найбільшого росту на необробленій ділянці мали зразки, що обробляли препаратом “Effect”. А на ділянці з передпосівною обробкою найбільшого росту мали зразки, що поливали розчином «Байкал ЕМ-1» + “EffectPro”.

На другому етапі дослідження проводили зважуванням зеленої маси рослин. Виходячи із результатів зважування (рис. 2) вага зеленої маси тест-

об'єктів на обробленій ділянці більша ніж на необробленій. Зразки, які поливали розчином «Байкал ЕМ-1» + “Effect PRO” на ділянці з передпосівною обробкою мали більші значення серед усіх.

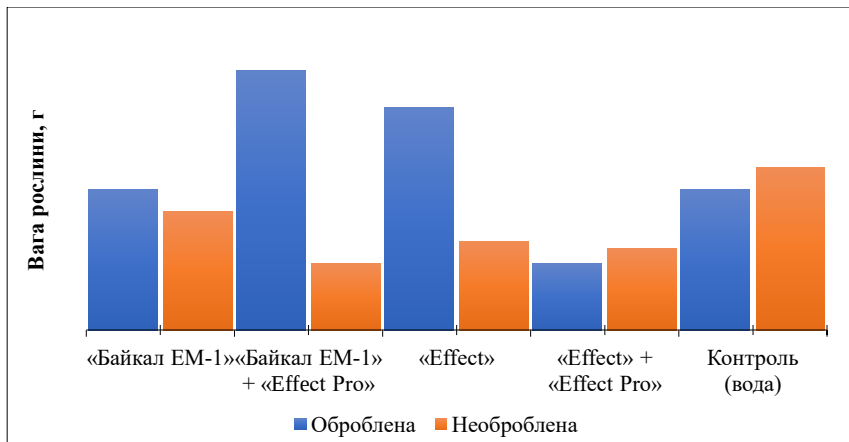


Рис. 2. Порівняння впливу обраних біодобрив на середню масу рослин на обробленій та необробленій ділянках

Виходячи із результатів, отриманих у ході експерименту, можна сказати, що передпосівна обробка ґрунту дала позитивний результат на приріст тест-культури. Експеримент показав ефективність досліджуваних препаратів за умов використання засобів захисту рослин від шкідників біоінсектициду – «Ентоцид». Виявлено, що на перших етапах розвитку рослини для стимуляції їх росту потрібно використовувати «Байкал ЕМ-1» у концентрації 5 %. А в подальшому, для нарощення зеленої маси, добре підходить комбінація розчинів препаратів «Байкал ЕМ-1» + “EffectPro”.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Дегодюк, Е. Г., Вітвіцька, О. І., & Дегодюк, Т. С. (2014). Сучасні підходи до оптимізації мінерального живлення рослин в органічному землеробстві. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*, 33–39.
- [2] Кособуцька, О. О., & Трохименко, Г. Г. (2024). Аналіз можливості застосування препаратів на основі мікробних біоценозів для підвищення урожайності сільськогосподарських культур. *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: XV Міжнародна науково-технічна конференція: матеріали* (с. 433–436). Миколаїв: НУК.

[3] Kour, D., Rana, K. L., Yadav, A. N., Yadav, N., Kumar, M., Kumar, V., Vyas, P., Dhaliwal, H. S., & Saxena, A. K. (2020). Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101487. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101487>

Kosobutska O., Trokhymenko G.

Possibility of using bacteriological fertilisers in combination with bioinsecticides to increase agricultural yields

УДК 330.1:502

**СТАЛІЙ РОЗВИТОК МАЛОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА:
ІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ**

Літвак О. А., к.е.н., доцент; Гура О. О., аспірант

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

olya.litvak@gmail.com; oleksandr.hura@nuos.edu.ua

Сучасні глобальні виклики, пов'язані зі зміною клімату, виснаженням природних ресурсів та зростанням екологічного навантаження на довкілля, вимагають переосмислення підходів до організації економічної діяльності. У цих умовах концепція сталого розвитку набуває особливого значення, оскільки поєднує економічні інтереси із збереженням навколишнього середовища та соціальною відповідальністю. Одним із ключових секторів, здатних забезпечити прогрес у цьому напрямку, є мале підприємництво. Саме воно відіграє важливу роль у формуванні локальних економік, створенні робочих місць та запровадженні інновацій, зокрема екологічних.

Мета дослідження полягає у визначенні можливостей та напрямів інтеграції екологічних технологій і цифрових інструментів у діяльність малого підприємництва з метою забезпечення його сталого розвитку, підвищення конкурентоспроможності та зменшення негативного впливу на довкілля.

Сучасний етап розвитку малого підприємництва характеризується поєднанням двох ключових процесів – цифрової трансформації та переходу до принципів сталого розвитку. Цифровізація відкриває для малого бізнесу

нові можливості: автоматизація бізнес-процесів, використання хмарних технологій, впровадження електронної комерції та цифрового маркетингу, що значно знижують витрати та розширюють доступ до ринку [1]. Завдяки сучасним цифровим платформам малі підприємства отримують змогу конкурувати з великими компаніями, залучати клієнтів через онлайн-канали та підвищувати ефективність управління ресурсами.

Водночас у глобальній та національній економіці зростає значення екологічного складника діяльності. Прагнення досягти Цілей сталого розвитку ООН, а також посилення екологічних стандартів і вимог спонукають малий бізнес до впровадження «зелених» практик. Зокрема, все більшої популярності набувають технології енергоефективності, повторного використання ресурсів, скорочення відходів і впровадження циркулярних моделей виробництва. Це сприяє формуванню нових бізнес-моделей, орієнтованих не лише на прибуток, але й на соціальну та екологічну відповідальність [2].

Поєднання цифрових технологій із принципами сталого розвитку формує нову парадигму функціонування малого підприємництва, що можна охарактеризувати кількома ключовими тенденціями. Перш за все, спостерігається активна цифровізація бізнес-процесів, що включає впровадження автоматизованих систем управління, онлайн-сервісів, електронної комерції та цифрового маркетингу, що забезпечує зниження витрат і розширення доступу до клієнтів. Водночас формуються «зелені» бізнес-моделі, коли малі підприємства орієнтуються на екологічно безпечне виробництво, застосування ресурсозберігаючих технологій та принципів циркулярної економіки. Для екологізації діяльності активно використовуються інноваційні цифрові рішення, зокрема інтернет речей (IoT) для моніторингу споживання ресурсів, аналітика великих даних (Big Data) для підвищення ефективності та блокчейн для забезпечення прозорості ланцюгів постачання [3]. Особливого значення набуває зростання ролі соціальної відповідальності бізнесу, яке проявляється у формуванні позитивного іміджу через участь у програмах зі збереження довкілля, підтримку локальних екологічних ініціатив та впровадження стандартів ESG (Environmental, Social, Governance) [4]. Водночас розвивається електронна інфраструктура та забезпечується доступ до фінансових інструментів, що дає змогу малому бізнесу використовувати онлайн-платформи фінансування, краудфандинг, цифрові банківські послуги та державні програми підтримки інновацій [5]. Нарешті, інтеграція сталих практик у конкурентні стратегії дозволяє малим підприємствам використовувати екологічність і цифрову відкритість як фактори підвищення конкурентоспроможності, орієнтуючись на

споживачів, які віддають перевагу «зеленим» та соціально відповідальним компаніям. Таким чином, тенденції цифровізації та екологізації малого бізнесу взаємодоповнюють одна одну, забезпечуючи комплексний підхід до розвитку підприємництва в умовах глобальних викликів (рис. 1).

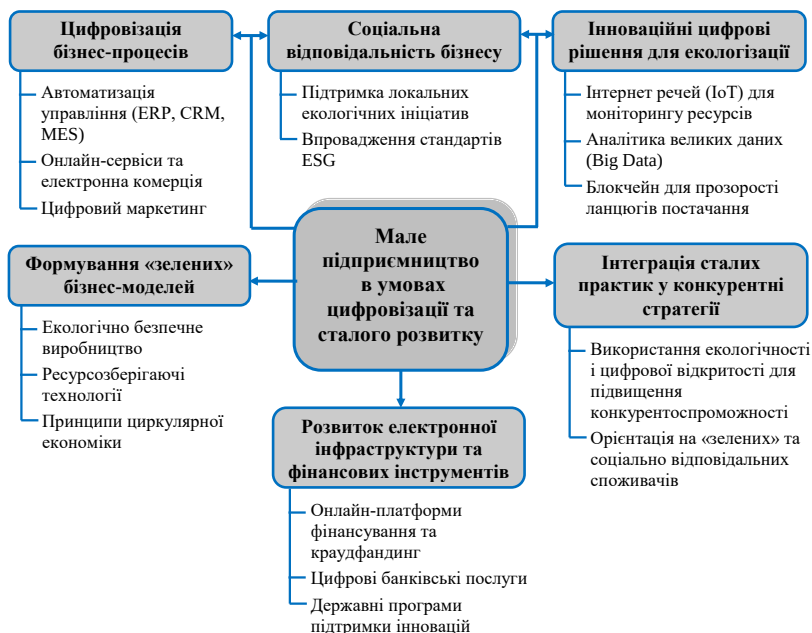


Рис. 1. Ключові сучасні тенденції діяльності малого підприємництва в умовах цифрової трансформації та переходу до сталого розвитку

Екологічні технології виступають каталізатором сталого розвитку малого бізнесу, сприяючи одночасному досягненню економічних, екологічних та соціальних цілей. Вони формують основу для створення нових екологічно орієнтованих ринкових ніш та забезпечують адаптацію підприємств до сучасних глобальних викликів.

Для малого бізнесу, який зазвичай обмежений у фінансових та матеріальних ресурсах, застосування «зелених» інновацій може стати конкурентною перевагою, що відкриває доступ до нових ринків і сприяє формуванню позитивного іміджу.

Інновації в галузі захисту навколишнього середовища охоплюють широкий спектр рішень – від впровадження енергоощадного обладнання та відновлюваних джерел енергії (сонячних панелей, біомаси, вітрових турбін)

до використання технологій повторного використання сировини й утилізації відходів. Важливим напрямом є також застосування екологічних матеріалів у виробництві, розвиток органічного землеробства та впровадження систем екологічного менеджменту (табл. 1).

Таблиця 1. Основні екологічні технології для малого підприємництва, їх призначення та ефект

Екологічна технологія	Призначення	Ефект для малого підприємництва	Приклади застосування у секторах економіки
Енергоощадне обладнання (LED-освітлення, високоефективні двигуни)	Зменшення споживання енергії	Зниження витрат на електроенергію, підвищення енергоефективності	Кав'ярні, малі виробництва харчової продукції, невеликі цехи з обробки деревини
Відновлювані джерела енергії (сонячні панелі, вітрові турбіни, біомаса)	Власне виробництво енергії	Зниження залежності від зовнішніх постачальників, економія коштів, екологічність	Фермерські господарства, малі пекарні, майстерні ремісничих виробів
Технології повторного використання ресурсів та утилізації відходів	Мінімізація відходів і вторинне використання матеріалів	Зменшення витрат на утилізацію, створення додаткових продуктів, екологічна безпека	Виноробні, птахоферми, харчові виробництва (наприклад, повторне використання залишків сировини)
Використання екологічних матеріалів (біорозкладні пакування, органічні сировини)	Зменшення негативного впливу на довкілля	Позитивний імідж, відповідність екологічним стандартам, привабливість для клієнтів	Магазини органічних продуктів, косметичні стартапи, виробництво упаковок
Системи екологічного менеджменту (ISO 14001, EMAS)	Контроль за впливом на довкілля	Підвищення ефективності управління ресурсами, відповідність законодавству, зниження ризиків	Малі виробництва харчової продукції, меблева промисловість, майстерні обробки металу
Органічне та стале виробництво (екологічне землеробство, переробка відходів у продукцію)	Збереження природних ресурсів, безпечна продукція	Вихід на нові ринки, додаткова цінність продукції, екологічна відповідальність	Фермерські господарства, садівництво, виробництво натуральної косметики та харчових продуктів

Для малих підприємств впровадження екологічних технологій має подвійний ефект. З одного боку, воно знижує витрати на енергію, сировину та утилізацію відходів, забезпечуючи економічну вигоду. З іншого – підвищує екологічну безпеку діяльності, що відповідає сучасним законодавчим вимогам і суспільним очікуванням. Крім того, екологічні інновації стають важливим інструментом інтеграції до глобальних ланцюгів постачання, адже міжнародні партнери дедалі більше орієнтуються на принципи «зеленої» економіки та сталого розвитку.

Незважаючи на очевидні переваги інтеграції екологічних і цифрових інновацій, малі підприємства стикаються з низкою суттєвих бар'єрів та проблем, які можуть обмежувати їх застосування. Перш за все, це фінансові обмеження. Впровадження сучасних технологій часто потребує значних початкових інвестицій, що для малих підприємств може бути проблематично, особливо у сегментах із низькою рентабельністю або високою сезонністю бізнесу [6].

Другим важливим фактором є недостатня компетентність персоналу. Для ефективного використання екологічних технологій і цифрових інструментів потрібні спеціальні знання та навички, а малі підприємства часто не мають ресурсів для навчання або залучення висококваліфікованих фахівців.

Третім бар'єром є недостатнє законодавче та нормативне стимулювання. Незважаючи на існування державних програм підтримки «зелених» та цифрових інновацій, малий бізнес часто стикається з бюрократичними перешкодами, складністю доступу до грантів та податкових пільг, а також невизначеністю щодо майбутніх екологічних вимог.

Четвертим аспектом є технічні та організаційні складнощі. Інтеграція нових технологій у наявні бізнес-процеси потребує модернізації обладнання, зміни виробничих схем і адаптації внутрішніх процесів, що може сповільнювати впровадження інновацій та підвищувати ризики для бізнесу.

Крім того, психологічний фактор і культурні особливості також відіграють роль. Підприємці часто орієнтовані на швидкий прибуток і не завжди готові вкладати ресурси в довгострокові проекти, особливо якщо користь від інновацій проявляється поступово.

Врахування цих бар'єрів є ключовим для розробки ефективних стратегій підтримки малого бізнесу. Подолання фінансових, освітніх, нормативних та технічних обмежень дозволить забезпечити успішну інтеграцію екологічних і цифрових інновацій, що, у свою чергу, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності, економічної ефективності та екологічної відповідальності малих підприємств.

Висновки. Для ефективного впровадження екологічних та цифрових інновацій у практику малого підприємництва необхідно розробити комплексний підхід, який поєднує технологічні, організаційні та управлінські рішення. Основні напрями та практичні рекомендації включають наступні складові:

- інтеграція цифрових інструментів у екологічні процеси – використання систем моніторингу (IoT, сенсори) для контролю енергоспоживання, водних ресурсів і утворення відходів; застосування аналітики даних (Big Data) для оптимізації виробничих процесів та мінімізації негативного впливу на довкілля;

- впровадження енергоефективних і «зелених» технологій – використання відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, біомаса) для забезпечення автономного та екологічно чистого виробництва; застосування технологій повторного використання ресурсів і утилізації відходів для зменшення витрат і негативного впливу на навколишнє середовище;

- навчання та розвиток компетенцій персоналу – організація тренінгів і курсів для співробітників з питань цифровізації та екологічних технологій; формування корпоративної культури сталого розвитку, що стимулює відповідальне використання ресурсів і активне впровадження інновацій;

- використання державної підтримки та програм стимулювання – залучення грантів, субсидій та пільгового фінансування для впровадження «зелених» і цифрових рішень; співпраця з локальними органами влади та бізнес-асоціаціями для отримання консультацій і доступу до технологічних платформ;

- маркетинг та комунікації – інформування споживачів про екологічні переваги продукції та цифрові інновації через онлайн-платформи та соціальні мережі; використання екологічної сертифікації і стандартів як конкурентної переваги на ринку;

- створення інтегрованих стратегій сталого розвитку – розробка довгострокових планів поєднання цифрових та екологічних рішень з урахуванням фінансових, технічних і соціальних аспектів; постійний моніторинг ефективності впроваджених заходів та коригування стратегії відповідно до змін у ринковому та екологічному середовищі.

Таким чином, поєднання природоохоронних технологій і цифрових інструментів дозволяє малому бізнесу одночасно підвищувати ефективність виробництва, зменшувати негативний вплив на довкілля, підвищувати конкурентоспроможність та відповідати сучасним міжнародним екологічним стандартам. Це створює унікальні можливості для переходу малого підприємництва на новий рівень сталого розвитку, де економічна ефективність гармонійно поєднується з екологічною безпекою.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Adelaide M., Branco M. C., Melo P. N., Machado C. (2022). Sustainability in Small and Medium-Sized Enterprises: A Systematic Literature Review and Future Research Agenda. *Sustainability*, 14, 6493.

[2] Літвак О. А. (2025). Екоінновації та зелене підприємництво як основа переходу до сталого розвитку: тренди, бар'єри та перспективи. *Соціальні та гуманітарні аспекти сталого розвитку України та світу: колективна монографія* (С. 107–125). Харків: СГ НТМ «Новий курс».

[3] European Commission. Questions and Answers: EU action plan on digitalising the energy system. EU action plan on digitalising the energy system, European Commission, 06/10/2022. Retrieved from <https://surl.li/fajqyf>.

[4] ESG як інструмент досягнення сталого розвитку та стратегічних цілей бізнесу. Retrieved from <https://sk.ua/uk/esg-jak-instrument-dosjagnennja-stalogo-rozvitku-ta-strategichnih-cilej-biznesu/>.

[5] Вовченко О. С. (2023). ESG-стратегія як основа управління ризиками сталого розвитку в банках. *Економіка та суспільство*, 50.

[6] Васюта В., Лобас В., Зубко О. (2024). Сучасні проблеми розвитку малого підприємництва в Україні. *Галицький економічний вісник*, 2 (87), 207–213.

Litvak O., Hura O.

***Sustainable development of small businesses:
integration of environmental technologies and digital tools***

УДК 332.1:502

«ЗЕЛЕНІ» СТАРТАПИ ЯК ЗАПОРУКА СТАЛОГО РОЗВИТКУ: ДОСВІД КАНАДИ

Ахновська І. О., к.е.н., доц., Овчарук В. О., здобувач
Донецький національний університет імені Василя Стуса
Україна, Вінниця
i.akhnovska@donnu.edu.ua, ovcharuk.v@donnu.edu.ua

Сьогодні екологічні проблеми є наболілим питанням як для кожної окремої країни, так і людства в цілому, що вимагає суттєвої уваги з боку держав, суспільства і бізнесу. При цьому великий відсоток успіху належить проектам, створеним на благо людства, зокрема для вирішення екологічних

проблем. Реалізація «зелених» стартапів дозволяє не лише привертати увагу до навколишнього середовища, а й змінювати моделі поведінки людей та сприяти формуванню нового покоління екосвідомих, екорациональних та ековідповідальних споживачів.

У сучасному глобальному середовищі важливого значення набуває також дослідження питань забезпечення сталого розвитку країн із високим рівнем добробуту, стабільною фінансовою системою та сприятливим середовищем для ведення інноваційного бізнесу. Канада є прикладом держави, яка поєднує потужну економіку, високі стандарти життя та активну підтримку підприємництва. Особливу наукову та практичну цінність має аналіз її еко-стартапів як одного з провідних індикаторів економічної динаміки та інноваційного потенціалу в галузі розвитку зелених технологій. Станом на 2024 рік Канада входить до двадцятки найбільших економік світу з ВВП понад 2 трлн доларів США (номінально). За даними МВФ [1], країна посідає IX місце за ВВП на душу населення (понад 52 000 дол.). У Глобальному інноваційному індексі (Global Innovation Index 2025) Канада посіла 17 місце серед 139 країн [2]. За даними Startup Blink-2025, країна займає V місце у світі за рівнем розвитку стартап-екосистем (після США, Великої Британії, Ізраїлю та Сінгапуру) [3]. Основні стартап-хаби зосереджені в Торонто, Монреалі, Ванкувері, Оттаві та Калгарі. За даними світових рейтингів, Канада посідає провідні позиції за індексом економічної свободи [4] (15 місце у 2024 р. за Fraser Institute), індексом конкурентоспроможності (14 місце у рейтингу IMD), а також стабільно входить до топ-25 країн за індексом людського розвитку (ІЛР ООН, 16 місце у 2023 р.). За індексом якості життя від U. S. News & World Report [5] Канада входить у першу десятку протягом останніх років. Проте в науковій літературі недостатньо системно досліджено вплив стартап-сектора на ці рейтинги, а також кількісні характеристики цього сектору в розрізі міжнародного порівняння, відсутня деталізація за кількістю стартапів на душу населення, темпами росту, інвесторським кліматом та кількістю «єдинорогів». Також варто зауважити, що «зеленим» стартапам не приділено достатньо уваги у науковій літературі як Канади, так інших країн світу.

Метою дослідження є аналіз стартап-екосистеми Канади та розвитку «зелених» стартапів для запозичення досвіду нашою країною.

На сьогодні у Канаді нараховується понад 3 500 активних стартапів. Це становить приблизно 89 стартапів на мільйон населення, що значно перевищує середньосвітовий рівень. Серед найбільших «єдинорогів»

Канади – компанії Hopper (подорожі), Dapper Labs (NFT), Clearco (фінанси), Apply Board (освіта). Станом на 2024 рік у Канаді нараховується 18 «єдинорогів» із ринковою капіталізацією понад 1 млрд дол. США. Загальна ринкова вартість канадських стартапів перевищує 100 млрд дол. Позитивну динаміку демонструє інвестиційний клімат: венчурне фінансування за останні 3 роки стабільно зростає – зокрема, у 2023 році обсяг венчурних інвестицій сягнув 15,5 млрд доларів [6]. Уряд активно підтримує інноваційний бізнес через програми Canada Startup Visa, Business Development Bank of Canada, та фінансування наукових стартапів. Значна увага приділяється інтеграції ІТ, біотехнологій, фінансових інновацій та зелених технологій. Університети Канади є активними учасниками стартап-екосистеми – багато компаній з'являються як spin-off проекти в межах освітніх інкубаторів.

«Зелений» стартап прагне поєднати досягнення економічного ефекту з екологічним та соціальним, характеризується інноваційністю, сталістю, зобов'язаннями перед екологічними стандартами, циркулярністю, екоспрямованістю та стратегічним баченням. У Канаді успішно функціонують стартапи, що займаються виробництвом біопалива, стійким сільським господарством, «зеленим» будівництвом, розробкою технологій переробки відходів, пропонують рішення щодо зменшення викидів у транспорті та промисловості.

Найвідомішими «зеленими» стартапами є Loop Energy (розробка водневих паливних елементів для вантажівок), Pela Permian (зменшення викидів метану на нафтогазових родовищах) та Enerkem (циркулярна економіка). Слід зазначити, що Уряд Канади використовує різноманітну державну підтримку «зеленим» стартапам, зокрема податкові пільги для стимулювання «зелених» інвестицій; фінансові програми на рівні держави й окремих провінцій; програми та ініціативи, спрямовані на підтримку розробки та впровадження «зелених» технологій.

Україна може використовувати досвід підтримки канадських стартапів у різних напрямках розвитку «зелених» проєктів, зокрема в:

- екобудівництві (наприклад, виготовленні будинків з дерева, глини, саману, очерету; облаштування екоканалізації та систем біологічного очищення);

- екодизайні (наприклад, при використанні натуральних та перероблених матеріалів – дерева, каменю, глини, рослин, гофрокартону, натуральних меблів тощо);

- енергозбереженні (наприклад, при встановленні обладнання для генерації альтернативної енергії); в екоремонтах (наприклад, з використанням безпечних фарб та натуральних матеріалів);

- екоклінінгу (наприклад, при прибиранні з використанням безпечних гіпоалергійних засобів, повторному використанні пакувальних матеріалів тощо);

- рециклінгу побутових відходів (наприклад, створенні зручних контейнерів для збирання відходів вдома); в екотранспорті (наприклад, зростанні попиту на велотранспорт);

- екотуризмі (наприклад, розвитку «зеленого» туризму в умовно безпечних регіонах нашої країни, зокрема Карпатах);

- у виробництві екопродукції (наприклад, продуктах харчування, довготермінового вжитку, іграшках, одягу тощо);

- у створенні «зелених» офісів (наприклад, у підборі енергозберігаючого обладнання та екологічної канцелярії);

- в екоосвіті (наприклад, проведенні івентів – ярмарків, виставок, фестивалів, форумів, тренінгів, екошкіл з метою формування та поглиблення екологічної свідомості громадян).

Розвиток «зелених» стартапів потребує зваженої та ефективної підтримки як держави, так і суспільства в цілому.

Висновки. Сьогодні Канада демонструє стабільні темпи економічного розвитку та високі позиції у міжнародних рейтингах якості життя, людського розвитку й конкурентоспроможності. Стартап-сектор відіграє важливу роль у формуванні інноваційної моделі економіки. Завдяки високому рівню інвестицій, підтримці держави та міжнародній відкритості Канада утверджується як один із лідерів глобальної стартап-екосистеми. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення впливу конкретних програм підтримки стартапів на економічні показники регіонів, а також на аналіз трансферу технологій між наукою та бізнесом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

[1] World Bank Country Overview: Canada (2025). Retrieved from <https://www.worldbank.org/en/country/canada>

[2] Global Innovation Index (2025). Retrieved from <https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2025/en/index.html>

[3] Startup Blink Ecosystem Rankings Report (2025). Retrieved from <https://lp.startupblink.com/report/>

[4] Fraser Institute – Index of Economic Freedom (2024). Retrieved from <https://www.fraserinstitute.org>

[5] OECD Economic Surveys: Canada (2025). Retrieved from https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-surveys-canada-2025_28f9e02c-en.html

[6] Statista – Number of Unicorns in Canada (2024). Retrieved from <https://www.statista.com>

Akhnovska I., Ovcharuk V. O.
***Green Startups and Sustainable Development:
Insights from Canada***

UDC 368:502.3

ENVIRONMENTAL INSURANCE FOR ENVIRONMENTAL RISK MANAGEMENT

Maksiuta N. S., Ph.D.¹, Levchenko I. V., Ph.D., Associate Professor²

National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”

Ukraine, Poltava

¹ ORCID: 0000-0002-0256-6986; ² ORCID: 0009-0005-5630-8252

In recent decades, the public and business attention to environmental issues has been increasing due to the increased destructive impact of human activity on the environment. The increase in the population and its density, as well as the growth of the capacity of industrial enterprises and the number of vehicles, leads to the destruction of natural ecosystems. The constant increase in the amount of damage to the environment and humans necessitates the use of effective financial mechanisms that allow for quick and full compensation for losses caused by environmental incidents, individuals and legal entities, as well as restoring environmental indicators to the regulatory level necessary to ensure a healthy existence for people [1].

An effective mechanism in this direction is environmental insurance, which is widely used in the countries of the European Union and is gradually being introduced in Ukraine. It ensures the financial responsibility of enterprises and organizations for environmental damage, stimulates environmentally friendly practices, and increases the level of preparedness for the consequences of climate change and environmental risks.

Climate change is a complex phenomenon of the Earth system, characterized by threshold values and nonlinear changes. Environmental insurance, in the broad sense of this concept, is designed to respond to climate risks and ensure financial stability in the event of environmental incidents. Insurance practice in Ukraine and the European Union countries demonstrates that effective mitigation of

climate risks is vital for both the insurance system and societies as a whole. Today, even the most developed insurance systems are often adaptive in nature and provide only limited mitigation of the consequences of climate change [2].

The use of the Complex Adaptive Systems (CAS) approach allows us to assess the effectiveness of insurance mechanisms in the long term and develop strategies for the irrevolution to support sustainable climate risk management. The use of CAS contributes to the improvement of environmental insurance, stimulates the introduction of more effective mechanisms for financial coverage of environmental losses, and increases the ability of society to withstand the consequences of climate change. This approach is important for the development of reliable insurance systems in Ukraine and the irintegration into European environmental risk management standards [3].

REFERENCES

[1] Protsenko, O. L. (2012). Ekologichne strakhuvannia: ukrainskyi aspekt [Environmental insurance: Ukrainian aspect]. *Finansova ta kredytna diialnist: problemy teorii ta praktyky*, 2 (13), 325–329.

[2] Demianchuk, M., and Bezpartochna, O. (2023). Development of risk types of insurance in Ukraine under conditions of uncertainty in the context of European integration. *Current issues of the management of socio-economic systems in terms of globalization challenges*, 151–198. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7798094>.

[3] Phelan, L., Taplin, R., Henderson-Sellers, A., & Albrecht, G. (2011). Ecological viability or liability. Insurance system responses to climate risk. *Environmental Economics and Policy Studies*, 13 (2), 107–121. <https://doi.org/10.1002/eet.565>

Maksiuta N., Levchenko I.

Environmental insurance for environmental risk management

УДК 502.4:711.14(477.73)

СТВОРЕННЯ ОХОРОННИХ ЗОН ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Романенко М. М.¹, Скоробогатов В. М.², Драбинюк Г. В.³

¹ Управління екології та природних ресурсів

Миколаївської обласної військової адміністрації

² ГО «Українська природоохоронна група»

³ Природний заповідник «Сланецький степ»

romanenko1marina@gmail.com¹, uncg.ua@gmail.com², meryngia@ukr.net³

Біологічне різноманіття є національним багатством України, яке забезпечує екосистемні та біосферні функції живих організмів, їх угруповань та формує середовище життєдіяльності людини, що визначено у Концепції збереження біологічного різноманіття України [1].

У Конвенції про охорону біологічного різноманіття від 1992 року, яку Україна ратифікувала у 1994 році, «біологічне різноманіття» означає різноманітність живих організмів з усіх джерел, включаючи, серед іншого, наземні, морські та інші водні екосистеми і екологічні комплекси частиною яких вони є; це поняття включає в себе різноманітність у рамках виду, між видами і різноманіття екосистем [2].

В Україні існують різні законодавчі механізми, які повинні забезпечувати охорону біорізноманіття. 2023 року Кабінет Міністрів України затвердив Порядок створення охоронних зон для збереження біорізноманіття у лісах та Порядок створення охоронних зон для збереження об'єктів Червоної книги України [3]. Це механізм надання певним земельним ділянкам, без зміни їх цільового призначення, іншого особливого статусу відповідно до законодавства, на яких збереження біорізноманіття набуває пріоритету.

Визначення термінів наводиться у нормативно-правових актах, а саме: «охоронна зона для збереження біорізноманіття у лісах» – стаття 85 Лісового кодексу України, «охоронна зона для збереження об'єктів Червоної книги України» – стаття 11 Закон України «Про Червону книгу України» [4, 5].

Порядок створення охоронних зон для збереження біорізноманіття у лісах та охоронних зон для збереження об'єктів Червоної книги України (далі – охоронні зони) встановлений Кабінетом Міністрів України [3].

Перші звернення щодо створення охоронних зон у Миколаївській області надійшли до уповноваженого органу у липні 2023 року. Вони

стосувалися земельних ділянок держлісфонду, розташованих у Єланецькому лісництві філії «Вознесенське лісове господарство» (нині – філія «Південний лісовий офіс») ДСГП «Ліси України». Під час досліджень територій, перспективних для розширення площі природного заповідника «Єланецький степ», експертами ГО «Українська природоохоронна група», працівниками природного заповідника «Єланецький степ» були виявлені цінні у природоохоронному відношенні степові ділянки, які розташовані на землях лісгосподарського призначення [6]. Враховуючи високі ризики створення на цих ділянках лісових культур, і, відповідно, знищення та пошкодження рідкісних та зникаючих видів рослин, степових екосистем, ГО «Українська природоохоронна група» були оформлені та подані звернення про створення охоронних зон для збереження біорізноманіття у лісах.

Управлінням екології та природних ресурсів Миколаївської обласної військової адміністрації у встановленому порядку забезпечено розробку паспортів охоронних зон, отримання до них зауважень та пропозицій постійного землекористувача. Розпорядженням начальника Миколаївської обласної військової адміністрації від 05.12.2023 № 531-р створенні дві охоронні зони, а саме: охоронна зона № 1 (28,7 га), що є продовженням балки Роза на північний захід від межі природного заповідника «Єланецький степ». Вона розташована у Єланецькому лісництві (квартал 19, виділи 5,6,7). Створена для збереження 16 об'єктів охорони. Охоронна зона № 2 (15,0 га) розташована в межах пригирлової частини балки Водяна, яка є відгалуженням балки Орлова (Єланецьке лісництво, квартал 27, виділи 1, 3). Має 12 об'єктів охорони [7].

У Березанському лісництві створено 3 охоронні зони на правому високому схилі долини р. Березань, де наявні степові та петрофітні екосистеми (паспорти затверджені розпорядженням начальника Миколаївської облвійськадміністрації від 26.08.2025 № 355-р).

Охоронна зона № 3 (площа 2,1 га, Березанське лісництво, квартал 3, виділ 13) має 4 об'єкти охорони. Охоронна зона № 4 (площа 12 га, Березанське лісництво, квартал 3, виділ 2) – 7 об'єктів охорони. Охоронна зона № 5 (площа 1,245 га, Березанське лісництво, квартал 3, виділ 17) призначена для збереження 4 об'єктів охорони.

Передумовою створення охоронних зон в Березанському лісництві було спільне обстеження представників ГО «Українська природоохоронна група», ДП «Ліси України» та управління екології та природних ресурсів Миколаївської ОВА в рамках діяльності робочої групи з питання

проведення аналізу фонду лісорозведення Миколаївської області з метою запобігання заліснення степових ділянок [8].

Станом на 01.10.2025 у Миколаївській області створено 5 охоронних зон для збереження біорізноманіття в лісах (Єланецьке, Березанське лісництва). Їх загальна площа становить 59,045 га. Охороною охоплено такі об'єкти:

види рослин, занесені до Червоної книги України:

шоломниця весняна (*Scutellariaverna*), горицвіт весняний (*Adonisvernalis*), горицвіт волзький (*Adoniswolgensis*), ковила волосиста (*Stipacapillata*), ковила Лессінга (*Stipalessingiana*), ковила найкрасивіша (*Stipapulcherrima*), ковила пірчаста (*Stipapennata*), астрагал одеський (*Astragalusodesanus*), дрік скіфський (*Genistascythica*), сон лучний (*Pulsatillapratensis*), зіновать гранітна (*Chamaecytisusgraniticus*), брандушка різнобарвна (*Bulbocodiumversicolor*), шафран сітчастий (*Crocusreticulatus*).

види, включені до Переліку видів рослин, що підлягають особливій охороні на території Миколаївської області:

півники карликові (*Irispumila*), півники солелюбні (*Irishalophila*), ломиніс цілолистий (*Clematisintegrifolia*), часник жовтуватий (*Alliumflavescens*).

угруповання Зеленої книги України:

угруповання формації ковили волосистої (*Stipetacapillatae*), угруповання формації ковили Лессінга (*Stipetalessingianae*), угруповання формації ковили найкрасивішої (*Stipetapulcherrimae*), угруповання формації мигдалю степового (*Amygdaletananae*)

оселища Резолюції № 4 Бернської конвенції:

Е1.2. Багаторічні трав'яні угруповання на вапняках та степи (*Perennialcalcareousgrasslandandbasicsteppes*), F3.247 Понтично-сарматські листопадні чагарники (*Ponto-Sarmaticdeciduousthickets*).

У липні 2023 року ГО «Українська природоохоронна група» підготовлено звернення про створення охоронної зони для збереження об'єктів Червоної книги України – волошки білоперлиної (*Centaureamargarita-alba*), бурачка савранського (*Alyssumsavranicum*) – у Костянтинівській територіальній громаді Миколаївського району. На етапі доведення до відома розпорядника земель про створення охоронної зони – Костянтинівської сільської ради – з'ясовано, що земельна ділянка перебуває в оренді ПП «ЮГВА». Знайти керівника цього суб'єкта господарської діяльності не вдалося. Паспорт охоронної зони не затверджено, відповідно вона не створена.

Наразі для збереження об'єктів Червоної книги України вживаються заходи щодо створення охоронних зон у таких громадах: Ольшанська – 1,

Степівська – 1, Нечаянська – 1, Веселинівська – 2, Сухосланецька – 3, Сланецька – 5. Їх загальна площа становить 589,9181 га.

В Ольшанській територіальній громаді проєктована охоронна зона площею 18,1956 га представлена лівим відромом балки Суха. Це – ділянка піщаного степу, яка є частиною рідкісного псамофітного екокомплексу – об'єкту світового рівня унікальності у пониззях долин річок Південний Буг та Інгул.

У долині річки Солониha, що у Степівській громаді, виявлено земельну ділянку площею 7,94 га, де мозаїчно зростають об'єкти Червоної книги України. Її запропоновано для створення охоронної зони.

У Нечаянській територіальній громаді, в середній та пригирловій частині балки Славкіна, охоронна зона пропонується до створення на ділянці площею 52,5110 га.

У Веселинівській громаді проєктується створити 2 охоронні зони в долині річки Чичиклія площею 1,8727 га та 14,7 га. Ділянки представлені степовими біотопами, де відмічено астрагал понтійський (*Astragalus ponticus*) – єдине відоме місцезростання на правобережжі пониззя Південного Бугу та зіноваті гранітної (*Chamaecytisus graniticus*) – одного з кількох відомих місцезростань на правобережжі Південного Бугу.

У межах Сухосланецької територіальної громади охоронні зони планується створити в пригирлових частинах балки Орлова (72,76 га), балки Лінка (40,4968 га), Олександрівської балки (62,8341 га). Вони представлені степовими та петрофітними екосистемами. Як оселища Резолюції № 4 Бернської конвенції вони відносяться до E1.2. Perennial calcareous-grassland and basic steppes (Багаторічні трав'яні угруповання на вапняках та степах), F3.247 Ponto-Sarmatic deciduous thickets (Понтично-сарматські листопадні чагарники).

Території проєктованих охоронних зон у Сланецькій територіальній громаді представлені степовими екосистемами та розташовані у нижній частині балки Роза (Водяна), яка є правою притокою річки Балка Прусакова; пригирловій частині балок Орлова і Прусакова, що є правими притоками р. Громокля; на передплакорній ділянці в межах балки Орлова. Тут збереглися степові петрофітні угруповання на вапняках та лучно-степові угруповання днищ балок, а на розчленованих балкових схилах – деревно-чагарникові угруповання природного походження. Загальна площа проєктованих охоронних зон становить 318,6179 га. Вся територія є оселищами Резолюції № 4 Бернської конвенції. Завдяки розчленованості рельєфу та виходам вапняків земельні ділянки є непридатними для інтенсивного

використання, тому й збереглися у природному стані. Але існують високі ризики фрагментації та знищення степових петрофітних угруповань на вапняках внаслідок їх передачі у приватну власність під цільове використання, яке протирічить збереженню об'єктів Червоної книги України.

Земельні ділянки комунальної форми власності та несформовані земельні ділянки в межах Єланецької та Сухоєланецької громад розглядалися під розширення природного заповідника «Єланецький степ» відповідно до схваленого Міндовкілля клопотання. Через ненадання позитивних погоджень з боку розпорядника земель – Єланецької селищної ради та Сухоєланецької сільської ради – не вдалося їх включити до складу природного заповідника. Тому, для збереження наявного біорізноманіття, було прийнято рішення про необхідність створення охоронних зон (рис. 1). Надання земельним ділянкам статусу охоронних зон не потребує зміни цільового використання земель чи їх вилучення з господарського використання, тому є компромісним або тимчасовим рішенням задля їх збереження та можливості традиційного використання місцевим населенням.

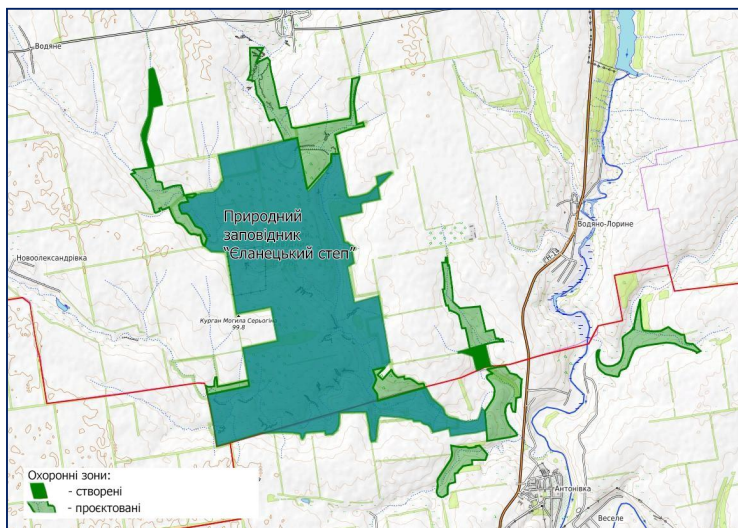


Рис. 1. Наявні та проєктовані охоронні зони в околицях природного заповідника Єланецький степ

Отже, проводиться робота щодо створення 13 охоронних зон для збереження об'єктів Червоної книги України загальною площею 589,9181 га

в межах Ольшанської, Степовівської, Нечаянської, Сухосланецької, Єланецької та Веселинівської територіальних громад (рис. 2).

Створення цих охоронних зон забезпечить збереження 20 видів рослин, занесених до Червоної книги України, а також, 2 видів комах, які занесені до Червоної книги України. Таким чином в межах Миколаївської області вже напрацьовується практика створення охоронних зон для збереження біорізноманіття у лісах та збереження об'єктів Червоної книги України.

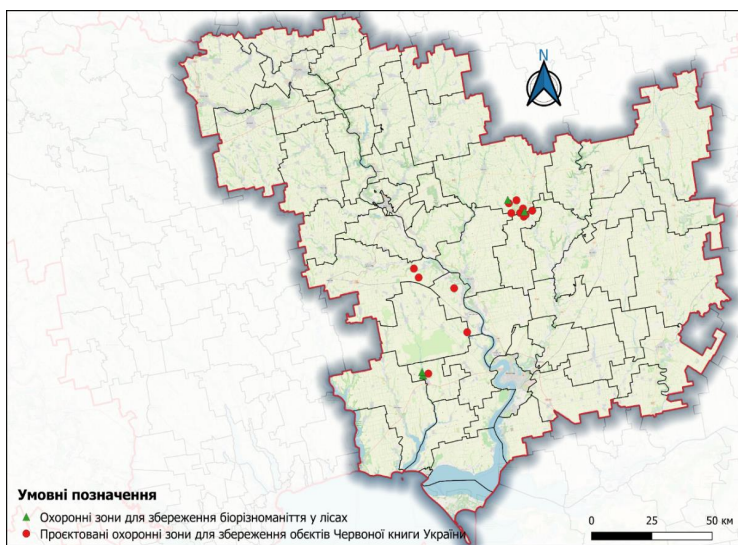


Рис 2. Розташування створених охоронних зон для збереження біорізноманіття у лісах та проєктованих охоронних зон для збереження об'єктів Червоної книги України

Створення охоронних зон є дієвим механізмом збереження рідкісних видів рослин і тварин, оселищ, особливо у випадках, коли земельну ділянку неможливо зберегти будь-яким іншим способом, передбаченим для охорони біорізноманіття. Зокрема, коли не вдається створити територію чи об'єкт природно-заповідного фонду, адже ця процедура передбачає обов'язкове отримання погодження від землевласників та землекористувачів, розробку проєктної документації зі створення та винесення меж на місцевості, що потребує фінансових витрат. Крім того, тривалість створення охоронних зон є набагато меншою в порівнянні зі створенням територій та об'єктів природно-заповідного фонду.

Підставою для відмови у створенні охоронної зони, із зазначенням обґрунтованих зауважень і пропозицій, яку видає тільки уповноважений орган (не власник чи користувач земель), може бути недостовірність даних, зазначених у зверненні про створення охоронної зони.

Важливо, що охоронні зони, відповідно до встановлених порядків, створюються на всіх землях, у тому числі у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду, та у лісах усіх форм власності. Їх створення не потребує погодження. Власник або користувач земельної ділянки має право надати обґрунтовані зауваження та пропозиції для розроблення паспорта охоронної зони.

Надання земельним ділянкам статусу охоронних зон є малозатратним та оперативним методом збереження біорізноманіття. Важливим є моніторинг за дотриманням режиму охорони, який індивідуально встановлюється для кожної охоронної зони та фіксується в її паспорті.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Постанова Кабінету Міністрів України «Про Концепцію збереження біологічного різноманіття України»: від 12 травня 1997 року. № 439.

[2] Конвенція про охорону біологічного різноманіття від 1992 року Конвенцію ратифіковано Законом N 257/94-ВР від 29.11.94 } { Додатково див. Нагойський протокол (995_k03) від 29.10.2010 }

[3] Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку створення охоронних зон для збереження біорізноманіття у лісах та Порядку створення охоронних зон для збереження об'єктів Червоної книги України»: від 12 травня 2023 № 499.

[4] Лісовий кодекс України : Кодекс від 21.01.1994, № 3852-ХІІ. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 17, ст. 99. 1994. 21 січ.

[5] Про Червону книгу України : Верховна Рада Україна від 07.02.2002, № № 3055-ІІІ. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, № 30, ст. 20.

[6] Скоробогатов В., Василюк О. Перші проєктовані охоронні зони для збереження біорізноманіття у лісах на Миколаївщині Дністровські читання. *Матеріали круглого столу з нагоди 30-річчя Дністровського регіонального ландшафтного парку* (20 жовтня 2023 року, м. Тлумач, Івано-Франківська область, Україна) / наук. ред. І. В. Скільський, І. І. Дмитраш-Вацеба, О. В. Василюк. Тлумач – Чернівці : Друк Арт, 2023. 160 с. (Серія: “Conservation Biology in Ukraine”. Вип. 34). С. 21–23.

[7] Скоробогатов В. М., Василюк О. В., Драбинюк Г. В., Філюта К. О. Перші створені охоронні зони для збереження біорізноманіття у лісах

(Миколаївська область). *Степ: досвід збереження* : збірка наукових праць за матеріалами другого науково-практичного семінару (30 травня 2025 року, ПЗ «Сланецький степ», с. Калинівка, Вознесенський р-н, Миколаївська обл.). Чернівці : Друк Арт, 2025. 120 с. (Серія: “Conservation Biology in Ukraine”. Вип. 45).

[8] Скоробогатов В. М., Василюк О. В. Знахідки рідкісних видів флори в межах лісництв Миколаївської області. Заповідне Гранітно-степове Побужжя на переломі часу: збереження та виклики сьогодення. Миколаїв – Чернівці : Друк Арт, 2024. 144 с. (Серія: “Conservation Biology in Ukraine. Вип. 43).

*Romanenko M., Skorobohatov V., Drabyniuk H.
Establishment of Protected Areas for Biodiversity Conservation
in Mykolaiv Region: Experience and Prospects*

УДК 504.12(477.73-751.2)

**РАНЬОВЕСНЯНІ СОЗОФІТИ БОТАНІЧНОЇ ПАМ'ЯТКИ
ПРИРОДИ «ГИРЛО РІЧКИ БАКШАЛА»
(НПП «БУЗЬКИЙ ГАРД», МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ)**

Мельник Р. П., к.б.н., доцент

Національний природний парк «Бузький Гард»

Україна, Миколаївська обл.

melnikruslana12@gmail.com

На півночі Миколаївської області на земну поверхню виходять одні з найстаріших порід Українського кристалічного щита та утворюють унікальний ландшафт в долині річки Південного Бугу. Своєрідність території презентують різноманітні екосистеми: степи, гранітні відслонення, байрачні ліси, водно-болотні угіддя, чагарники та луки (Боровик, 2023). Тому на цій території створено низку об'єктів природно-заповідного фонду з метою збереження унікальних ландшафтів, біорізноманіття та історико-культурної спадщини долини річки Південний Буг.

Ботанічна пам'ятка природи «Гирло річки Бакшала» – це об'єкт природно-заповідного фонду місцевого значення в Миколаївській області, який входить до складу НПП «Бузький Гард». Має площу 5 гектарів. Статус

надано згідно з рішенням Миколаївської обласної ради № 20 від 18.03.1994 року задля збереження ділянок зростання рослин, що зникають. Пам'ятка розташована на території Вознесенського району, в гирлі річки Бакшала (яка впадає в Південний Буг), біля села Щуцьке (Ботанічна пам'ятка..., 2025) (рис. 1).



Рис 1. Пам'ятка природи «Гирло річки Бакшала»

Під час весняних експедицій у 2019 році на територію ботанічної пам'ятки природи «Гирло річки Бакшала» ми виявили зростання рідкісних видів рослин, які занесені в різні охоронні списки.

Crocus reticulatus StevenexAdams – субсередземноморсько-малоазійський вид. В Україні поширений в Лісостепу і Степу. Занесений до Червоної книги України, природоохоронний статус «неоцінений» (Дідух, 2009). Вид зростає у верхній частині схилів р. Бакшала. *C. reticulatus* зростає між куртинами *Stipa capillata* L. та *Festuca valesiaca* Schleich.exGaudin. На 1 м² у місцях найбільшої щільності ми зафіксували зростання від 20 до 30 особин.

Pulsatilla pratensis (L.) Mill – центральноевропейський поліморфний вид на південній межі ареалу (рис. 2 А). Поширення в Україні – більша частина територій в лісовій, а також в лісостеповій та степовій зонах. Занесений до Червоної книги України, природоохоронний статус «неоцінений» (Дідух, 2009). *P. pratensis* зростає в середній частині схилів р. Бакшала. У місцях найбільшої щільності на 1 м² ми зафіксували зростання до 5 генеративних особин.

Adonis vernalis L. – євросибірський лісостеповий вид, доволі поширений на території України (рис. 2 С). Занесений до Червоної книги України,

природоохоронний статус «неоцінений» (Дідух, 2009). Зростає в ценозах лучних степів, справжніх степів, спорадично трапляється на узліссях та у світлих розріджених лісах. Особини виду зростають куртинами на схилах річки(від плакору до чагарників, що зростають біля берега). У середньому на 1 м² налічується 2 особини у ювенільному стані та 2–3 – у генеративному.



Рис.2. Созофіти флори пам'ятки природи «Гирло річки Бакшали»
А – *Pulsatilla pratensis*; В – *Iris pumila*; С – *Adonis vernalis*

Astragalus dasyanthus Pall. – вид знаходиться на північно-західній межі ареалу. Занесений до Червоної книги України, природоохоронний статус «вразливий» (Перелік видів). Також охороняється Європейським червоним списком (EuropeanRed, 2025) та Червоним списком Міжнародного союзу охорони природи (МСОП) (CITES, 2025). В Україні поширений в Лісостепу і Степу (смуга різнотравно-типчакowo-ковилових степів та північна частина смуги типчакowo-ковилових степів). На території ботанічної пам'ятки природи «Гирло річки Бакшала» зустрічається рідко (нами зафіксовано 2 місцезростання). Зростає на плакорі.

На території ботанічної пам'ятки природи «Гирло річки Бакшала» в цей час ми також зафіксували зростання видів, які охороняються на регіональному рівні (Перелік видів..., 2021): *Amygdalus nana* L., *Iris pumila* L., *Ephedra distachya* L. (рис. 2 В).

Основу степової рослинності, де зростають досліджені види, складають угруповання класу *Festuco-Brometea* (*Festucion valesiacae*, *Stipo lessingiana*-*Salvion nutantis*) з домінуванням дернинних та кореневищних злаків: *Stipa lessingiana* Trin.& Rupr., *S. ucrainica* P. Smirn., *S. capillata*, *Koeleria brevis* Steven, *Poa angustifolia* L. та *Agropyron pectinatum* (L.) Gaertn.

Отримані результати доповнюють наукові відомості щодо хорології рідкісних і зникаючих видів флори національного природного парку «Бузький Гард».

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Ботанічна пам'ятка природи «Гирло річки Бакшала». (2025). Взято з https://uk.wikipedia.org/wiki/Гирло_річки_Бакшала

[2] Дідух, Я. П. (ред). (2009). Червона книга України. Рослинний світ. Київ: Глобалконсалтинг. 900.

[3] Ширяєва, Д. В., Коломієць Г. В. та Куземко А. А. (2022) Рідкісні рослини національного природного парку «Бузький Гард». Атлас-довідник. Київ: ПАЛІВОДА А. В. 72.

[1] [4] Боровик, Д. В. (2023). Рослинність долини р. Південний Буг у степовій зоні: синтаксономія, динаміка, охорона (кандидатська дисертація). Взято з <https://www.researchgate.net/profile/Dariia-Borovyk/r-Pivdennij-Bug-u-stepovij.pdf>

[1] [5] Перелік видів рослин, які підлягають особливій охороні на території Миколаївської області (2021). Рішення обласної ради № 27 від 21 грудня 2021 року. Взято з <https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/file/рішення-РЧС-рослин.pdf>

[6] CITES (the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). (2025). Retrieved from <https://cites.org/eng/disc/text.php>

[7] European Red List of Globally Threatened Animals and Plants. (2025). Retrieved from <https://www.iucnredlist.org/regions/europe>

Melnyk R.

**Early spring sosophytes of the botanical natural monument
“Mouth of the Bakshala River” (National Park “Buzkyi Gard”,
Mykolaiv region)**

УДК 547.915:547.233:544.723

СУЛЬФУВАННЯ ТРИГЛІЦЕРИДІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

Чобіт М. Р., к.х.н., Панченко Ю. В., к.х.н., Васильєв В. П., к.х.н.,

Борис І. В., студ.

Національний університет «Львівська політехніка»,

кафедра органічної хімії

maksym.r.chobit@lpnu.ua

На сьогоднішній день миючі засоби стали невід'ємною частиною життя людини на всіх шляхах, які спрямовані на чистоту й охайність. Цей шлях поверхнево-активних речовин, пройдений з матеріалів в різних формах, починаючи від стародавньої формули мила з змішування попелу та олії, до наявних на даний момент мила, миючих засобів і миючих засобів. Окрім миючих засобів, поверхнево-активні речовини також знаходять багато промислових застосувань як добавки до фарб, для пом'якшення текстилю, антистатичні засоби, при обробці металу та при бурінні нафтових свердловин. Деякі поверхнево-активні речовини мають антимікробні властивості, що є основою для їх використання як біоциди.

Поверхнево-активні речовини – це група речовин із широким переліком застосування, іноді ці органічні молекули називають тензіоактивними хімікатами або тензидами, які зазвичай складаються з гідрофільних і гідрофобних ділянок молекули [1]. Амфіфільна природа молекул поверхнево-активних речовин створює спорідненість до адсорбції на таких поверхнях як межа розділу метал/оксид металу вода. Властивості поверхнево-активних речовин та взаємодія поверхнево-активних речовин з металом або оксидом металу і середовищем розчину, яке його оточує, визначають рівень адсорбції. Розуміння поведінки поверхнево-активних речовин має вирішальне значення для оптимального використання сурфактантів речовин при адсорбції на поверхні металу/оксиду металу, агрегації та розподілі у водній та/або органічній фазі, а також застосування поверхнево-активних речовин у таких сферах як видалення часток, фармація та косметичні засоби.

Тригліцериди, незалежно від їх джерела, використовують низку стандартних олеохімічних перетворень – гідрування, гідроліз, переестерифікацію, а також певні специфічні модифікації для отримання різних поверхнево-активних речовин і попередників поверхнево-активних речовин, включаючи метиловий етер жирної кислоти, сульфонат метилового етеру, жирну кислоту. спирти, жирні аміни, ангідриди жирних кислот, хлориди

жирних кислот, жирні кислоти, карбоксилати жирних кислот та алкілполіглюкозиди. В останні роки, через значне зростання вартості нафти, знову відродився інтерес до виробництва хімікатів для бродіння у великих обсягах. Біотехнологія забезпечує нові, недорогі та високоефективні процеси бродіння для виробництва хімічних речовин із ресурсів біомаси. Крім того, завдяки широкому спектру доступних мікроорганізмів і багатьох інших, нещодавно відкритих, ферментація цукру представляє важливий шлях для виробництва нових біопродуктів. Завдяки продуктивності та високій якості, відносно світлого кольору та приємного запаху, алкілполіглюкозиди особливо підходять для косметичних лосьйонів і кремів. Встановлено, що алкілполіглюкозиди перевершують різноманітні поверхнево-активні речовини на основі вуглеводів і широко виробляються через їх хорошу ефективність, м'якість і повністю відновлювану природу. Сульфонат метилового етеру пропонує екологічно чисту та життєздатну альтернативу використовуваній тепер поверхнево-активній речовині LAS, завдяки його високій здатності до біологічного розкладання [2–9].

Метою даної роботи було одержання поверхнево-активних речовин шляхом сульфування ненасичених груп тригліцеридів жирних кислот; підтвердження структури одержаних речовин методом ІЧ-спектроскопії та їх поверхнево-активних властивостей.

Сульфування тригліцеридів ненасичених жирних кислот було проведено за наступною методикою: у конічну колбу, об'ємом 50 мл, завантажили 5 г соняшникової олії та її нагрівали до температури 80 °С. Після нагріву до колби додавали 2 мл насиченого розчину сульфіту натрію (Na_2SO_3) та 0,1 мл сульфатної кислоти (H_2SO_4). Колба оснащувалась зворотнім холодильником. Реакційна суміш перемішувалась за допомогою магнітної мішалки та термостатувалась протягом 8 год. По закінченні синтезу реакційна суміш поміщалась у ділильну воронку та витримувалась до розшарування. Верхній органічний шар відділявся та тричі промивався дистильованою водою до нейтрального середовища, рН контролювалось за допомогою лакмусового папірця. Після розділення речовину витримали над молекулярними ситами протягом 24 годин для видалення залишків вологи.

На рис. 1 представлено схему реакції сульфування молекул тригліцеридів ненасичених жирних кислот.

Для перевірки поверхнево-активних властивостей, частину одержаної речовини перетворили у натрієву сіль. Для цього до зразка додали декілька дрібних кристалів гідроксиду натрію (NaOH) та перемішували за допомогою магнітної мішалки до повного розчинення кристалів гідроксиду натрію.

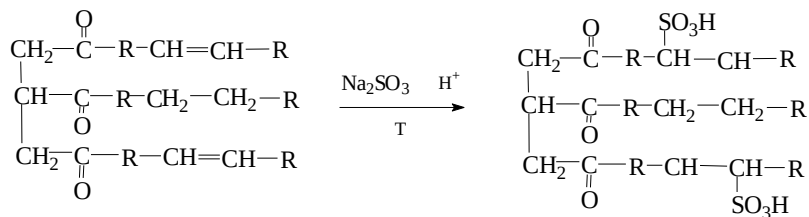


Рис. 1. Схема реакції сульфування молекул тригліцеридів ненасичених жирних кислот

Інфрачервоні спектри вихідних речовин та досліджуваних зразків отримано за допомогою FTIR-спектрометра (Cary 630) у хвильовому діапазоні $4000\text{--}650\text{ см}^{-1}$ при 32 скануваннях з роздільною здатністю 2 см^{-1} . Сполука одержана за наведеною вище методикою, у результаті реакції модифікування олії шляхом сульфування молекул тригліцериду ненасичених жирних кислот, була проаналізована методом ІЧ-спектроскопії. На рисунку 2 представлено порівняльні ІЧ-спектри вихідної

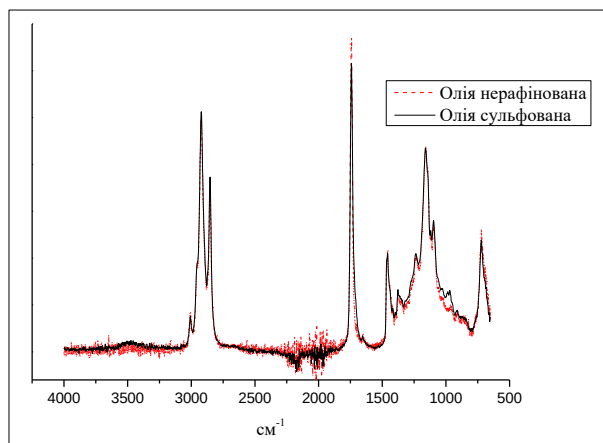


Рис. 2. ІЧ-FTIR спектри вихідної соняшникової олії та модифікованої сульфатованої олії

нерафінованої олії та модифікованої олії, одержаної шляхом запропонованого процесу сульфування. Можна побачити відмінність спектрів у діапазоні $900\text{--}1100\text{ см}^{-1}$. Так, на спектрі модифікованої олії наявні додаткові піки при максимумах інтенсивності $967, 987, 972, 1050, 1058\text{ см}^{-1}$. Ці полоси можна віднести до сульфогруп, а саме $\text{S}=\text{O}$ валентних коливань.

Наявність нових полос спектрів у цьому діапазоні частот підтверджує проходження реакції сульфування молекул ненасичених жирних кислот у складі тригліцериду. Крім того, зросла інтенсивність коливань в діапазоні частот $3500\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ у молекулах модифікованих тригліцеридів, що можна пояснити збільшенням концентрації --OH груп, які утворені в результаті реакції прищеплених сульфогруп ($\text{O}=\text{S}^+-\text{OH}$).

Було проведено перевірку та демонстрація поверхнево-активної дії отриманої сполуки. Для цього у два окремих бюкси були завантажені однакова кількість червоного органічного пігменту з дистильованою водою. В одному з них додано натрієву сіль модифікованої олії. Як видно з наведених на рис. 3 світлин, у бюксі з доданою сульфатованою олією, червоний пігмент частково диспергувався у водному середовищі, тоді як у вихідному бюксі диспергування червоного пігменту у дистильованій воді відсутнє взагалі.



Рис. 3. Демонстрація поверхнево-активної дії модифікованої олії:

1) суміш з додаванням модифікованого тригліцериду (H_2O +пігмент+модифікована олія); 2) вихідна суміш (H_2O + пігмент)

Висновки. У результаті проведених досліджень було отримано сульфопохідну тригліцеридів жирних кислот реакцією сульфування ненасичених груп складових соняшникової олії з використанням натрію сульфіту. Протікання процесу модифікування молекул тригліцеридів за запропонованою методикою підтверджено методом ІЧ-FTIR спектроскопії. Продемонстровано поверхнево-активні властивості одержаної сполуки. Запропонована методика одержання поверхнево-активної речовини характеризується простотою проведення процесу. Одержана модифікована олія може бути використана у різних галузях, зокрема у парфумерній, медичній, харчовій та інших видах промисловості як поверхнево-активна речовина без нанесення шкоди для оточуючого середовища.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Ginkel CG. (1989) Complete degradation of xenobiotic surfactants by consortia of aerobic microorganisms. *Biodegradation* 7:151–164.

[2] Benvegna T., Sassi JF (2010) Oligomannuronates from seaweeds as renewable sources for the development of green surfactants. *Carbohydr Sustain Dev* 1:143–164.

[3] Yuksel E, Sengil IA, Ozacar M (2009) The removal of sodium dodecyl sulfate in synthetic wastewater by peroxi-electrocoagulation method. *Chem Eng J* 152:347–353.

[4] Lima TM, Procopio LC, Brandao FD, Leao BA, Totola MR, Borges AC (2011) Evaluation of bacterial surfactant toxicity towards petroleum degrading microorganisms. *Bioresour Technol* 102:2957–2964.

[5] Foley P, Beach ES, Zimmerman JB (2012) Derivation and synthesis of renewable surfactants. *Chem Soc Rev* 41:1499–1518.

[6] Long M, Ruan L, Li F, Yu Z, Xu X (2011) Heterologous expression and characterization of a recombinant thermostable alkylsulfatase (sdsAP). *Extremophiles* 15:293–301.

[7] Yeldho D, Rebello S, Jisha MS (2011) Plasmid-mediated biodegradation of the anionic surfactant sodium dodecyl sulfate, by *Pseudomonas aeruginosa* S7. *Bull Environ Contam Toxicol* 86:110–113.

Chobit M., Panchenko Yu., Vasylyev V., Borys I.

Sulfonation of triglycerides for the production of surface-active substances

УДК 621.311.24

ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЇЇ РОЛЬ У СТАЛОМУ РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Стеблєва А. В., здобувач вищої освіти

Науковий парк «Алгоритм інновацій»

Україна, Харків

steblievaantonina24@gmail.com

Актуальність теми обумовлена ключовою роллю вітрової енергетики у забезпеченні сталого розвитку та енергетичної незалежності України. На тлі глобальних викликів, таких як зростання енергоспоживання, деградація ресурсної бази традиційних палив та поглиблення кліматичних змін, перехід до відновлюваних джерел енергії набуває критично важливого значення. Вітроенергетика, будучи однією з найбільш екологічно чистих та економічно ефективних галузей, відкриває можливості для істотного скорочення викидів парникових газів та підвищення екологічної безпеки.

Важливість теми підкріплюється наявністю в Україні значного природно-кліматичного потенціалу для генерування вітрової енергії, зосередженого переважно в південних і західних регіонах. Його активне освоєння сприятиме зміцненню енергетичної безпеки, зменшенню імпорту паливно-енергетичних ресурсів та диверсифікації структури енергобалансу. Крім того, розвиток галузі створює передумови для економічного зростання регіонів, формування нових робочих місць, залучення інвестицій та стимулювання інновацій у сфері енергетичних технологій.

Вивчення значення вітрової енергетики для сталого розвитку України є вкрай актуальним, оскільки воно спрямоване не лише на оцінку прогресу у реалізації енергетичної стратегії, але й на визначення шляхів оптимальної інтеграції економічних, екологічних і соціальних пріоритетів.

Вітрова енергетика в Україні розглядається як один із найперспективніших напрямів розвитку відновлюваних джерел енергії, що відображено у значній кількості наукових досліджень та галузевих оглядів. Сучасні аналітичні матеріали наголошують на стійкому зростанні кількості введених в експлуатацію вітрових електростанцій, а також на великій кількості проєктів, що перебувають у стадії реалізації. Окремо підкреслюється стратегічна необхідність інтеграції українського ринку вітрової енергетики до європейського енергетичного простору, що дає можливість підвищити гнучкість енергосистеми, диверсифікувати джерела енергії та забезпечити додаткові гарантії енергетичної безпеки держави [1]. Такий розвиток сприяє формуванню позитивного міжнародного іміджу країни як надійного партнера у сфері зеленої енергетики.

Важливим аспектом розвитку галузі є фінансування. У дослідженнях відзначається, що саме стабільні фінансові механізми та наявність дієвих інвестиційних інструментів створюють базу для подальшого зростання сектора. Серед ключових чинників називаються довгострокові програми підтримки, прозора тарифна політика, доступ до міжнародних фондів і кредитних ресурсів [2]. Наголошується, що без формування ефективної фінансової стратегії навіть за наявності значного природного потенціалу розвиток вітроенергетики може сповільнюватися. Таким чином, взаємозв'язок між інвестиційними можливостями та динамікою впровадження нових технологій виступає визначальним фактором у поступальному розвитку галузі.

Значну увагу науковці приділяють аналізу тенденцій розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні. У працях, що охоплюють сонячну та вітрову енергетику, підкреслюється зростання їхнього внеску до

загального енергетичного балансу та роль у забезпеченні незалежності від традиційних викопних ресурсів [3]. Дослідження, присвячені стратегічному прогнозуванню, демонструють необхідність формування комплексних моделей оцінки, які враховують технічні, економічні, екологічні та соціальні аспекти розвитку відновлюваних джерел [4]. Саме такий підхід дозволяє будувати не короткострокові рішення, а довготривалі стратегії, які спрямовані на забезпечення сталого розвитку енергетики в умовах глобальних викликів.

Окремий блок робіт спрямований на оцінку природного потенціалу України для розвитку вітрової енергетики. У дослідженнях, що аналізують довготривалі зміни вітрового навантаження, підтверджується достатність кліматичних умов для масштабного впровадження технологій використання вітрової енергії. Водночас наголошується на значній просторовій нерівномірності вітрових ресурсів, що вимагає детального регіонального підходу до планування нових об'єктів, врахування локальних метеорологічних особливостей та створення системи моніторингу для прогнозування ефективності роботи станцій [5]. Практичні дослідження продуктивності сучасних вітрових турбін у реальних умовах функціонування на території України показують їх відповідність міжнародним стандартам ефективності. У деяких випадках зафіксовано навіть перевищення прогнозованих показників, що свідчить про високу адаптивність сучасних технологій до природних умов країни [6]. Це створює підґрунтя для ширшого впровадження високотехнологічного обладнання та підтверджує конкурентоспроможність українського ринку вітроенергетики на міжнародному рівні.

Загальний аналіз наукових і аналітичних джерел дозволяє зробити висновок, що розвиток вітрової енергетики в Україні спирається на комплекс взаємопов'язаних факторів: достатній природний потенціал, наявність сучасних технологій, поступове формування фінансових механізмів підтримки та інтеграцію у міжнародні ринки. Ці складові формують цілісну основу для подальшого зростання галузі та її перетворення на важливий елемент сталого розвитку країни. Вітрова енергетика здатна не лише забезпечити диверсифікацію джерел електроенергії, а й сприяти досягненню кліматичних цілей, створенню нових робочих місць і підвищенню інноваційного потенціалу національної економіки.

Мета дослідження полягає в аналізі ролі вітрової енергетики у забезпеченні сталого розвитку України, оцінці її впливу на енергетичну безпеку, економічну стабільність та екологічний баланс, а також у визначенні перспектив розширення використання відновлюваних джерел енергії в умовах європейської інтеграції.

Завдання дослідження охоплюють вивчення сучасного стану та тенденцій розвитку вітрової енергетики в Україні, аналіз наявного потенціалу вітрових ресурсів, дослідження динаміки розвитку вітроенергетичних потужностей та їх внеску у загальний енергетичний баланс, оцінку економічних та екологічних переваг використання вітрової енергії у порівнянні з традиційними джерелами, розгляд проблем і бар'єрів, що стримують розвиток галузі, а також формування рекомендацій щодо вдосконалення державної політики та створення сприятливих умов для інтеграції України в європейський енергетичний простір.

Вітрова енергетика є ключовим напрямом розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні та займає важливе місце у забезпеченні сталого розвитку країни. Україна володіє значним потенціалом вітрових ресурсів, особливо у прибережних регіонах Чорного та Азовського морів, а також у степових зонах півдня та сходу. Стабільні швидкості вітру та відносно низька щільність населення у цих регіонах створюють сприятливі умови для будівництва великих вітропарків і ефективного виробництва електроенергії [7]. За даними профільних асоціацій, наприкінці 2024 року сумарна встановлена потужність вітрових електростанцій в Україні продовжувала зростати, адже протягом року було введено в експлуатацію нові об'єкти. Це свідчить про поступовий розвиток галузі, незважаючи на складні економічні та політичні умови. Розвиток вітрової енергетики має важливе значення для економічної стабільності та енергетичної незалежності країни. Використання цього відновлюваного ресурсу дає змогу зменшити залежність від імпорту викопного палива, скоротити витрати на традиційні джерела енергії та підвищити стійкість енергосистеми до зовнішніх викликів. Крім того, вітрові електростанції не створюють шкідливих викидів, що робить їх екологічно безпечним джерелом енергії та сприяє виконанню міжнародних кліматичних зобов'язань України, зокрема в межах Паризької угоди та Європейського зеленого курсу [1]. Крім того, розвиток галузі стимулює місцеву економіку: створюються робочі місця, залучаються інвестиції, зростають надходження до бюджетів регіонів, що сприяє комплексному розвитку територій.

Технологічний аспект розвитку вітрової енергетики також має ключове значення. Сучасні вітрові турбіни відзначаються високою ефективністю та адаптованістю до різних кліматичних умов. Практичні дослідження показують, що продуктивність турбін у реальних умовах експлуатації відповідає міжнародним стандартам і навіть перевищує очікувані показники, що робить їх придатними для використання у багатьох регіонах України [8]. Сучасні системи моніторингу та балансування енергосистеми

дозволяють забезпечити стабільне виробництво та ефективне використання електроенергії, а впровадження цифрових технологій у керування станціями підвищує надійність та безпеку роботи.

Залучення інвестицій у вітрову енергетику є ключовим чинником прискорення розвитку галузі. Як приклад, одна з провідних енергетичних компаній оголосила про плани масштабного розширення Тилігульської вітрової електростанції в Миколаївській області, що стане найбільшим приватним інвестиційним проєктом у сфері відновлюваної енергетики в Україні після 2022 року [8]. Це свідчить про високий інвестиційний потенціал галузі та готовність іноземних і українських інвесторів вкладати кошти в розвиток «зеленої» енергетики, що створює умови для масштабної модернізації енергосистеми.

Важливим аспектом є інтеграція української енергетики до європейського простору. Вітрові електростанції сприяють підвищенню частки відновлюваної енергії у загальному енергетичному балансі та дозволяють диверсифікувати джерела виробництва електроенергії. Це створює можливості для експорту електроенергії до країн ЄС та підвищує стратегічну значущість України на міжнародному енергетичному ринку.

Соціальний ефект розвитку вітрової енергетики також є значним. Створюються нові робочі місця, зростає потреба у висококваліфікованих фахівцях для обслуговування і модернізації вітропарків, стимулюється розвиток локальної інфраструктури, а місцеві громади отримують додаткові надходження до бюджетів. Це підвищує соціальну стабільність та сприяє розвитку регіонів, де розташовані вітрові об'єкти.

У комплексі економічні, екологічні, технологічні та соціальні фактори формують основу для розвитку вітрової енергетики як пріоритетного напрямку сталого розвитку України. Вітрові електростанції не лише забезпечують енергетичну незалежність і зменшують негативний вплив на довкілля, але й стимулюють економічний розвиток, створюють інноваційний потенціал та зміцнюють міжнародні позиції України на ринку відновлюваної енергетики.

Висновки. Аналіз розвитку вітрової енергетики в Україні свідчить про її ключове значення для забезпечення сталого розвитку країни, енергетичної незалежності та виконання міжнародних кліматичних зобов'язань. Значний потенціал вітрових ресурсів, особливо у прибережних та степових регіонах, створює сприятливі умови для масштабного впровадження сучасних вискооефективних технологій. Інвестиції в галузь стимулюють економічне зростання, створюють робочі місця та посилюють соціальну стабільність регіонів. Розвиток вітрової енергетики також сприяє інтеграції української енергетики до європейського простору, підвищує експортний потенціал та стратегічну значущість держави на міжнародному ринку. У сукупності

економічні, екологічні, технологічні та соціальні аспекти формують міцну основу для подальшого розширення вітрової енергетики як пріоритетного напрямку «зеленої» трансформації України.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Українська вітроенергетична асоціація. (2025). *Огляд вітроенергетичного ринку України 2024* [Електронний ресурс]. Київ. Retrieved from <https://uwea.com.ua/en/news/entry/uvea-vipustila-oglyad-vtroenergetichnogo-rinku-2024/>
- [2] Zborivets, Yu. B., & Yakimtsov, V. V. (2024). Фінансування відновлювальної енергетики в Україні: сучасний стан та майбутні тенденції. *Науковий вісник НЛТУ України*, (6), 68–75. <https://doi.org/10.36930/40340610>
- [3] Корінний, С., & Бондаренко, А. (2021). Тенденції розвитку сонячної та вітрової енергії. *Економічні науки*, 3 (91), 75. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-3-91-75>
- [4] Зайченко, С., Дерев'янка, Д., Трачук, А., & Жукова, Н. (2021). Оцінка комплексних показників прогнозування стратегічного розвитку відновлювальних джерел енергії України в структурі відновлювальної національної енергетики. *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 3 (77). <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2024.314624>
- [5] Богушевич, Є. А. (2024). *Аналіз довготривалих змін вітрового навантаження на території України* (Кваліфікаційна магістерська робота). Центральноукраїнський національний технічний університет. Retrieved from <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/15328>
- [6] Pokrovskiy, K., Mavrin, O., & Muzychak, A. (2017). Efficiency of modern wind turbines in real conditions. *Energy Engineering and Control Systems*, 3 (1), 9–14. Printing Center of Lviv Polytechnic Publishing House. Retrieved from <https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/39963>
- [7] Ukrainian Wind Energy Association. (2024). *Ukrainian Wind Energy Market Review 2024*. Київ: Altelaw та Asters. Retrieved from <https://www.altelaw.com.ua/en/ukrainian-wind-energy-market-review-2024-uwea-report-prepared-with-the-participation-of-altelaw-and-asters>
- [8] DTEK. (2025). *DTEK to invest €450 million to expand Tyligulska windfarm in largest investment since war in Ukraine began*. Київ. Retrieved from <https://renewables.dtek.com/en/media-center/press/dtek-to-invest-450-million-to-expand-tyligulska-windfarm-in-largest-investment-since-war-in-ukraine-beg>

Stebliieva A.

Wind Energy and Its Role in the Sustainable Development of Ukraine

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 331.4:614.8+004.4

ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ПЕРЕВІРКИ УМОВ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ ЗА КОМП'ЮТЕРОМ

Соколан Ю. С., к.т.н., доцент

Хмельницький національний університет

Україна, Хмельницький

sokolan.julia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0273-5719

В сучасному світі широкого застосування отримали комп'ютери як у вигляді ноутбуків, так і у вигляді персональних комп'ютерів (ПК) або моноблоків. Використання такої техніки тепер не пов'язано лише із роботою фахівців у сфері інформаційних технологій. В своїй професійній діяльності таку техніку використовують також бухгалтери, дизайнери, архітектори, перекладачі, викладачі та представники ряду інших професій. Причиною такого стрімкого поширення використання ПК в першу чергу стала наявність спеціалізованого програмного забезпечення у різних видах професійної діяльності.

При облаштуванні приміщень, в яких працівники використовують ПК необхідно забезпечити належні умови праці з метою зменшення негативного впливу шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників. Для перевірки належного стану умов праці при роботі за комп'ютером та спрощення самого процесу проведення перевірки також можна використовувати спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ). Нажаль, в сфері охорони праці наявна невелика кількість ПЗ для сфери охорони праці, що розглядається в роботах [1–5].

Використання спеціалізованого ПЗ пришвидшує роботу фахівців, спрощує виконання завдань, зменшує кількість можливих помилок, значно підвищує результативність виконання роботи. Отже, актуальною є розробка програмного засобу, за допомогою якого можна проводити перевірку умов праці при роботі за комп'ютером.

При плануванні приміщень, де працівники використовують комп'ютерну техніку протягом щонайменше 4 годин робочого часу необхідно користуватись настановами, зазначеними у Державних санітарних правилах і нормах Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин [6]. Цей документ

регламентує основні правила і вимоги щодо облаштування та проєктування приміщень з комп'ютерами, а також розміщення в них обладнання та визначають норми освітлення, мікроклімату, тощо.

При розміщенні робочих місць основними правилами є:

- мінімальна площа одного робочого місця повинна становити щонайменше 6 м²;
- мінімальний об'єм одного робочого місця повинен становити щонайменше 20 м³;
- відстань від тильної сторони одного монітору до іншого повинна бути щонайменше 2,5 м;
- відстань між бічними поверхнями двох робочих місць повинно бути щонайменше 1,2 м.

Умовно таке взаємне планування робочих місць можна представити у вигляді, який показаний на рисунку 1.

Окрім правильного розміщення обладнання в таких приміщеннях дуже важливим є забезпечення нормального рівня освітлення. Це пояснюється тим, що при постійній та довготривалій роботі за ПК очі отримуються майже найбільший шкідливий вплив, а захворювання очей – є найбільш поширеними захворюваннями в працівників, які використовують ПК.

Належний стан штучного та природного освітлення регламентується ДБН В.2.5:28-2018 Природне і штучне освітлення [7]. В роботі [8] розглядається спеціально розроблений програмний комплекс для перевірки стану природного освітлення в приміщеннях, який можна використовувати при проведенні перевірки умов праці в таких приміщеннях.

Для спрощення проведення перевірки умов праці в наявних приміщеннях з ПК або при проєктуванні нових приміщень було розроблено спеціальне програмне забезпечення, інтерфейс головного вікна якого наведено на рисунку 2.

Як видно з рисунку 2, вхідними даними для проведення розрахунків є розміри приміщення (його довжина, ширина і висота), а також дані, необхідні для розрахунку штучного освітлення в приміщенні (система освітлення, коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги, тип світильника та тип лампи). Методика, за якою проводиться розрахунок кількості робочих місць наведена у [9], а розрахунок штучного освітлення приміщення виконується методом світлового потоку відповідно до ДБН В.2.5:28-2018 Природне і штучне освітлення [7].

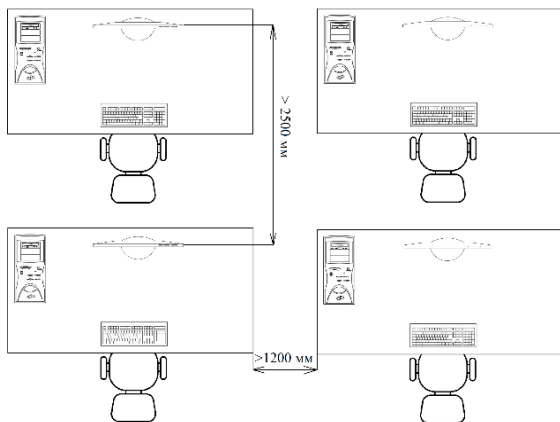


Рис. 1. Вимоги щодо взаємного розміщення робочих місць з комп'ютерами

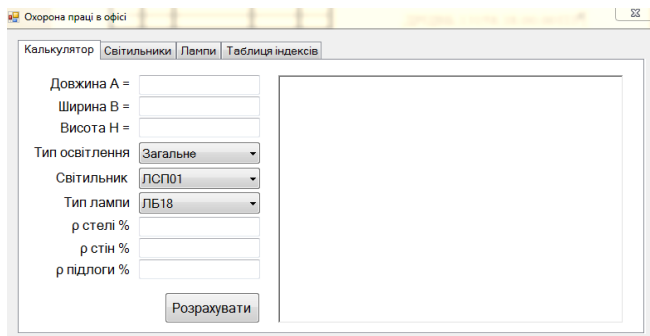


Рис. 2. Інтерфейс головного вікна розробленої програми

У програмному засобі передбачені додаткові вкладки, які називаються світильники, лампи та таблиця індексів. За замовченням у вкладці світильники та тип лампи наявні деякі види світильників та ламп, але у користувача є можливість видалити існуючі або додати нові лампи. Вкладка таблиця індексів використовується для відображення коефіцієнтів використання світлового потоку відповідно до методу світлового потоку при розрахунку загального рівномірного штучного освітлення приміщення.

В результаті виконання розрахунків у правій частині вікна програми (рис. 3) наводяться розміри одного робочого місця (його ширина та довжина), загальна кількість робочих місць, які можуть розташовуватись у приміщенні із дотриманням вимог [6], а також необхідна кількість ламп та світильників для освітлення приміщення та вартість освітлення.

Висновки. В роботі наведено опис програмного засобу, розробленого для проєктування приміщень, в яких працівники використовують комп'ютери в процесі виконання трудових обов'язків. Програмний засіб виконує розрахунок розмірів одного робочого місця та їх взаємного розміщення із дотриманням вимог чинних норм з охорони праці. Також у програмному засобі передбачено розрахунок системи загального штучного освітлення у таких приміщеннях.

Параметр	Введені дані	Результат
Довжина А	10	Довжина робочого місця а = 2,152
Ширина В	10	Ширина робочого місця b = 3,098
Висота Н	3	Робочих місць - 8
Тип освітлення	Загальне	Кількість світильників - 14
Світильник	ЛПО34	Кількість ламп - 40
Тип лампи	ЛБ30	Вартість світильників - 4494
ρ стелі %	70	Вартість ламп - 1040
ρ стін %	50	Загальна вартість - 5534
ρ підлоги %	30	

Рис. 3. Результати розрахунків, виконаних у програмному засобі

Розроблений програмний засіб може використовуватись не тільки на етапі проєктування таких приміщень, але й на етапі перевірки у вже існуючих приміщеннях належних умов праці працівників, які використовують персональні комп'ютери та ноутбуки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Соколан, Ю. С., Романішина, О. В. (2020). Аналіз програмного забезпечення для навчання та перевірки знань з охорони праці. *Вісник Хмельницького національного університету, Технічні науки*, 4 (287), 75–83.
- [2] Соколан, Ю. С., Романішина, О. В. (2023). Оптимізація наглядової діяльності з питань аналізу та обліку нещасних випадків на підприємствах шляхом створення баз даних. *Український журнал будівництва та архітектури*, 1 (013), 83–90.
- [3] Соколан, Ю. С., Романішина, О. В. (2021). Аналіз спеціалізованого програмного забезпечення з охорони праці для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму. *Вісник Хмельницького національного університету, Технічні науки*, 1 (293), 58–66.

[4] Соколан, Ю. С. (2022). *Оптимізація наглядової діяльності з виробничого травматизму*. Збірник наукових праць «Технічна творчість». № 5. Хмельницький: ХНУ.

[5] Соколан, Ю. С. (2021) *Проблематика забезпеченості спеціалізованим програмним забезпеченням в сфері охорони праці*. Всеукраїнська науково-практична конференція викладачів та фахівців-практиків «Охорона праці: Освіта і практика», Львів: ЛДУ БЖД.

[6] ДСанПІН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 10.12.1998] веб-сайт. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text> (дата звернення: 18.08.2025)

[7] ДБН В.2.5:28-2018. Природне і штучне освітлення. [Чинні від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ: Мінергійон України, 2018. 137 с.

[8] Соколан, Ю. С., Шевеля, В. В., Педгонь, І. (2022). Автоматизований підхід до оцінки стану бокового природного освітлення приміщень. *Український журнал будівництва та архітектури*, 5 (011), 100–109.

[9] Соколан, Ю. С. (2025). *Безпека життєдіяльності, охорона праці, цивільний захист та екологічна безпека*. Хмельницький: ХНУ.

Sokolan Iu

***Software for examination of working conditions when working
with the computer***

УДК: 331.45:378.147

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В НАВЧАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Грушина О. Г., старший викладач¹; Бідніченко Г. В., завідуючий лабораторією²

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв

¹olga.bidnichenko@nuos.edu.ua;²grygoriy.bidnichenko@nuos.edu.ua

У сучасних умовах реформування освіти та впровадження практико-орієнтованого навчання лабораторні роботи набувають особливого значення. Водночас зростає потреба у забезпеченні безпечного освітнього

середовища, адже нехтування правилами техніки безпеки може призвести до травм, отруєнь або аварійних ситуацій. Особливо актуальним є питання формування у здобувачів освіти відповідального ставлення до власної безпеки та безпеки оточуючих. Саме тому дослідження та впровадження ефективних заходів з охорони праці в навчальних лабораторіях є важливим завданням викладачів, адміністрації та освітньої системи загалом.

Метою дослідження є систематизація знань про техніку безпеки в навчальних лабораторіях, визначення основних ризиків, нормативних вимог та практичних заходів, що сприяють створенню безпечного освітнього середовища під час виконання лабораторних робіт.

Техніка безпеки в навчальних лабораторіях є системою організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на запобігання травмам, отруєнням та аваріям під час виконання лабораторних робіт. Основним завданням є створення безпечного освітнього середовища, де студенти можуть здобувати практичні навички без ризику для здоров'я.

До загальних принципів техніки безпеки в навчальних лабораторіях належать попередній інструктаж перед початком роботи; чітке дотримання правил поведінки з обладнанням і реактивами; наявність засобів індивідуального захисту; контроль за дотриманням санітарних норм; негайне реагування на надзвичайні ситуації.

Забезпечення техніки безпеки в навчальних лабораторіях ґрунтується на низці нормативно-правових актів, які регулюють охорону праці, санітарні норми, поведінки з небезпечними речовинами та організацію освітнього процесу. Основними документами є:

1. Закон України «Про охорону праці» – визначає загальні принципи забезпечення безпечних умов праці, включаючи освітні установи. Згідно з ним, адміністрація навчального закладу зобов'язана створити умови, що виключають ризик для життя і здоров'я студентів та працівників [1].

2. Інструкції з охорони праці – локальні документи, що містять конкретні правила поведінки в лабораторії, порядок проведення інструктажів, вимоги до засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та дії у разі аварій, під час воєнного стану [2] і у разі сигналу «Повітряна тривога» [3].

3. Накази Міністерства освіти і науки України – регламентують організацію освітнього процесу, включаючи вимоги до безпеки під час проведення практичних занять [4].

Ці документи встановлюють обов'язки адміністрації, викладачів і здобувачів освіти щодо забезпечення безпечних умов праці та навчання. Особливо актуальними вони є під час воєнного стану в Україні.

В умовах воєнного стану в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова прийнято та впроваджено в дію відповідні інструкції, в яких розглянуто дії здобувачів освіти, педагогічного складу та адміністрації при повітряних тривогах, артилерійських та ракетних обстрілах. Звернено увагу на поведінку при масових заворушеннях, при захопленні у заручники, при проведенні тимчасової евакуації співробітників та здобувачів освіти. В інструкції містяться розділи щодо дій в разі отруєння при застосуванні противником хімічних речовин. Окрему увагу зосереджено на вимогах безпеки в аварійних ситуаціях (пожежі, травми, радіація, отруєння тощо). У разі оголошення сигналу «Повітряна тривога» увесь персонал університету повинен дотримуватися відповідних правил поведінки, що викладені в інструкції[3], в якій передбачено порядок дій при проведенні очних на онлайн занять та лабораторних робіт.

При виконанні лабораторних робіт у навчальних лабораторіях існують наступні групи ризиків:

- Хімічні: отруєння, опіки, вибухи при неправильному змішуванні речовин.
- Термічні: опіки від нагрівальних приладів, відкритого полум'я.
- Механічні: порізи скляним посудом, травми від обладнання.
- Біологічні: зараження при роботі з мікроорганізмами (для біологічних лабораторій).
- Ураження електричним струмом.

Для запобігання цим ризикам необхідно дотримуватись інструкцій, використовувати ЗІЗ та проводити регулярні перевірки обладнання. Засоби індивідуального захисту – це спеціальні засоби, що захищають учасників лабораторного процесу від шкідливих впливів. До ЗІЗ належать халати, окуляри, рукавички, маски та закрите взуття. Їх використання є обов'язковим при роботі з небезпечними речовинами та обладнанням. Наявність ЗІЗ значно знижує ризик травм і отруєнь.

Перед початком лабораторних робіт кожен студент має пройти інструктаж з техніки безпеки, який може бути первинним (при першому відвідуванні лабораторії), повторним (перед кожним новим видом робіт), позаплановим (у разі змін у технології або аварій). Факт проходження інструктажу фіксується в журналі реєстрації інструктажів з охорони праці, де зазначаються дата проведення; вид інструктажу; прізвище особи, яка проводила інструктаж; прізвища студентів, які пройшли інструктаж; підписи учасників. Такий журнал є офіційним документом і забезпечує юридичну відповідальність і контроль за дотриманням вимог безпеки. Інструктаж не лише запобігає травмам, а й формує у здобувачів

освіти культуру безпечної поведінки, відповідальність за власне здоров'я та навички реагування на ризики. Це важливий етап виховання свідомого громадянина.

Викладач відповідає за проведення інструктажу перед початком роботи, перевіряє справність обладнання та слідкує за тим, щоб студенти дотримувалися правил безпеки. Це дозволяє уникнути небезпечних ситуацій і забезпечити порядок у лабораторії.

Адміністрація навчального закладу забезпечує лабораторії необхідними засобами індивідуального захисту, затверджує інструкції з охорони праці та організовує відповідне навчання. Її завдання – створити умови, в яких дотримання правил стає частиною навчального процесу.

Спільна відповідальність викладача й адміністрації допомагає підтримувати безпечне середовище, де студенти можуть спокійно працювати та навчатися.

Висновки. Під час воєнного стану безпека життєдіяльності в навчальних лабораторіях є ключовим елементом освітнього процесу, що забезпечує здоров'я та безпеку учасників. Дотримання нормативних вимог, використання засобів індивідуального захисту та проведення інструктажів дозволяють мінімізувати ризики. Відповідальність викладачів та адміністрації є визначальною для ефективного контролю. Системний підхід до безпеки проведення навчального процесу сприяє формуванню культури охорони праці серед здобувачів освіти.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1]. Закон України «Про охорону праці». Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

[2]. Інструкція з охорони праці № 134 «Безпека життєдіяльності під час воєнного стану». Взято з <https://nuos.edu.ua/wp-content/uploads/2025/03/Instrukciya-z-ohoroni-praci-134.pdf>

[3]. Порядок дій у разі оголошення сигналу «Повітряна тривога». Взято з <https://nuos.edu.ua/wp-content/uploads/2025/03/Poryadok-dij-u-razi-ogoloshennya-signalu-Povitryana-trivoga.pdf>

Grushyna O., Bidnichenko G.

Safety techniques in training laboratories when performing laboratory work under martial law

УДК 614.842.86

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОЗАХИСНОГО КОСТЮМУ ПОЖЕЖНОГО

Андрєєва А. В., к.т.н., доцент; Грушина О. Г., старший викладач
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв
antonina.andrieieva@nuos.edu.ua, olga.bidnichenko@nuos.edu.ua

Професія рятувальника належить до категорії найбільш соціально значущих та водночас небезпечних за рівнем професійного ризику. Це зумовлено специфікою виконання службових завдань у надзвичайних ситуаціях, що супроводжуються підвищеним тепловим впливом, високою вологістю, задимленістю атмосфери, значними фізичними навантаженнями та нервово-емоційним напруженням. Таким чином, діяльність рятувальників характеризується високими ерготермічними та психоемоційними навантаженнями. Сучасний розвиток науки і техніки, індустріалізація виробничих процесів із широким використанням вогнебезпечних речовин, а також тенденції до збільшення поверховості та площі громадських і промислових будівель зумовлюють необхідність постійного вдосконалення спеціального захисного одягу рятувальників. Розробка та впровадження пропозицій щодо підвищення ефективності засобів індивідуального протитеплого захисту є актуальною науково-практичною проблемою, вирішення якої дозволить знизити ризики під час аварійно-рятувальних робіт і ліквідації пожеж.

Мета роботи полягає у вирішенні актуальної науково-практичної проблеми удосконалення засобів безпеки пожежних-рятувальників під час гасіння пожеж, що має забезпечити підвищення оперативності та ефективності локалізації й ліквідації займання, а також сприяти своєчасній евакуації постраждалих особовим складом підрозділів..

Глибоке прогрівання призводить до підвищення температури шкіри і внутрішніх органів. Завдяки використанню спеціального одягу рятувальника, велика частина теплового випромінювання затримується й не досягає шкіри протягом деякого часу. Існує і ще одне джерело нагріву – сонячна радіація.[1] Її дія на рятувальника подібна до дії пожежного випромінювання, та на відміну від нього, – оказує вплив весь час знаходження рятувальників на відкритій місцевості, а це додаткове теплове навантаження. Дія Сонця істотно залежить від кліматичних факторів, однак, в ясну погоду дія пожежі і Сонця може виявитися співрозмірними. До того ж, на рятувальника діють як прямі, так і відбиті промені.

Отже, зовнішнє теплове навантаження на пожежного складається із прямих теплових потоків від пожежі і Сонця, відбитих від ґрунту променевих потоків пожежі і Сонця; конвективних потоків нагрітих газів, що обумовлені нагріванням поверхні або вітровим перенесенням гарячих продуктів горіння, кондуктивного нагріву від зіткнення з нагрітими поверхнями, іскрами або полум'ям. Крім зовнішнього, треба пам'ятати про внутрішнє теплове навантаження, обумовлене тепловіддачею при роботі м'язів людини і функціонуванням регенеративної дихальної системи. [1] Управління факторами, що визначають внутрішню теплогенерацію, здійснюється шляхом вибору керівником гасіння пожежі найбільш оптимальних режимів роботи рятувальників, диспозиції підрозділу тощо [5]. Але на практиці в екстремальній ситуації забезпечити оптимальні умови для організму рятувальника не завжди можливо. Вплив зовнішніх факторів важко регулюється.

Тому запропоновано удосконалення теплозахисного костюма системою проточного водяного охолодження, яка забезпечує в підкостюмному просторі комфортні умови роботи рятувальників, а також збереження цілісності оболонки теплозахисного костюму при тривалому впливі високих температур.

Для цього теплозахисний костюм необхідно оснастити системою відводу тепла у вигляді трубок з холодоагентом (вода або піноутворюючий склад для пожежогасіння) з температурою від 10 до 25 °С. Зовнішній шар цього костюму виконано з вогнестійкого тепловідбиваючого матеріалу – металізованої тканини з відбиваючою поверхнею. Внутрішній шар – з гігієнічного повітряпроникного матеріалу – гігроскопічного полотна типу сатину, що пропускає воду. Проміжний шар оболонки – з термостійкого нетканого матеріалу. Цей шар встановлено з проміжком з боку зовнішньої оболонки. Між проміжним і внутрішнім шарами оболонки розташовані трубки з холодоагентом, що приєднані до гнучкого шлангу, підключеному за допомогою швидкокороз'ємного з'єднання системи до вставки між рукавною лінією і пожежним стволом [4]. До гнучкого шлангу підключено пристрій для регулювання подачі холодоагенту – кран-регулятор. У нижній частині костюма знаходяться відкриті кінці трубок. Рятувальник надягає комбінезон безпосередньо перед проведенням рятувальної роботи. Перед заходом в зону підвищеного теплового випромінювання і температур, він підключає гнучкий шланг за допомогою швидкокороз'ємного з'єднання до вставки, віддає команду на подачу води в рукавну лінію і з виходом на бойову позицію відкриває кран-регулятор, заповнює трубки водою з рукавної лінії. Зниження температури зовнішнього шару костюма і

всередині костюма досягається за рахунок виносу тепла холодоагентом, що проходить по трубках, розташованих між внутрішнім і проміжним шарами оболонки. [1] Система відведення тепла видаляє з підкостюмного простору тепло, яке надходить в костюм з навколишнього середовища, і вироблене організмом рятувальника. Нагрітий холодоагент видаляється самопливом з відкритих кінців трубок та потрапляє на ґрунт і розміщені на ньому предмети, забезпечує зменшення їх температури, що додатково покращує обстановку в місті розташування ніг рятувальників.

Перевагами такої конструкції є висока ступінь надійності – відсутність механічних пристроїв з рухомими деталями, нешкідливість використовуваного холодоносія, його пожежна безпечність та економічна доступність, простота та зручність експлуатації та можливість створення модифікацій – куртки, жилетки тощо. [2] Серед недоліків – значна вага заповненого водою костюма, що обмежує оперативні можливості рятувальників. Наповнені трубки з холодоносієм можуть обмежувати рухомість суглобів, що може бути небезпечним в оперативній обстановці. Для подолання цих недоліків запропоновано модифікований варіант – захистом за допомогою трубок з холодоносієм тільки верхньої частини тіла і верхніх кінцівок. Як альтернативу системі проточного водяного охолодження також запропоновано водяний пристрій для охолодження теплозахисного костюму.

У такому пристрої задача вирішується оснащенням костюму пристроєм у вигляді радіально розташованих на рівні ший рятувальника розприскувачів, підключених до трубок з охолоджувачем.

При роботі розприскувачів утворюється важкопроникливий для інфрачервоних променів бар'єр у вигляді водяного прошарку на поверхні костюму і хмари крапель води. Вся промениста енергія спрямовується на нагрів і випаровування води. Наявність зрошення запобігає нагріву зовнішньої оболонки костюму вище температури кипіння води, тобто 100°C. Цей спосіб дозволяє зменшити товщину теплоізолюючих шарів костюму та кількість трубок з холодоагентом, зменшити вагу і жорсткість шаруватої системи, знизити обмеження рухів рятувальника [4]. При наявності палаючих іскор, водяний бар'єр забезпечує їх охолодження та гасіння, зберігаючи цілісність зовнішньої оболонки костюму. Рятувальник одягає теплозахисний костюм, оснащений таким пристроєм, безпосередньо перед проведенням рятувальної роботи. Перед заходом в зону підвищеного теплового випромінювання, підключає гнучкий шланг за допомогою швидкокорознімного з'єднання до вставки, віддає команду на подання води в рукавну лінію і з виходом на оперативну позицію відкриває кран-регулятор,

заповнюючи трубки водою з рукавної лінії. Холодоагент поступає у простір всередині костюму по трубкам, а після проходження по ним – до розприскувачів і плине по оболонці костюма у вигляді плівкоподібного шару.[3] Потік зовнішнього тепла нейтралізується захисним бар'єром із плівкоподібного водяного шару на зовнішній оболонці костюму та хмари водяних крапель. Враховуючи те, що температура холодоагенту складає від 10 до 25 °С, бар'єр поглинає значну частину внутрішньої теплоти, що генерує організм рятувальника. Отже, таким чином можна зменшити кількість трубок з холодоагентом в області тулуба та ніг і суттєво зменшити вагу костюму. В результаті розрахунків встановлено, що живлення системи водою, охолодженою до +10°C, забезпечує нагрівання водяної плівки в нижній частині костюму (ступні ніг) до +38°C, а в середній частині – близько +20...+30°C. При живленні системи водою кімнатної температури, зазначені температурні показники будуть на 10–15 °С вище. При цьому витрата води всією системою захисту складатиме 0,39 л/с.

Висновки. Запропоновано удосконалення конструкції теплозахисного костюму пожежного-рятувальника шляхом інтеграції проточної системи водяного охолодження. З огляду на виявлені недоліки існуючої моделі, обґрунтовано доцільність застосування охолодження за допомогою трубок з холодоносієм, розташованих у верхній частині костюму та в області верхніх кінцівок. Як альтернативний підхід до проточної системи водяного охолодження розглядається використання спеціального охолоджуючого пристрою. Така модифікація дозволяє зменшити товщину теплоізолюючих шарів костюму та кількість трубопроводів з холодоагентом, що, у свою чергу, знижує масу та жорсткість багатошарової структури, а також зменшує навантаження й обмеження рухів рятувальника.

Результати проведених розрахунків підтверджують ефективність застосування проточної схеми охолодження організму рятувальника із використанням засобів пожежогасіння як холодоагенту. Додатковою перевагою запропонованого рішення є збільшення терміну експлуатації спеціального захисного одягу.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УНДІЦЗ). (2019). Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2019 року. Київ: УНДІЦЗ.

[2] Видавничий дім «Гельветика». (2018). Сучасний стан цивільного захисту *України та перспективи розвитку*. Матеріали 20-ї Всеукраїнської

науково-практичної конференції (м. Київ, 9–10 жовт. 2018 р.). Київ: Гельветика.

[3] Костенко, Т. В. (2017). Охолодження теплозахисного костюму рятувальника за допомогою пінного пристрою. *Геотехнічна механіка*. Міжвідомчий збірник наукових праць, 137, 48. Дніпро.

[4] Костенко, Т. В. (2015). Можливості захисту рятувальників від теплового впливу. *Пожезна безпека: Теорія і практика*, 20, 60. Черкаси.

[5] Видавничий дім «Гельветика». (2018). *Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку*: Матеріали 20-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 9–10 жовт. 2018 р.). Київ: Гельветика.

Andrieieva A., Bidnichenko O.

Improvement of the design of the heat protective suit for fire fighters

УДК 614.84

**ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ
ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ**

Сасенко Н. В., к.т.н., доцент^{1, 1}, Скрипинець А. В., к.т.н.^{2, 2}, Березовський А. І., к.т.н., доцент^{1, 3}

¹Національний університет цивільного захисту України

²Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова

Україна, Харків

¹ORCID 0000-0003-4873-5316; ²ORCID 0000-0002-2340-023X;

³ORCID 0000-0002-4043-1206

Токсичність продуктів горіння полімерних матеріалів сьогодні є однією з ключових проблем пожежної безпеки. За статистичними даними, понад 80 % смертельних випадків на пожежах у будівлях та спорудах пов'язані не з впливом високих температур чи відкритого полум'я, а з отруєнням токсичними газоподібними речовинами, які утворюються під час горіння та термоокиснювальної деструкції полімерів [1]. До найбільш небезпечних належать монооксид вуглецю, ціанистий водень, оксиди азоту, хлористий водень, фенол та формальдегід. Ці речовини мають високу токсичність, діють комбіновано та синергічно, що суттєво ускладнює їх

гігієнічну оцінку та підвищує ризик летальних наслідків навіть при відносно низьких концентраціях [2, 3].

Особливої актуальності проблема набуває в умовах широкого використання полімерних матеріалів у будівництві, транспорті, енергетиці та авіакосмічній галузі, де вони застосовуються як конструкційні елементи, тепло- та гідроізоляція, оздоблювальні покриття і вогнезахисні системи. Високі експлуатаційні властивості полімерів поєднуються з їх підвищеною пожежонебезпечністю, що створює суперечність між технологічними перевагами та вимогами безпеки.

У контексті екології та енергозбереження дана проблема виходить за межі традиційної пожежної безпеки. Продукти горіння полімерів становлять загрозу не лише для людей у зоні пожежі, а й для довкілля, оскільки вони спричиняють вторинне забруднення атмосферного повітря, ґрунтів і водойм токсичними сполуками. Крім того, токсичність диму ускладнює роботу пожежно-рятувальних підрозділів, збільшуючи час ліквідації займання та, відповідно, втрати енергії та ресурсів.

Отже, дослідження складу і токсикологічних характеристик продуктів горіння полімерних матеріалів, а також пошук ефективних способів зниження їх небезпечності є невід'ємною складовою сучасних завдань пожежної безпеки, що безпосередньо корелюють із глобальними проблемами екології та енергозбереження.

У роботі представлено результати порівняльного аналізу складу та токсикологічних характеристик легких продуктів горіння епоксидних і епоксиретанових вогнезахисних композицій, модифікованих різними антипіренами. Дослідження виконано з урахуванням сучасних вимог пожежної безпеки та екологічних стандартів, що набуває особливої актуальності у зв'язку з широким застосуванням полімерних матеріалів у будівництві, транспорті та енергетиці.

Аналіз проводився для композицій на основі епоксидних (ЕП) [4, 5] і епоксиретанових (ЕУ) [6, 7] зв'язуючих з додаванням моно- та поліфосфату амонію, а також ко-інтеркалірованого графіту, які розглядаються як ефективні антипірени інтумесцентного типу. Дослідження здійснювали у двох режимах, що відтворюють типові сценарії пожеж: термоокиснювальна деструкція при 450 °С та полуменеве горіння при 750 °С. Отримані результати дозволили визначити як якісний, так і кількісний склад легких продуктів, серед яких домінують оксиди вуглецю, але також присутні високотоксичні сполуки – ціаністий водень, оксиди азоту, фенол, формальдегід та бензол.

У табл. наведено результати токсикологічних випробувань досліджуваних епоксидних та епоксиретанових полімерів.

Таблиця 1. Показники токсичності продуктів горіння досліджуваних епоксидних та епоксиретанових полімерів

Склади	Показник токсичності продуктів горіння			
	за температурою 450 °C		за температурою 750 °C	
	H _{CL50} , г/м ³	HbCO, %	H _{CL50} , г/м ³	HbCO, %,
ЕП	65,5±6,3	58,4±2,6	86,1±9,9	61,6±3,1
ЕП: ко-інтеркалірований графіт	52,6±5,8	60,4±3,1	78,1±7,9	64,8±3,3
ЕП: монофосфат амонію	82,5±8,4	65,6±3,2	108,6±10,9	66,8±3,4
ЕУ: ЕП: поліфосфат амонію	55,6±7,6	59,2±2,9	88,5±10,3	62,8±3,1

Особливу увагу приділено порівнянню впливу різних антипіренів на зниження рівня токсичності продуктів горіння. Встановлено, що використання фосфорвмісних добавок (МАФ та ПФА) суттєво знижує концентрації найбільш небезпечних речовин, що підтверджує їхню ефективність не лише як інгібіторів горіння, а й як засобів зменшення токсикологічного навантаження на довкілля.

Таким чином, результати роботи мають подвійне значення: з одного боку, вони розширюють наукові уявлення про механізми утворення токсичних газів при горінні полімерів, а з іншого – сприяють розробці більш безпечних і екологічно орієнтованих вогнезахисних систем.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Kim, Y., Lee, S., Yoon, H. (2021). Fire-safe polymer composites: flame-retardant effect of nanofillers. *Polymers*, 13 (4), 540.
- [2] Rudawska, A., Sarna-Boś, K., Rudawska, A., Olewnik-Kruszkowska, E., Frigione, M. (2022). Biological effects and toxicity of compounds based on cured epoxy resins. *Polymers*, 14 (22), 4915.
- [3] Głowacki, A., Rybiński, P., Czerwonka, G., Żukowski, W., Mirkhodjaev, U. Z., Železik, M. (2024). Flammability, Toxicity, and Microbiological Properties of Polyurethane Flexible Foams. *Materials*, 17 (14), 3517.
- [4] Hryhorenko, O., Zolkina, Y., Saienko, N., Popov, Y., Bikov, R. (2020). Investigation of adhesive-strength characteristics of fire-retardant epoxy polymers modified with metal-containing additives. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 907 (1), 012060.
- [5] Özmen, F. K., Üreyen, M. E., Koparal, A. S. (2020). Cleaner production of flame-retardant-glass reinforced epoxy resin composite for aviation and reducing smoke toxicity. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124065.

[6] Skripinets, A., Saienko, N., Blazhko, V., Saienko, L. (2023). Efficiency evaluation: epoxyurethane damping inserts in vibration protection systems. *Municipal economy of cities. Series: "Information Technology and Engineering"*, 4 (178), 17–26.

[7] Skripinets, A., Saienko, N. V., Hryhorenko, O., Berezovskiy, A. (2020). Development and evaluation of the possibility of using epoxyurethane mastic in railway transport. *In Materials Science Forum*, 1006, 273–281.

Saienko N., Skripinets A., Berezovskiy A.
***Environmentally Safe Thin-Layer Fireproofing Coatings for Improving
Fire Safety of Metal Structures***

УДК 331.45:614.8

ВПЛИВ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ПРОФЕСІЙНІ РИЗИКИ

Кравченко Б. Д., аспірант кафедри охорони праці та цивільної безпеки¹,
Голінько В. І., д.т.н., професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки²
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
Україна, Дніпро

¹kravchenko.bo.d@nmu.one, ²holinko.v.i@nmu.one

В сучасних умовах зростання виробничих навантажень і концентрації шкідливих факторів, підвищення вимог до безпеки праці, ефективне застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) набуває особливого значення. Але на практиці їх реальна ефективність часто виявляється нижчою, ніж заявлені нормативні характеристики, через вплив умов експлуатації. Тому вивчення впливу умов експлуатації на ефективність ЗІЗ є актуальним питанням, яке дозволяє підвищити рівень охорони праці та впровадити ефективні підходи до управління ризиками [1]. Актуальність теми також підсилюється необхідністю розробки рекомендацій щодо вибору та обслуговуванню ЗІЗ з урахуванням реальних умов їх використання. Тож, треба дослідити, як умови експлуатації впливають на ефективність ЗІЗ та пов'язані з цим професійні ризики.

У літературі зараз можна зустріти дослідження, які виявляють суттєві обмеження традиційних підходів до оцінювання захисних властивостей ЗІЗ.

Автори Cherrieetal. [2] досліджували «відносну ефективність ЗІЗ та екологічних засобів контролю», показавши, що лабораторні показники далеко не завжди корелюють із реальними умовами використання. У галузі пожежної безпеки Chakretal. [3] аналізували ефективність ЗІЗ у реальних умовах впливу хімічних агентів, демонструючи, що їх захисна властивість зменшується порівняно з лабораторними даними. Дослідження авторів [4] щодо деградації масок та рукавичок під впливом навколишнього середовища вказує на те, що полімерні матеріали розкладаються, виділяючи мікропластику й втрачаючи механічні характеристики. У роботі [5] підкреслюється, що низька прихильність до коректного носіння ЗІЗ значно послаблює їх реальну ефективність.

Таким чином, існує розрив між нормативно-лабораторними характеристиками ЗІЗ та їх дієвістю в реальних умовах – у виробничих, агресивних чи змінних середовищах. Це створює підвищений професійний ризик навіть при формально достатньому рівні захисту. Виходячи з цього, мета роботи полягає в проведенні системного дослідження впливу умов експлуатації на захисні властивості ЗІЗ, а також у формуванні практичних рекомендацій для покращення надійності їх використання в реальних виробничих середовищах.

У ході дослідження було здійснено огляд та систематизацію основних факторів, що впливають на ефективність ЗІЗ, а саме: фізико-хімічних (температура, вологість, УФ-випромінювання, агресивні хімічні середовища), механічних (абразивний знос, удари, деформації), біологічних (вплив бактерій, грибків та вірусів), а також організаційно-експлуатаційних (інтенсивність та тривалість носіння, умови зберігання, якість догляду) [2]. Досліджено, що високі або низькі температури здатні змінювати структуру матеріалів, спричиняючи втрату еластичності чи руйнування полімерних компонентів. Вплив вологи або пилу на фільтрувальні елементи респіраторів істотно підвищує опір диханню та знижує рівень очищення повітря. Постійна дія ультрафіолетового випромінювання призводить до старіння матеріалів, а контакти з агресивними хімічними агентами спричиняють деградацію структури ЗІЗ. Значний ризик становлять біологічні фактори, адже при тривалому використанні без належного очищення відбувається накопичення мікроорганізмів, що може не лише знизити ефективність захисту, але й стати джерелом додаткової небезпеки для працівника [3, 4].

Як приклад, можна навести гірничу промисловість, де працівники працюють в умовах підвищеної концентрації пилу, газів, вібрацій та

температурних коливань. У вугільних шахтах респіратори часто використовуються для захисту органів дихання від вугільного пилу та метану. Проте при високій вологості та тривалому використанні фільтрувальні елементи швидко втрачають ефективність, що може призвести до проникнення шкідливих речовин у дихальні шляхи [6]. Ще одним прикладом є використання захисного одягу в умовах відкритих кар'єрів, де працівники піддаються впливу ультрафіолетового випромінювання, вітру та абразивного пилу. Матеріали, з яких виготовлено спецодяг, можуть втрачати міцність і еластичність під дією сонця та механічного зносу. Це особливо актуально для працівників, які виконують роботи на висоті або поблизу вибухових зон, де додатково потрібен захист від ударів і тертя. У підземних рудниках, де температура може сягати понад 30 °C, а вологість понад 90 %, працівники часто стикаються з проблемою перегріву при використанні герметичних костюмів. Це не лише знижує комфорт, а й може спричинити тепловий стрес, що негативно впливає на працездатність і безпеку. В таких умовах важливо застосовувати ЗІЗ з вентиляційними елементами або матеріалами, що «дихають», а також забезпечити регулярні перерви для охолодження [7]. Також варто згадати про захист очей та обличчя при бурових роботах, де летючі частинки породи можуть спричинити травми. Захисні окуляри або щитки повинні мати антизапотівальні покриття, оскільки в умовах високої вологості вони швидко втрачають прозорість, що ускладнює огляд і підвищує ризик нещасних випадків.

Ці приклади демонструють, що ефективність ЗІЗ у гірництві залежить не лише від їх конструкції, а й від здатності адаптуватися до специфічних умов експлуатації. Тому важливо впроваджувати системний підхід до вибору, тестування та обслуговування ЗІЗ, враховуючи реальні виробничі ризики та середовище, в якому працюють люди.

Також, дослідження показали, що невідповідність ЗІЗ антропометричним параметрам користувача (наприклад, респіраторів формі обличчя) призводить до утворення щілин та втрати герметичності, а використання ЗІЗ після перевищення встановлених строків служби або без своєчасної заміни фільтрів суттєво підвищує рівень професійних ризиків. Аналіз нормативної бази та практики експлуатації ЗІЗ підтвердив, що недотримання інструкцій виробника, відсутність належного навчання персоналу, а також використання несертифікованих виробів призводять до фактичного зниження ефективності системи охорони праці. При цьому відомі методики оцінки ЗІЗ рідко враховують сукупний вплив факторів, обмежуючись лише лабораторними випробуваннями, що не відображають реальних умов експлуатації [7, 8].

Крім того, окрім технічних ЗІЗ, важливо враховувати психофізіологічні аспекти їх використання. Тривале носіння респіраторів, захисних костюмів або касок може спричинити втому, головний біль, порушення терморегуляції, що негативно впливає на концентрацію уваги працівника. Це особливо актуально для гірничих умов, де температура, вологість і фізичне навантаження є підвищеними. Тому при виборі ЗІЗ слід враховувати не лише рівень захисту, а й комфорт та ергономіку [9]. Цифрові технології відкривають нові можливості для контролю за станом ЗІЗ. Наприклад, використання QR-кодів на елементах захисту дозволяє автоматизувати облік, контролювати терміни експлуатації, фіксувати факти обслуговування та заміни. Впровадження таких систем на гірничих підприємствах сприяє підвищенню дисципліни використання ЗІЗ та зниженню ризиків, пов'язаних із людським фактором. Персоналізація ЗІЗ є ще одним важливим напрямом розвитку. Сучасні технології, такі як 3D-сканування обличчя, дозволяють виготовляти респіратори, які щільно прилягають до шкіри, забезпечуючи герметичність і комфорт. Врахування анатомічних особливостей, алергічних реакцій та специфіки професійної діяльності дозволяє створювати засоби захисту, які не лише ефективні, а й зручні у використанні [7].

Отримані результати проведених досліджень дозволяють стверджувати, що для підвищення ефективності використання ЗІЗ необхідно впроваджувати ризик-орієнтований підхід, який передбачає вибір засобів захисту з урахуванням конкретних умов виробничого середовища, систематичний контроль їх стану, своєчасне обслуговування та заміну. Необхідно також проводити регулярні інструктажі для працівників, спрямовані на формування навичок правильного використання та догляду за ЗІЗ, впроваджувати системи моніторингу фактичних умов експлуатації (температури, вологості, концентрації шкідливих речовин) та інтегрувати результати у процедури управління ризиками. Впровадження цифрових інструментів може значно підвищити ефективність цієї роботи.

Отже, умови експлуатації мають вирішальний вплив на рівень професійних ризиків, пов'язаних із застосуванням ЗІЗ. Зниження захисних властивостей відбувається під дією фізико-хімічних, механічних та біологічних факторів, а також через організаційні недоліки у виборі та використанні ЗІЗ. Практичне значення отриманих результатів полягає у формуванні комплексу рекомендацій: правильний вибір та індивідуальне підлаштування ЗІЗ; регулярний контроль технічного стану, заміна елементів, що зношуються; дотримання умов зберігання та інструкцій виробника; навчання персоналу та впровадження ризик-орієнтованого

підходу до управління системою охорони праці. Реалізація цих заходів дозволить мінімізувати професійні ризики та забезпечити більш надійний захист працівників у реальних виробничих умовах. Таким чином, підвищення ефективності ЗІЗ можливе лише за умови комплексного підходу, який включає технічну, організаційну, освітню та цифрову складові. Умови експлуатації мають бути не просто враховані, а інтегровані у процес вибору, використання та оцінки ЗІЗ. Це дозволить не лише знизити рівень професійних ризиків, а й сформувати нову культуру безпеки, орієнтовану на реальний захист працівника.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Марина Середа. Засоби індивідуального захисту працівників. *Сайт Служба охорони праці*. Взято з <https://pro-op.com.ua/article/130-zasobi-individualnogo-zahistu-pratsvnikv-na-virobnitstv>
2. Cherrie MPC, etal. (August 2025). The relative effectiveness of personal protective equipment and environmental control sinprotecting health care workers from Covid-19. *Annals of Work Exposuresand Health*, 69 (7), 777–788. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaf040>.
3. Chakr, N, etal. (2024). The role of personal protective equipment (PPE) inreducing firefighter exposure to chemical hazards. *A systematic review*, 21 (11), 831–841. <https://doi.org/10.1080/15459624.2024.2400237>.
4. De-la-Torre, G. (2022). Physical and chemical degradation of littered personal protective equipment (PPE) under simulated environmental conditions. *Marine Pollution Bulletin*. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.113587.
5. Кравченко, Б. Д., Голінько, В. І. (2025). Критерії вибору засобів індивідуального захисту з урахуванням інтегральної оцінки ризиків. «*Наукова весна*» 2025: Матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 26–28 березня 2025 року / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». Дніпро: НТУ «ДП», С. 137–138.
6. Голінько, В. І., Третьякова, Л. Д., Чеберячко С. І. (2017). Проектування засобів індивідуального захисту працюючих: навч. посіб., М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т, Дніпро: НГУ, 181 с.
7. Голінько, В. І., Чеберячко, С. І., Дерюгін, О. В., Чеберячко, Ю. І., Радчук, Д. І. (2021). Засоби індивідуального захисту: типи, вимоги, рекомендації: навч. посібник. Дніпро, 95 с.
8. НПАОП 0.00-1.04-07. Про затвердження Правил вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання, затверджений

Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 28.12.2007 № 331 Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-08#Text>.

9. Гандзюк, М. П., Желібо, Є. П., Халімовський, М. О. (2011). Основи охорони праці: підручник. 5-е вид. / за ред. М. П. Гандзюка. К.: Каравела, 384 с.

Kravchenko B., Holinko V.

Impact of Operating Conditions on the Protective Performance of Personal Protective Equipment and Associated Occupational Risks

УДК 614.842

**ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТОНКОШАРОВІ
ВОГНЕЗАХИСНІ ПОКРИВИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Березовський А. І., к.т.н., доцент¹, Саєнко Н. В., к.т.н., доцент²,

Копил Б. Я.³

Національний університет цивільного захисту України

Україна, Харків

¹ORCID 0000-0002-4043-1206; ²ORCID 0000-0003-4873-5316;

³ORCIDiD 0000-0002-2995-3927

Проблема забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд набуває особливої актуальності в умовах інтенсивного розвитку сучасного будівництва, урбанізації та зростання техногенного навантаження на середовище. Металеві конструкції, які є основою більшості промислових, цивільних та транспортних об'єктів, широко застосовуються завдяки своїй високій міцності, надійності, швидкості монтажу та технологічності. Водночас вони мають суттєвий недолік – різке зниження несучої здатності під впливом високих температур. Уже при 500–600 °C сталь втрачає до 50 % своєї міцності, а при подальшому підвищенні температури цей показник зменшується ще більше, що може призвести до швидкої втрати стійкості та прогресуючого руйнування несучих елементів [1, 2]. Наслідком цього є підвищений ризик обвалення будівельних конструкцій у перші хвилини пожежі, що становить загрозу життю людей, ускладнює проведення рятувальних робіт та завдає значних матеріальних збитків. Враховуючи

поширеність сталевих конструкцій у каркасному будівництві, торговельно-логістичних комплексах, промислових підприємствах і транспортній інфраструктурі, питання підвищення їх вогнестійкості є стратегічно важливим завданням для забезпечення пожежної безпеки на об'єктах різного призначення.

Застосування вогнезахисних покриттів є одним із найбільш ефективних методів пасивного пожежного захисту, що дозволяє значно збільшити час збереження несучої здатності конструкцій [3]. Традиційні вогнезахисні системи на орґано розчинній основі мають низку обмежень: високу токсичність летких орґанічних сполук, небезпеку під час нанесення та негативний вплив на довкілля. Це суперечить сучасним тенденціям екологічної безпеки та енергозбереження.

Водно-дисперсійні покриття реактивного типу є перспективним напрямком, оскільки поєднують високу вогнезахисну ефективність із екологічною безпекою та зниженням пожежо- й вибухонебезпечності під час виконання робіт. Важливою їх перевагою є тонкошаровість, що забезпечує мінімальне навантаження на конструкцію та дозволяє застосовувати такі покриття навіть на елементах складної конфігурації, де інші способи захисту є менш ефективними або неможливими. Таким чином, дослідження впливу складу водно-дисперсійних покриттів реактивного типу на вогнезахисні властивості металевих конструкцій є актуальним як з позицій підвищення пожежної безпеки, так і з погляду екології та енергозбереження [4, 5].

Метою роботи є експериментальне обґрунтування впливу співвідношення ключових компонентів реактивних покриттів (поліфосфат амонію (ПФА), пентаеритрит (ПЕ), гідроксид алюмінію ($\text{Al}(\text{OH})_3$)) на формування теплоізоляційного шару, його структурну міцність та ефективність вогнезахисної дії тонкошарових водно-дисперсійних покриттів для захисту металевих конструкцій. Дослідження спрямоване на підвищення рівня пожежної безпеки будівель при одночасному забезпеченні екологічної доцільності та енергоефективності захисних технологій.

У роботі використано стирол-акрилову водну дисперсію Acronal 290 D як екологічно безпечний плівкоутворювач. Експериментальні випробування проводилися за такими показниками: кисневий індекс (оцінка горючості), коефіцієнт спучення (ефективність утворення теплоізоляційного шару), механічна міцність пінококсу (стійкість до руйнування) та група вогнезахисної ефективності відповідно до чинних стандартів.

У табл. наведені дані коефіцієнту спучення (K_c), міцності пінококсу (F), втрати маси після випробування на визначення вогнезахисної

ефективності (D_m) та групи вогнезахисної ефективності тонкошарових покривів (товщиною $2 \text{ мм} \pm 0,2$) на основі стирол-акрилової дисперсії наповненої ПФА в кількості 25 мас.% та спільного поєднання ПЕ та $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Таблиця 1. Показники вогнезахисної ефективності тонкошарових водно-дисперсійних покриттів залежно від складу компонентів

Склад покриття, мас.% ПЕ/ $\text{Al}(\text{OH})_3$	K_s	$F, \text{ г/см}^2$	Втрата маси, $D_m, \%$	Група вогнезахисної ефективності
15/40	9,6	11,5	3,7	I
20/40	6,3	18,2	3,4	I
25/40	11,6	18,5	2,5	I

У результаті експериментальних випробувань встановлено, що всі розроблені тонкошарові водно-дисперсійні покритви реактивного типу відповідають першій групі вогнезахисної ефективності. Найбільш раціональним складом визначено систему з вмістом ПФА – 25 мас.%, ПЕ – 15–25 мас.% та $\text{Al}(\text{OH})_3$ – 30–40 мас.%. Сформований пінококс має дрібнопористу рівномірну структуру без мікротріщин і порожнин, що забезпечує підвищену теплоізоляційну здатність і стійкість до дії високих температур. Це підтверджує доцільність використання таких екологічно безпечних покриттів для підвищення пожежної безпеки металевих конструкцій.

Тонкошарові водно-дисперсійні покритви реактивного типу мають високу актуальність для сучасного будівництва, оскільки поєднують екологічну безпечність (низький рівень ЛОС, зменшення негативного впливу на довкілля та умови праці) з належним рівнем пожежної безпеки для металевих конструкцій. Їх застосування дозволяє підвищити вогнестійкість будівельних елементів та забезпечити комплексний захист споруд у відповідності до вимог сталого розвитку.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Беліков, А. С., Коваленко, О. В., Клименко, Г. О., Харченко, В. В. (2022). До питання зниження горючості та підвищення вогнестійкості металевих конструкцій. *Український журнал будівництва та архітектури*, 4 (010), 20–25.

[2] Kodur, V., Dwaikat, M., Fike, R. (2010). High-temperature properties of steel for fire resistance modeling of structures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22 (5), 423–434.

[3] Березовський, А., Биченко А, Копил Б. (2022). Fire protection of metal structures with inflating coatings (overview). *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*, 6 (2), 109–116.

[4] Демідов, Д. В., Саєнко, Н. В., Биков, Р. О., Саєнко, Л. В., Ільєнко, К. О. (2019). Спрямоване регулювання горючості та вогнезахисних характеристик лакофарбових покриттів. *Інтегровані технології та енергозбереження*, 1, 52–60.

[5] Березовський, А., Копил, Б., Іщенко, І., Саєнко, Н. (2023). Вплив співвідношення вогнезахисних компонентів на вогнезахисну ефективність покриттів металевих конструкцій на водній основі. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*, 7 (2), 19–28.

Berezovskyi A., Saienko N., Kopyl B.
***Environmentally Safe Thin-Layer Fireproofing Coatings For Improving
Fire Safety Of Metal Structures***

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

УДК504.631.4.37.013

ГРУНТИ УКРАЇНИ: ВІД ПЕРШИХ ДИТЯЧИХ ДОСЛІДНИЦЬКИХ ВРАЖЕНЬ ДО ШЛЯХІВ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ СТРАТЕГІЧНОГО РЕСУРСУ

Некос А. Н., д.геогр.н., проф., професор кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи, Уварова С. Д., студентка 3 курсу, бакалавр
Навчально-науковий інститут екології, зеленої енергетики та сталого розвитку

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Харків, Україна

nekos@karazin.ua, sofiiia.uvarova@student.karazin.ua

В умовах масштабної деградації ґрунтів, посиленої збройною агресією в Україні, інтеграція наукових підходів із освітніми практиками для школярів і студентів набуває особливого значення. Війна спричинила руйнування і забруднення ґрунтів, сформувавши новий вид деградації – «мілітарний», який охопив понад 15 млн га сільськогосподарських земель.

Звісно, за таких умов необхідно розробляти стратегічні плани відновлення найважливішого ресурсу – ґрунтів, використовуючи всі доступні можливості. Одним з таких напрямків у післявоєнному відновленні ресурсів можна вважати формування екологічної свідомості дітей і дорослих як стратегічної умови сталого розвитку України [1, 3]. Такий підхід, на наш погляд, надасть поштовх для створення методичних розробок, наприклад, для школярів середньої школи. В Україні існує суттєвий дефіцит освітніх програм із практичним екологічним спрямуванням, що є критично важливим для підготовки молодого покоління до викликів з відновлення земельних ресурсів.

Слід відзначити, що освітня ґрунтознавча діяльність у вигляді польових практикумів для школярів може мати подвійну цінність: вони не лише сформулюють принципи про збереження ґрунтів та уявлення про властивості ґрунту, але й забезпечать набуття досвіду наукової діяльності, який у перспективі може трансформуватися у готовність до участі у складніших дослідницьких і природоохоронних проєктах. Крім того, подібні практики

створюють підґрунтя для розвитку так званої «громадської науки»: картографування стану деградованих ґрунтів на локальному рівні (фермерське господарство, заповідник), відстеження динаміки функціонування ґрунтів у часі тощо.

Водночас подібні практики можуть виконувати виховну функцію: допомога школярам в усвідомленні ґрунту як складної системи та стратегічний природний ресурс. Розширення практики польових ґрунтознавчих занять створить передумови для формування екологічної та природоохоронної свідомості школярів.

Таким чином, поєднання освітніх і дослідницьких завдань у рамках навчальних практикумів забезпечує розвиток екологічної наукової грамотності та накопичення корисної інформації для природоохоронних установ і місцевих громад. Такий підхід сприяє формуванню відповідальності за охорону природних ресурсів і ефективне управління ними, особливо в умовах післявоєнної відбудови країни[2].

З метою практичного втілення зазначених концепцій автори почали розробку циклу методичних навчальних матеріалів для учнів 5–7 класів, що передбачає організацію навчально-дослідницьких занять на базі об'єктів ПЗФ (у нашому випадку – Національного природного парку «Слобожанський»). Наприклад, ґрунтознавчий практикум передбачає ознайомлення школярів із ґрунтом як індикатором екологічного стану довкілля та формування базових навичок польових досліджень. У ході заняття школярі відбирають зразки ґрунту з різних біотопів (галявина, узлісся, прибережна зона водойми) та різних ґрунтових шарів, що забезпечить можливість порівняльного аналізу. Для кожного зразка ґрунту юні дослідники повинні визначити у лабораторних умовах під керівництвом наукового співробітника наукової частини національного парку: колір ґрунту, структуру, вологість, кислотність, швидкість інфільтрації, наявність органічних решток і ґрунтової фауни. Отримані результати діти повинні зафіксувати у стандартних бланках спостережень. Потім школярі оформлюють у звіт результати своїх польових і лабораторних досліджень, доповідають про них, після чого важливо провести аналітичні порівняння, отриманих у всіх дослідницьких групах, результатів. Важливо підкреслити, що всі дослідження відповідають принципам екологічної безпеки: зразки відбираються без істотного порушення ґрунтового профілю, ділянки після завершення роботи рекультивуються, а результати досліджень документуються.

Під час виконання подібних завдань школярі мають можливість ознайомитися з типовими відмінностями між ґрунтами різних біотопів.

Зокрема, на прикладі галявин демонструється краща структура та більший вміст органічних решток, тоді як для узлісь і прибережних ділянок характерними є підвищена кислотність і ущільнення. Зміни вологості (вища у прибережних зонах, нижча у підлісних) слугують ілюстрацією залежності життєдіяльності ґрунтових організмів від умов середовища. На ділянках з антропогенним навантаженням учні можуть простежити вплив людської діяльності на стан ґрунту.

Таким чином, навчально-дослідницькі практикуми з ґрунтознавства мають значний освітній потенціал, навіть за умов обмеженого часу та мінімального використання обладнання. Їхня цінність полягає не стільки у здобутті нових результатів, скільки у створенні можливостей для учнів засвоювати базові принципи польових досліджень, навчатися працювати з даними та робити первинні висновки. Такі заняття сприяють розвитку дослідницьких компетентностей, формують навички колективної роботи й критичного аналізу, що є важливими складовими сучасної природничої освіти.

Методологічна цінність представлених розробок полягає в інтеграції кількох дослідницьких підходів – польових досліджень, описового аналізу, простих фізико-хімічних вимірювань і спостережень за ґрунтовою біотою. Така комплексність дозволяє сформувати цілісне уявлення про екологічний стан ґрунтів на певній території.

У підсумку слід констатувати, що впровадження подібних методик у систему середньої освіти має стратегічне значення. З одного боку, воно сприяє поширенню екологічних знань і формуванню ціннісного ставлення до довкілля серед школярів. З іншого – забезпечує практичну користь: дозволяє відстежувати локальні зміни у стані ґрунтів і водночас підсилює науково-популярний напрям діяльності природоохоронних установ. Для України, яка перебуває у процесі подолання масштабних втрат екологічних послуг від ресурсів, така інтеграція освітніх і наукових практик постає необхідною умовою вироблення ефективної стратегії збереження ґрунтів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Балюк С. А. (2024). Війна перетворила українські чорноземи на найбільш пошкоджені бойовими діями землі. *The Ukrainian Farmer*. Взято з <https://landlord.ua/news/150402/>

[2] Профспілка працівників освіти і науки України. (2021). Екологічна освіта має стати основним компонентом навчальних програм усіх країн до 2025 року. Взято з <https://pon.org.ua/novyny/8746-ekologchna-osvta-maye-stati-osnovnim-komponentom-navchalnihprogram-ush-krayin-do-2025-roku.html>

[3] Балюк С. А., Кучер А. В., Солоха М. О., Соловей В. Б. (2023). Екодія. Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: оцінка шкоди та виклики відновлення ґрунтів. Київ. Взято з <https://agrovisnyk.com/books/978-966-540-612-9.pdf>

Nekos A., Uvarova S.

***Soils of Ukraine: from the first childhood impressions
to a strategic resource of post-war recovery***

УДК 502/504

**ДО ПИТАННЯ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ
ПРИРОДИ УКРАЇНИ**

Віціук А. А., к.пед.н., доцент
Міжнародна академія екології та медицини
Україна, Київ
ORCID: 0000-0003-2216-8536

Проблема відновлення України загалом та української природи зокрема, яка частково зруйнована або знищена повністю через повномасштабне вторгнення росії на територію нашої держави, є однією з найбільш пріоритетних та важливих на сьогодні.

За даними Всесвітнього фонду дикої природи, за час війни в Україні постраждали щонайменше 812 об'єктів природно-заповідного фонду площею 0,9 мільйона гектарів. Під загрозою знищення – 2,9 мільйона гектарів територій Смарагдової мережі. У зоні ризику перебувають 17 водно-болотних угідь міжнародного значення, які мають унікальне біорізноманіття. Окупованими лишаються 514 об'єктів природно-заповідного фонду площею 0,80 мільйона гектарів [3].

Нагадаємо про те, що Європейський Союз ще у 2022 році представив Закон про відновлення природи. Цілі щодо відновлення природи в різних екосистемах застосовуватимуться до кожної країни-члена ЄС, доповнюючи закони, що вже діють. З-поміж найважливіших аспектів можна виокремити такі:

1. Припинення зменшення популяції запилювачів до 2030 року та збільшення їхньої популяції з цього моменту.

2. Відсутність чистої втрати зелених міських просторів до 2030 року, збільшення на 5 % до 2050 року, мінімум 10 % покриття кронами дерев у

кожному європейському місті, містечку та передмісті та чистий приріст зелених зон, інтегрованих у будівлі та інфраструктуру,

3. У сільськогосподарських екосистемах, загальне збільшення біорізноманіття та позитивна тенденція для лукових метеликів, птахів на сільськогосподарських угіддях, органічного вуглецю в мінеральних ґрунтах ріллі та ландшафтних особливостей високого різноманіття на сільськогосподарських землях,

4. Відновлення та перезволоження осушених торфовищ сільськогосподарського використання та в місцях видобутку торфу.

5. У лісових екосистемах загальне збільшення біорізноманіття та позитивна тенденція щодо зв'язності лісів, валежної деревини, частки різновікових лісів, лісових птахів та запасу органічного вуглецю,

6. Відновлення морських середовищ існування, таких як морські трави або осадові дна, а також відновлення середовищ існування знакових морських видів, таких як дельфіни та морські свині, акули та морські птахи,

7. Усунення річкових бар'єрів, щоб до 2030 року щонайменше 25 000 км річок перетворилися на вільнотекучі [1].

Метою повоєнного відновлення природи України повинно бути не повернення довоєнного стану екосистем, а побудова абсолютно нової системи управління природними ресурсами, при якій цінність та цілісність довкілля матиме таке ж значення, як і цінність та цілісність суспільства. Планування відбудови країни має бути нероздільно пов'язане із візією сталого майбутнього для наступних поколінь. Тож, нам потрібні системні зміни як у багатьох секторах держави, так і у суспільстві.

Всі заходи з відбудови мусять враховувати екологічний вимір, щоб нова Україна була комфортною та безпечною для всіх українців та українок. «Зелене» відновлення ґрунтується на:

- охороні природи та кліматична політика у всіх секторах – це аспект, який повинен бути вписаний у кожне політичне чи адміністративне рішення так само нерозривно, як людина пов'язана з природою;
- відновленні, яке має слугувати потребам суспільства та сприяти сталому розвитку;
- розвитку зеленої економіки;
- впровадженні та суворому дотриманні екологічних стандартів на всіх рівнях;
- залученні громадськості та громад до прийняття рішень, що пов'язані з довкіллям.

Крім того, під час відновлення промислових об'єктів варто впроваджувати кліматично нейтральні технології, встановлювати сучасні

фільтри, змінювати лінії виробництва. Для відновлення доріг краще використовувати деякі види вжитих пластиків та безпечні промислові відходи, а для відбудови будинків – будівельні відходи[2].

Отже, відновлення довкілля України може стати унікальним науковим викликом та серйозним проєктом для вчених не тільки нашої країни, але й усього світу. Повернути українську природу до того стану, який був до воєнних дій, неможливо, але можна активізувати весь людський науковий потенціал, щоб покращити ситуацію та дати екосистемам поступово оновитися.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Закон Про відновлення природи створив умови для того, щоб ЄС став лідером узбереженні біорізноманіття. Режим доступу: <https://ecolog-ua.com/news/zakon-pro-vidnovlennya-pryrody-stvoryv-umovy-dlya-togo-shchob-yes-stav-liderom-u-zberezheni>

[2] Принципи повоєнного відновлення природи України. Режим доступу: <https://www.savednipro.org/povoyenne-vidnovlennya/>

[3] 5 порад, як відновити довкілля в Україні після війни – Всесвітній фонд дикої природи. Режим доступу: <https://www.holosameryky.com/a/dovkillya-ukrainy/7421920.html>

Vitsiuk A.

On the Issue of Post-war Restoration of Ukraine's Nature

ОХОРОНА МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 504.054:338.1

ВПЛИВ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МОРСЬКИХ ПОРТІВ НА ПРИБЕРЕЖНІ ЕКОСИСТЕМИ ТА ШЛЯХИ ЙОГО МІНІМІЗАЦІЇ

Літвак С. М., к.т.н., професор НУК; Гродзицький А. С., магістрант
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, Миколаїв
sergiy.litvak@nuos.edu.ua; hrodzysky12@gmail.com

Морські порти є ключовими об'єктами транспортної інфраструктури, що забезпечують міжнародну торгівлю та економічний розвиток регіонів. Водночас інтенсивна господарська діяльність у портових акваторіях та на прилеглих територіях призводить до значного антропогенного навантаження на прибережні екосистеми. Основними чинниками негативного впливу виступають скиди забруднених стічних вод, витоки нафтопродуктів, накопичення відходів, інтенсивний рух суден, а також техногенне порушення гідрологічного режиму [1]. Це зумовлює погіршення якості води, зниження біорізноманіття та трансформацію природних ландшафтів.

Метою роботи є дослідження основних факторів впливу виробничої діяльності морських портів на стан прибережних екосистем та визначення напрямів мінімізації екологічних ризиків.

Для оцінки впливу портів на прибережні екосистеми необхідно враховувати комплексну взаємозалежність обсягів перевалки, типу вантажів та технічного рівня портової інфраструктури, оскільки саме цей комплекс факторів визначає характер і масштаб негативних екологічних наслідків.

Збільшення обсягів вантажоперевалки призводить до більшого навантаження на водну акваторію та берегову смугу: зростає кількість стічних вод, ризик витоків нафтових продуктів, утворення осадів та механічного забруднення.

Тип вантажів визначає специфіку забруднення. Наприклад, перевалка нафтопродуктів і хімічних речовин підвищує ризик хімічного забруднення води та донних відкладів, зернових та органічних вантажів – спричиняє накопичення органічних решток та евтрофікацію акваторії, а металевих вантажів – підвищення концентрації важких металів у донних відкладах.

Технічні характеристики портових споруд також впливають на екологічну ситуацію: старі причали з недостатніми системами збору стічних вод та відходів або з низьким рівнем автоматизації перевалки створюють додаткове механічне та хімічне навантаження [2]. Сучасні термінали з закритими системами зберігання вантажів, автоматизованим управлінням стічними водами та технологіями утилізації відходів зменшують інтенсивність забруднення та дозволяють підтримувати більш стабільний екологічний стан прибережних зон.

Основними видами негативного впливу на прибережні екосистеми є:

- забруднення водного середовища нафтовими продуктами, важкими металами, продуктами корозії та стічними водами від промислових і транспортних об'єктів.
- акустичне та вібраційне навантаження від вантажних операцій і руху суден, що дестабілізує природні біоценози.
- порушення гідрологічних умов унаслідок днопоглиблювальних робіт, будівництва гідротехнічних споруд та зміни течій.
- накопичення відходів від експлуатаційної діяльності, що створює загрозу вторинного забруднення прибережних територій [3].

Прибережні екосистеми мають високу вразливість через обмежену здатність до самовідновлення. Накопичувальний характер забруднень призводить до довготривалого зниження екологічного потенціалу, що проявляється у деградації біорізноманіття, зменшенні популяцій рибних ресурсів, евтрофікації акваторій та погіршенні санітарно-гігієнічного стану вод.

Для зменшення впливу портової діяльності необхідно впроваджувати сучасні технології очищення стічних вод, системи моніторингу стану довкілля, енергоефективні технології перевалки та зберігання вантажів, а також інтегроване управління прибережними територіями (табл. 1).

У світі питання екологізації портів набуває все більшої уваги через глобальні виклики, пов'язані з кліматичними змінами, деградацією прибережних екосистем і зростанням обсягів морських перевезень. Однією з ключових концепцій у цій сфері є «зелені порти» (Green Ports), яка передбачає комплексний підхід до мінімізації негативного впливу портової діяльності на навколишнє середовище та оптимізацію ресурсоспоживання [4].

Концепція «зелені порти» включає такі основні напрями:

1. Контроль і зменшення забруднення води – впровадження сучасних очисних споруд, систем збору стічних вод та переробки відходів, що дозволяє зменшувати потрапляння шкідливих речовин у прибережні акваторії.

Таблиця 1. Джерела забруднення, наслідки та можливі заходи мінімізації негативного впливу виробничої діяльності морських портів на прибережні екосистеми

Джерело забруднення	Основні екологічні наслідки	Заходи мінімізації негативного впливу
Стічні води від промислових та портових об'єктів	Погіршення якості води, накопичення токсичних речовин, евтрофікація	Впровадження систем очищення стічних вод, регулярний моніторинг якості води, контроль скидів
Витоки нафтопродуктів і хімікатів	Забруднення донних відкладів, отруєння водних організмів	Використання спеціальних бонів і сорбентів, автоматизоване відстеження витоків, навчання персоналу
Інтенсивний рух суден та вантажоперевалки	Акустичне та вібраційне навантаження, порушення біоценозів	Планування маршрутів руху суден, зменшення швидкості в прибережних зонах, використання тихих технологій перевалки
Днопоглиблювальні роботи та будівництво споруд	Зміна течій, ерозія берегової смуги, порушення нерестовищ	Екологічне проектування споруд, контроль осадових процесів, відновлення прибережних територій
Накопичення твердих відходів	Вторинне забруднення води і ґрунту, загроза флорі та фауні	Організація збору і утилізації відходів, сортування сміття, повторне використання матеріалів

2. Зменшення атмосферного забруднення – використання електротяги для портової техніки, переходу на низьковуглецеве паливо, впровадження систем зменшення викидів від суден на стоянках.

3. Енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії – встановлення сонячних панелей, вітрових установок, оптимізація споживання електроенергії та впровадження енергоефективних технологій перевалки вантажів.

4. Моніторинг та охорона біорізноманіття – постійний контроль стану води, ґрунту та флори і фауни, впровадження заходів із збереження природних екосистем у прибережних зонах.

5. Управління відходами та впровадження принципів циркулярної економіки – сортування, переробка та повторне використання відходів, мінімізація небезпечних матеріалів.

Можна навести наступні приклади успішної реалізації концепції «зелені порти». Роттердамський порт (Нідерланди) – один із найекологічніших портів світу, де функціонують комплексні очисні споруди для стічних вод, системи моніторингу якості води та біорізноманіття, а також проекти з використання відновлюваних джерел енергії на території порту. У Гамбурзькому порту (Німеччина) – впроваджено систему екологічної сертифікації портових операторів, технології утилізації відходів та контроль викидів від вантажоперевалки, що значно знижує негативний вплив на річку Ельбу та прибережні екосистеми [5]. Порт Лос-Анджелес (США) реалізує програму Green Port Policy, яка включає електрифікацію портового обладнання, використання низьковуглецевого палива, системи моніторингу повітря та води, що дозволяє зменшити забруднення і поліпшити якість життя у припортових районах.

Впровадження таких практик демонструє, що комплексний підхід до екологізації портів дозволяє не тільки зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище, але й підвищити економічну ефективність портових операцій за рахунок оптимізації ресурсів та інтеграції принципів сталого розвитку.

Адаптація концепції «зелені порти» для українських портів дозволить не лише знизити екологічні ризики, а й покращити міжнародний імідж портів, сприяти залученню інвестицій та підвищенню економічної ефективності за рахунок оптимізації ресурсів. В Україні такі заходи поки що застосовуються фрагментарно.

Окремої уваги заслуговує досвід Морського торговельного порту «Південний», де впроваджено сучасну систему екологічного менеджменту, що відповідає міжнародному стандарту EN ISO 14001:2015 [6]. Вона включає комплексний моніторинг стану водного середовища, регулярний контроль викидів та відходів, а також інтеграцію екологічних критеріїв у процеси стратегічного планування діяльності порту. Крім того, у порту реалізуються проекти з модернізації очисних споруд, використання енергоощадних технологій та оптимізації логістики з метою зменшення вуглецевого сліду. Ці практики дозволили суттєво знизити навантаження на прибережні екосистеми та підвищити рівень екологічної безпеки регіону.

З огляду на позитивні результати, постає нагальна потреба у масштабуванні досвіду порту «Південний» на інші українські порти. Це сприятиме:

- уніфікації екологічних стандартів портової діяльності;
- формуванню єдиної системи моніторингу та контролю;

- зменшенню регіональної нерівності у впливі портів на довкілля;
- підвищенню конкурентоспроможності українських портів у світовій транспортно-логістичній системі.

Висновки. Виробнича діяльність морських портів має комплексний вплив на прибережні екосистеми, проявляючи себе у погіршенні якості води, деградації біорізноманіття та зростанні екологічних ризиків. Досвід провідних морських портів світу демонструє ефективність комплексного підходу до екологізації виробничих процесів, що може бути адаптований для українських умов. Для забезпечення стійкого розвитку портової інфраструктури в Україні необхідно поєднувати економічні інтереси з екологічними заходами, запроваджувати сучасні технології очищення та моніторингу стану довкілля, а також розвивати нормативно-правову базу для управління прибережними екосистемами.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Барановська В. Ф. (2024). Екологічний контроль у морських портах України: програмне правове регулювання. *Центральноукраїнський вісник права та публічного управління*, 3. 7–13.
- [2] Ярова А. (2015). Відповідальність держав за забруднення морського середовища. *Національний юридичний журнал: теорія і практика*. 259–264.
- [3] Шкурко Є. Л., Безклубна Н. Л. (2023). Екологічна стійкість портової інфраструктури: впровадження зелених технологій та енергоефективних рішень. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 34 (73), 5, 391–399.
- [4] The Green Ports Concept and PROMPT. Retrieved from <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/stories/green-ports-concept-and-prompt>
- [5] Jihong C., Tiancun H., Xiaoke X., Paul L., Chengying H. (2019). Constructing Governance Framework of a Green and Smart Port. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7 (4).
- [6] Морський торговельний порт Південний. Екологічна безпека. Взято з <https://www.port-yuzhny.com.ua/ekologichna-bezpeka>.

Litvak S., Hrodzytskyi A.

The impact of seaport industrial activities on coastal ecosystems and ways of its minimization

УДК 504.064.4

РОЗРОБКА ІНДЕКСУ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОЖЕЖНОЇ ТА АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ З ПОРШНЕВИМ ДВЗ

Кондратенко О. М., д.т.н., професор, професор кафедри пожежної та техногенної безпеки об'єктів та технологій навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки¹,

Литвиненко О. О., к.філол.н., доцент, доцент кафедри мовної підготовки навчально-наукового інституту цивільного захисту²,

Краснов В. А., магістр цивільного захисту, капітан служби цивільного захисту, ад'юнкт кафедри пожежної та техногенної безпеки об'єктів та технологій навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки 4-го року денної форми підготовки за спеціальністю 183 (G2) «Технології захисту навколишнього середовища»³,
Національний університет цивільного захисту України ДСНС України
Україна, Черкаси

¹kondratenkoom2016@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9687-0454>,

²olytv77@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3322-8805>

³krasnovslava81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8445-6843>

Даний напрямок дослідження повністю характеризується наступними 5 основними пунктами обґрунтування актуальності: 1) відповідністю Наказу ДСНС України № 618 від 20.09.2013 р. «Про затвердження Положення про організацію екологічного забезпечення Державної служби України з надзвичайних ситуацій»; 2) відповідністю Указу Президента України № 722/2019 від 30.09.2019 р. «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року»; 3) відповідністю Постанові Кабінету Міністрів України № 476 від 30.04.2024 р. «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямків наукових досліджень та науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного за роком припинення або скасування воєнного стану в Україні»; 4) відповідністю Паспорта спеціальності 21.06.01 «Екологічна безпека», затвердженого Постановою Президії Вищої атестаційної комісії України № 33-07/7 від 04.07.2001 р.; 5) відповідністю Закону України № 3769-IX від 04.06.2024 р. «Про внесення змін до деяких законів України щодо обов'язкового використання рідкого біопалива (біокомпонентів) у транспортному секторі» [1, 2].

Крім того, враховуючи, що проблема декарбонізації енергоустановок (ЕУ) з поршневим двигуном внутрішнього згоряння (ПДВЗ) стає все більш актуальною, отримані в цьому дослідженні результати дозволяють за пропозицією ад'юнкта В'ячеслава Краснова використовувати критерій теплового забруднення ПДВЗ довкілля K (безрозмірна величина), запропонований та описаний у дослідженні проф. Андрія Марченка та проф. Ігоря Парсаданова [3], який враховує значення ефективного ККД двигуна $\eta_e = 0,35 \dots 0,45$ (для дизельного двигуна) та теоретично максимально можливого значення ефективного ККД двигуна $\eta_{max} = E_Q / Q_X = 0,75 \dots 0,85$ (для дизельного двигуна), що є відношенням ексергії, що підводиться до робочого тіла в циліндрі двигуна під час робочого процесу E_Q (у Дж), до загальної кількості теплової енергії, що підводиться до робочого тіла в циліндрі двигуна під час робочого процесу Q_X (у Дж), частка вуглецю в моторному паливі $C_{CO_2} = 0,85$ (для дизельного моторного палива нафтового походження), тобто визначається за формулою (1).

$$K = k_1 \cdot k_2 = (1 - C_{CO_2}) \cdot \eta_e / \eta_{max} \quad (1)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує склад моторного палива (безрозмірна величина); k_2 – коефіцієнт, що враховує рівень паливної досконалості робочого процесу дизельного двигуна (безрозмірна величина).

Водночас, перспектива подальших досліджень у цьому напрямку, згідно з аналізом авторів – Олександра Кондратенка та Ольги Литвиненко, полягає в розвитку такої ідеї шляхом розширення чинників, які повинні враховуватися за таким критерієм, та опису так званого «вуглецевого сліду» ПДВЗ, джерелом якого є не лише складові відпрацьованих газів (ВГ), а й картерні гази, викиди парів моторного палива з резервуарів для його зберігання на борту ЕУ в результаті прояву явищ великого і малого дихання резервуарів, включаючи продукування парникових газів під час експлуатації ЕУ.

Тому авторами Олександром Кондратенком та Ольгою Литвиненко було запропоновано індекс декарбонізації ПДВЗ або DeCarb-Index DCI (безрозмірна величина), який визначається за формулою (2).

$$DCI = \{B_D \cdot K_D + B_{EG} \cdot K_{EG}[A(CO) \cdot G(CO), A(CO_2) \cdot G(CO_2), A(PM) \cdot G(PM), \\ A(C_nH_m) \cdot G(C_nH_m)] + B_{UV} \cdot K_{UV}[A(RB) \cdot G(RB), \\ A(CG) \cdot G(CG), A(SO_x) \cdot G(SO_x)] + B_{GH} \cdot K_{GH}[A_{GH}(CO_2) \cdot G(CO_2),$$

$$\frac{A_{GH}(C_nH_m) \cdot G(C_nH_m), A_{GH}(H_2O) \cdot G(H_2O), A_{GH}(NO_x) \cdot G(NO_x), A_{GH}(RB) \cdot G(RB), A_{GH}(CG) \cdot G(CG)]}{\{B_D + B_{EG} + B_{UV} + B_{GH}\}}. \quad (2)$$

де B_D , B_{EG} , B_{UV} та B_{GH} – вагові коефіцієнти компонентів таких критеріїв (безрозмірнісні величини), відповідно: критерію теплового забруднення ПДВЗ, критерію викидів вуглецевмісних фракцій ВГ, критерію викидів інших вуглецевмісних газів (картерні гази та парів моторного палива) та оксидів сірки та викиди ВГ та інших парникових газів; K_D , K_{EG} , K_{UV} та K_{GH} – критерії (безрозмірнісні величини) теплового забруднення ПДВЗ (див. формулу (1)), викидів вуглецевмісних фракцій ВГ, викидів інших вуглецевмісних газів та викиди парникових газів у ВГ відповідно; $A(CO) = 1.0$, $A(CO_2) = 0.02$, $A(PM) = 200.0$, $A(C_nH_m) = 3.2$, $A(RB) = A(fuel) = 38.4$, $A(CG) = 25.5$, $A(SO_x) = 22.0$, $A(H_2O) = 0.002$ та $A(NO_x) = 41.1$ [1] – вагові коефіцієнти (безрозмірнісні величини) викидів чадного газу, вуглекислого газу, твердих частинок, незгорілих вуглеводнів, парів моторного палива, картерних газів, оксидів сірки, парів дигідрогену монооксиду, оксидів азоту відповідно; $A_{GH}(CO_2)$, $A_{GH}(C_nH_m)$, $A_{GH}(RB) = A_{GH}(fuel)$, $A_{GH}(CG)$, $A_{GH}(H_2O)$ та $A_{GH}(NO_x)$ [34] – вагові коефіцієнти (безрозмірнісні величини) викидів вуглекислого газу, незгорілих вуглеводнів, парів моторного палива, картерних газів, парів дигідрогену монооксиду, оксидів азоту як парникових газів відповідно; $G(CO) = f(n_{cs}, M_T)$, $G(CO_2) = f(n_{cs}, M_T)$, $G(PM) = f(N, G_{fuel}, G_{air}, C(C_nH_m)) = f(n_{cs}, M_T)$, $G(C_nH_m) = f(n_{cs}, M_T)$, $G(RB) = f(n_{cs}, M_T)$, $G(CG) = f(n_{cs}, M_T)$, $G(CO_2) = f(n_{cs}, M_T)$, $G(SO_x) = f(n_{cs}, M_T)$, $G(H_2O) = f(n_{cs}, M_T)$ та $G(NO_x) = f(n_{cs}, M_T)$ – годинні масові викиди чадного газу, вуглекислого газу, твердих частинок, незгорілих вуглеводнів, парів моторного палива, картерних газів, оксидів сірки, парів дигідрогену монооксиду, оксидів азоту відповідно, кг/год; n_{cs} – частота обертання колінчастого вала ПДВЗ, об/хв; M_T – крутний момент колінчастого вала ПДВЗ, Н·м; N – показник непрозорості ВГ, %; $C(C_nH_m)$ – концентрація незгорілих вуглеводнів у ВГ, ppm; G_{fuel} – масова годинна витрата моторного палива ПДВЗ, кг/год; G_{air} – масова годинна витрата повітря ПДВЗ, кг/год.

Розподіл значень урахуваних масових годинних викидів вуглецевмісних речовин та парникових газів ВГ від ПДВЗ $G(CO)$, $G(CO_2)$, $G(PM)$, $G(C_nH_m)$, $G(RB)$, $G(CG)$, $G(CO_2)$, $G(SO_x)$, $G(H_2O)$ та $G(NO_x)$ по полю робочих режимів ПДВЗ, тобто в координатах (n_{cs}, M_T) , було встановлено на основі результатів стендових випробувань двигунів та застосування формул

переахунку [1], а також математичного моделювання, наприклад, у безкоштовному програмному пакеті Blitz-PRO.

У запропонованому підході невизначеними залишаються лише значення вагових коефіцієнтів B_D , B_{EG} , B_{UV} та B_{GH} складових критерію теплового забруднення ПДВЗК_D, критерію викидів вуглецевмісних фракцій ВГ К_{EG}, критерію викидів інших вуглецевмісних газів К_{UV} та критерію викидів парникових газів у ВГК_{GH}.

Це дослідження було проведено в рамках виконання НДР «Розробка методики комплексного оцінювання впливу експлуатації та застосування спеціальної техніки на довкілля в умовах військової агресії» (№ ДР 0124U000374). Використано матеріали бібліотечної системи VCU, включаючи електронні версії журналів та інших матеріалів, бази даних, міжбібліотечну підписку в рамках участі в програмі Non-Resident Academic Associates, що спільно спонсорується College of Humanities and Sciences at Virginia Commonwealth University and the Davis Center for Eurasian Studies at Harvard University у 2024–2025 навчальному році. У дослідженні також використано результати проходження автором курсу на освітній онлайн-платформі «Прогресивний» «Великий курс «Про III в освіті» (26.05–09.06.2025 р., 1,5 кредити ECTS, сертифікат ВКШО-1773), курсу на освітній онлайн-платформі «Зрозуміло!» «Навчання енергетичних аудиторів будівель та проектувальників (TEAD)» (23.06–23.07.2025 р., 3.76 кредитів ECTS, сертифікат, член ГО «Прогресивний», сертифікат № 1649/25) та очної участі у навчальній програмі «Академія менторства» ГО «Прогресивний» (14–18.08.2025 р., 1.0 кредит ECTS, сертифікат № 012/АМ від 17.08.2025 р.).

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Kondratenko O. M. (2021) Scientific and methodological basis of protection of atmospheric air from technogenic impact of power plants with reciprocating internal combustion engines: dissertation for Doctor of Technical Sciences: speciality 21.06.01 – Ecological Safety, Kharkiv, National University for Civil Defence of Ukraine, State Emergency Service of Ukraine.

[2] Kondratenko O., Koloskov V., Koloskova H., Lytvynenko O. (2025) Development of ecological safety structure of exploitation model of firefighting and emergency-rescue vehicle with reciprocating ICE that consumes mixture of biodiesel and petroleum fuel. Proceedings of International Scientific and Practical Conference Until the Day of Workers of Automobile Transport and Road Workers “Modern Automotive Industry, Transport and Road Infrastructure

‘2024 (MAITRI 2024)’, 22–23 October 2024, (Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, 2025). AIP Conference Proceedings, 34289 (1). 020010. DOI: <https://doi.org/10.1063/12.0038600>.

[3] Marchenko A. P., Parsadanov I.V. (2024) Criteria for assessing the effectiveness of transport power plants decarbonisation in accordance with implementation of the sustainable development concept, Internal Combustion Engines, № 1, pp. 3–11. Available at: <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2024.1.01>.

Kondratenko O., Lytvynenko O., Krasnov V.
***Development of the decarbonization index for the level of ecological
safety of exploitation of fire and emergency-rescue equipment with
reciprocating internal combustion engines***

УДК 614.841:004.9

ВИКОРИСТАННЯ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ’ЄКТАХ

Окольниковий К. М., здобувач вищої освіти

Науковий парк «Алгоритм інновацій»

Україна, м. Харків, Україна

okolnichiy.kyrylo@gmail.com

Пожежна безпека промислових об’єктів є одним із ключових елементів техногенної безпеки держави. В умовах воєнних дій особливо актуальним стає впровадження інтелектуальних систем моніторингу, здатних не лише реагувати, а й прогнозувати розвиток надзвичайних ситуацій. Сучасні системи пожежної сигналізації часто працюють реактивно, що знижує ефективність реагування. Використання Інтернету речей (IoT) у поєднанні з когнітивним аналізом даних і штучним інтелектом (AI) дозволяє перейти до проактивного підходу – постійного моніторингу середовища, аналізу даних у реальному часі та автоматизованого прийняття рішень.

Особливої актуальності набуває інтеграція IoT-систем з автоматизованими системами евакуації персоналу. Поєднання сенсорних мереж з аналітичними моделями дає змогу виявити загрозу, а й керувати маршрутизацією евакуації, використовуючи дані про стан виходів, концентрацію

диму та інтенсивність теплового випромінювання. Така система може автоматично активувати аварійне освітлення, покажчики виходу, чи подавати інструкції через мобільні додатки. Рішення відповідає стратегічним напрямкам розвитку національної системи техногенної безпеки України та концепції «розумного виробництва» (SmartIndustry). Розробка системи сприятиме зменшенню часу реагування, оптимізації дій персоналу і забезпеченню стійкості промислових об'єктів у кризових ситуаціях.

У роботі Загорулька В. С. на тему «Автоматизована система попередження пожежі на основі бездротових сенсорів» детально розглянуто проблему підвищення рівня пожежної безпеки за допомогою сучасних бездротових сенсорних технологій. Автор наголошує, що традиційні дротові системи пожежної сигналізації мають низку недоліків: вони є дорогими, складними у встановленні та обслуговуванні, а їхня інтеграція в існуючі будівельні чи промислові об'єкти часто потребує значних витрат часу та ресурсів. Метою дослідження було розроблення автоматизованої системи попередження пожежі, яка базується на бездротових датчиках та забезпечує оперативне виявлення потенційно небезпечних ситуацій [1]. У роботі проведено порівняльний аналіз сучасних технологій бездротового зв'язку, таких як Wi-Fi, Zigbee, LoRa та Bluetooth, з урахуванням їхніх переваг і обмежень щодо енергоспоживання, дальності дії, пропускну здатності та надійності передачі даних. Окрему увагу приділено вибору сенсорів для виявлення диму, підвищення температури та наявності небезпечних газів, що є критично важливим для своєчасного реагування на загрозу пожежі. Для обробки даних від датчиків запропоновано використання мікроконтролера Arduino, який забезпечує швидку обробку сигналів і формування тривожного повідомлення у разі перевищення встановлених порогових значень. Принцип роботи системи полягає у безперервному зчитуванні даних сенсорами, їхній передачі через бездротовий канал на центральний модуль і формуванні сигналу тривоги при перевищенні критичних параметрів [1]. У роботі наведено розробку структурної, функціональної та принципової схем системи, а також проведено її моделювання у середовищі Tinkercad, що дозволило перевірити логіку роботи і взаємодію компонентів у віртуальному середовищі.

У результаті дослідження створено прототип автоматизованої системи пожежного сповіщення з бездротовою передачею даних, яка демонструє можливість легкого масштабування мережі сенсорів і інтеграції у концепцію «розумного будинку». Серед основних переваг розробленого рішення виділяють простоту реалізації, гнучкість, низьку вартість та

відсутність складних монтажних робіт. До основних недоліків належить обмежене тестування прототипу у реальних промислових умовах, що потребує подальших експериментальних досліджень для оцінки ефективності та надійності системи у практичних умовах [1]. Перевагами рішення є простота реалізації, гнучкість і низька вартість. Недоліком є відсутність тестування у реальних промислових умовах.

Огляд принципів використання IoT для створення інтелектуальних систем пожежної безпеки. IoT є одним із найперспективніших напрямів розвитку систем пожежної безпеки. Його застосування дозволяє перейти від реактивного реагування до проактивного моніторингу, забезпечуючи виявлення небезпечних ситуацій на ранніх етапах. Основою таких систем є інтеграція сенсорів, бездротових мереж, хмарних обчислень та AI, що забезпечує збір, обробку та аналіз даних у реальному часі. Мережі бездротових сенсорів (WSN) дозволяють постійно контролювати пожежонебезпечні зони. Системи оснащуються сенсорами диму, температури, полум'я та газів, які передають інформацію на центральний вузол. Додаткові PIR- та IR-сенсори дають змогу визначати наявність людей у зоні загрози, що є важливим для своєчасної евакуації. Інтелектуальні датчики із вбудованими алгоритмами фільтрації зменшують кількість хибних спрацювань. IoT-системи використовують Wi-Fi, Zigbee, LoRa, BLE або NB-IoT для передачі інформації між сенсорами та центральним контролером [1–3]. Це дозволяє створювати розподілені системи без складної проводки, що знижує витрати на встановлення.

Дані з пристроїв надходять до хмарного серверу, де обробляються і візуалізуються у вигляді інтерактивних карт або панелей моніторингу. При виявленні пожежі система може автоматично передавати GPS-координати осередку загоряння. AI використовується для аналізу потоків даних, визначення закономірностей і прогнозування ризиків займання. Алгоритми машинного навчання здатні оцінювати температуру, вологість, концентрацію газів та інші параметри, визначаючи потенційно небезпечні умови ще до виникнення пожежі. Крім того, за допомогою геоаналітики система може оптимізувати маршрути для рятувальних служб, зменшуючи час реагування. Інтелектуальні IoT-платформи можуть взаємодіяти із системами «Розумного будинку» чи автоматизованими комплексами управління будівлею (BMS) [1-3]. У разі пожежі вони здатні автоматично відключати електроживлення, керувати вентиляцією, запускати системи пожежогасіння та формувати маршрути евакуації для персоналу.

Завдяки мобільним додаткам користувачі отримують сповіщення про небезпеку та поточний стан системи. Використання відкритих апаратних

платформ (Arduino, NodeMCU) та безкоштовного ПЗ робити такі системи доступними для промислових і громадських об'єктів [1–3]. Їх легко масштабувати, додаючи нові сенсори або функціональні модулі без необхідності оновлення всієї системи.

Методологія оцінювання безпеки промислових IoT-систем має міждисциплінарний характер, оскільки такі системи інтегровані в корпоративні мережі та Інтернет, що підвищує ризик зовнішніх кіберзагроз. Забезпечення надійного функціонування потребує аналізу уразливостей на всіх рівнях – від фізичного захисту пристроїв і протоколів зв'язку до стійкості мережевої інфраструктури. Оцінка безпеки включає перевірку функціональності, тестування на проникнення, моделювання атак і виявлення вразливостей. Фізична захищеність обладнання та моніторинг мережевого трафіку є ключовими для запобігання кібератакам. Кількісно ризики оцінюють математично, наприклад, за допомогою марковських моделей, а загальний рівень ризику визначається як добуток ймовірності події на потенційну шкоду: $R = P(E) \cdot C(E)$ (ДСТУ IEC/ISO 31010:2013) [4]. Вибір протоколів зв'язку має забезпечувати безпечну, надійну та енергоефективну передачу даних із низькими затримками, сумісністю, масштабованістю та високим криптографічним захистом.

Метою даної роботи є розробка концепції інтелектуальної IoT-системи пожежної безпеки, що поєднує когнітивний аналіз даних із системою автоматизованого управління евакуацією персоналу, забезпечуючи високий рівень надійності, автономності та адаптивності до зовнішніх умов.

Основними завданнями дослідження є: аналіз сучасних технологічних рішень у сфері IoT та пожежної безпеки; розроблення структури когнітивного модуля аналізу даних; визначення принципів інтеграції IoT-сенсорів із системами евакуації; оцінка ефективності запропонованої системи в умовах промислових об'єктів і критичної інфраструктури.

Проблема підвищення пожежної безпеки на промислових об'єктах є надзвичайно комплексною, оскільки різні типи об'єктів мають специфічні технологічні процеси, матеріали та обладнання, що зумовлюють унікальні пожежні та вибухопожежні ризики. На складах нафти і нафтопродуктів, наприклад, високий ризик виникнення вибуху та пожежі обумовлений слабкою стійкістю резервуарів до теплового впливу та потенційним розливом рідин, що спричиняє поширення вогню та ускладнює гасіння. Теплове випромінювання і конвективні потоки від загорілих резервуарів створюють загрозу займання сусідніх об'єктів, а технічні комунікації можуть сприяти швидкому розповсюдженню пожежі. На об'єктах

енергетичного комплексу, таких як атомні електростанції або турбінні відділення, навіть одиничні пожежі можуть мати катастрофічні наслідки. Пожежна небезпека тут часто пов'язана з водневими утвореннями, які виникають у разі аварійного вивільнення водню з систем турбоагрегатів або в процесі електролізного виробництва водню. Змішування водню з повітрям утворює вибухонебезпечні суміші, здатні миттєво вивільняти значну енергію, а високі температури водневих пожеж можуть досягати кількох тисяч градусів Цельсія. Додаткову загрозу становить електрообладнання, яке може стати джерелом займання через короткі замикання або перегрів трансформаторів.

В умовах військової агресії загрози набувають особливо екстремального характеру. Руйнування об'єктів ракетними та дронними ударами спричиняє масштабні руйнування будівель і комунікацій, а вторинні ефекти вибухів, такі як розлив палива та ураження сусідніх резервуарів уламками, значно підвищують ризики. Повторні обстріли, руйнування доріг і проблеми зі зв'язком ускладнюють оперативне гасіння пожеж, а присутність токсичних речовин і залишків вибухових компонентів створює небезпеку для персоналу.

Теоретично розроблена система поєднує технології IoT та когнітивного аналізу даних для підвищення рівня пожежної безпеки промислових об'єктів. Основною ідеєю є створення розподіленої мережі інтелектуальних сенсорів, які не лише фіксують параметри середовища (температуру, димність, концентрацію газів, рух персоналу), але й здійснюють попередню обробку, аналіз та інтерпретацію отриманих даних із використанням алгоритмів машинного навчання.

Завдяки впровадженню когнітивних технологій система переходить від пасивного моніторингу до активного аналітичного управління ситуацією. Кожен сенсорний вузол може приймати локальні рішення на основі заданих моделей – наприклад, визначати аномалії у зміні температури чи концентрації чадного газу, що дозволяє реагувати на потенційні загрози до моменту формування критичної ситуації. Використання методів нейронних мереж забезпечує адаптивне налаштування системи під конкретні умови – тип приміщень, технологічні процеси, кількість персоналу та характеристики вентиляції.

Когнітивний аналітичний модуль, що функціонує у хмарному середовищі або на локальному сервері, здійснює багатофакторну класифікацію подій. Обробка інформації з різних джерел – сенсорів, відеокамер, систем контролю доступу, енергоспоживання та мікроклімату – дозволяє

отримати цілісну ситуаційну картину. На основі кореляційного аналізу система може розрізняти справжні пожежі від хибних спрацювань, спричинених технологічними процесами, випаровуванням або тимчасовими перегрівами обладнання. Це знижує підвищує довіру до автоматизованих систем оповіщення.

Важливою складовою системи є механізм самонавчання без перенавчання. Алгоритм безперервно накопичує дані про події, що відбуваються на об'єкті, та оновлює моделі прогнозування ризику займання. Завдяки цьому точність і швидкість прийняття рішень підвищуються з часом, а система поступово пристосовується до унікальних особливостей кожного промислового середовища.

Інтеграція IoT-системи з автоматизованою системою управління евакуацією персоналу є ключовим елементом підвищення безпеки. Після виявлення небезпечної події когнітивний блок аналізує просторові дані, формує карту ризиків і визначає оптимальні маршрути евакуації. Використовуючи інформацію про поточне місцезоположення людей (з RFID-бейджів, систем Wi-Fi або BLE-трекінгу) та швидкість поширення диму, система автоматично коригує маршрути в реальному часі. Це дозволяє формувати сценарії евакуації, адаптовані до поточної обстановки, та синхронізувати дії персоналу й рятувальних служб.

Система також забезпечує автоматичне керування допоміжними пристроями – активацією світлових показників, звукових та голосових оповіщень, а також контролем інженерних систем (вентиляції, електроживлення, протипожежного водопостачання). Така комплексна взаємодія підсистем забезпечує не лише швидке реагування, але й мінімізацію паніки серед працівників під час надзвичайної ситуації.

Архітектура рішення базується на розподіленій мережі IoT-вузлів, які передають дані через енергоефективні протоколи зв'язку LoRaWAN, Wi-Fi або ZigBee до централізованого аналітичного центру [2]. Для підвищення надійності комунікацій передбачено резервування каналів зв'язку та використання edge computing для локальної обробки даних безпосередньо на сенсорних модулях. Такий підхід зменшує навантаження на мережу, скорочує час реакції системи та забезпечує її функціонування навіть у випадку часткової втрати з'єднання.

Висновок. Використання технологій IoT у сфері пожежної безпеки відкриває нові можливості для створення інтелектуальних систем, здатних до проактивного моніторингу, аналізу та реагування на надзвичайні ситуації. Інтеграція сенсорних мереж, хмарних обчислень, геолокаційних

технологій і штучного інтелекту дозволяє значно скоротити час виявлення пожежі, підвищити точність оцінки ризиків та ефективність дій рятувальних служб.

Такі системи не лише мінімізують людський фактор, але й забезпечують автоматизоване управління інженерними мережами будівель – від активації пожежогасіння до евакуаційних сценаріїв. Перспективним напрямом розвитку системи є інтеграція з «цифровим двійником» промислового об'єкта, що дозволить проводити віртуальне моделювання сценаріїв розвитку пожежі та тестування алгоритмів реагування в безпечному середовищі. Це сприятиме подальшому вдосконаленню рішень у сфері промислової безпеки та підвищенню рівня технологічної готовності таких систем до практичного впровадження.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Загорулько, В. С. (2024). Автоматизована система попередження пожежі на основі бездротових сенсорів (магістерська робота). Сумський державний університет.

[2] Arora, N., Yadav, S., Singh, Y. R., & Mishra, K. (2025). IoT & AI enabled fire detection system. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 13(III). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.67615>

[3] Головні вимоги до пожежної сигналізації: на що звернути увагу | System Capital Building. (б. д.). System Capital Building. <https://scb.ua/holovni-vymohy-do-pozhezhnoi-syhnalizatsii-na-shcho-zvernuty-uvahu/>

[4] Шабала, Є., & Корнійчук, Б. (2024). Методологія оцінювання безпеки IoT на промислових об'єктах. *Управління розвитком складних систем*, (60), 146–155. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60>.

[5] Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 грудня 2024 року. (2024). Львів : ЛДУБЖД.

Okolnichiy K.

Use of iot technologies for fire safety monitoring at industrial facilities

УДК53.047+628.16

ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЛАЗМИ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

Кравченко О. В., д.т.н., професор, Коваленко А. Л., к.х.н., доцент,

Головань С. С., здобувач ступеня доктора філософії

Дніпровський державний технічний університет,

Україна, Кам'янське

ddtu.kafpbt@ukr.net

Системи доочищення води, засновані на флотації, дозволяють очистити воду від присутніх у них поверхнево-активних речовин (ПАР), деяких органічних забруднювачів та дрібних зважених частинок. До недоліків флотаційних систем слід віднести неможливість очищення від забруднень бактеріального характеру, низькомолекулярних органічних забруднювачів, іонів важких металів та радіонуклідів, а також надзвичайно низьку продуктивність таких апаратів. Ще одним визначальним недоліком таких систем, на нашу думку, є значне зниження ефективності при зменшенні концентрації забруднювачів у воді, яка очищується.

Процеси адсорбції в більшості випадків допомагають позбутися іонів важких металів, органічних сполук і завислих частинок. Недоліками таких систем є висока специфічність стосовно забруднень, які затримуються, а також неможливість контролю ступеня заповнення адсорбенту. Це може призвести не тільки до зниження ступеня вилучення, але навіть до зворотного переходу токсичних сполук адсорбенту назад в рідину. Процеси фільтрації відрізняються вкрай низькою ефективністю (дозволяють позбутися тільки грубодисперсних частинок) і застосовуються, в основному, як попередній ступінь адсорбційних систем, запобігаючи їх забрудненню твердими завислими частинками.

Хлорування є найпоширенішим методом дезінфекції питної води у світі. Однак виявлення потенційно токсичних продуктів, що утворюються в результаті цього методу, стимулюють розробку альтернативних технологій дезінфекції. Електрохімічна дезінфекція є альтернативою хлоруванню. У роботі [1] розглядаються електрохімічні системи, які можуть сприяти дезінфекції питної води, та підкреслюється ефективність нещодавно розроблених плівок у безхлорних електрохімічних системах. Електрохімічні методи знезараження води мають такі недоліки: висока вартість технології, відсутність тривалого ефекту (потребує комбінованого знезараження), утворення шкідливих побічних продуктів (залежно від складу

води), а також потенційна небезпека для здоров'я при перевищенні рекомендованих концентрацій певних елементів у воді.

Таким чином, не існує надійних та універсальних систем очищення питної води, яка може бути використана на місці споживання. Одним з можливих розв'язків цієї проблеми, на наш погляд, є застосування нерівноважної низькотемпературної плазми (ННТП) з подальшим фільтруванням обробленої води.

Відомі дослідження із застосування ННТП для обробки поверхневих вод для побутового використання. У роботі [2] показано, що використання ННТП було ефективним методом знищення бактерій у воді з одночасним усуненням запаху, при цьому електропровідність водних розчинів підвищилася.

Передові процеси окислення все частіше досліджуються на предмет їх застосування в обробці хімічно та біологічно забрудненої води [3]. Деякі з цих процесів досягли високого рівня розвитку та були комерціалізовані, такі як обробка ультрафіолетом та озонування. Для покращення доцільності технології очищення води на основі плазми та розробки основних рекомендацій щодо проєктування та оптимізації реакторів проведено дослідження з метою визначення та характеристики конструктивних параметрів і фізичних явищ, що впливають на ефективність очищення. В основі плазмової обробки води є використання високоокислювального гідроксильного ($\text{OH}^\cdot$) радикалу для окислення хімічних забруднювачів і, таким чином, унеможливило утворення небезпечних побічних продуктів, які можуть виникати під час хлорування.

Застосування ННТП дозволяє підійти до проблеми очищення питних вод комплексно. Так, при застосуванні цього методу в оброблюваних водах відбуваються процеси, які призводять до руйнування вмісних в них органічних сполук, у тому числі ПАР і галогеновмісних органічних сполук, бактеріальних забруднень різного типу. Іони важких металів і радіонуклідів, які містяться в оброблюваних водах, переводяться в нерозчинні сполуки, які потім агрегатуються, адсорбуються на присутніх у воді твердих зважених частинках і можуть бути згодом видалені на стадії фільтрації. Слід зазначити, що вода в процесі обробки її методом ННТП набуває яскраво виражених бактерицидних властивостей, які мають пролонгований характер і зберігаються кілька днів. Застосування одного вертикального проточного реактора форсунокового або щілинного типів дозволяє обробляти до 50 л води за годину, що цілком достатньо для побутових цілей. Електрична схема живлення реактора досить проста і має досить низьке енергоспоживання

(до 200–250 Вт/год), що забезпечує її високу надійність, а також низьку собівартість пристрою та вартість його експлуатації.

Одним із найпоширеніших і найбільш широко застосовуваних методів знезараження води є хлорування. Знезаражуюча дія хлору пояснюється взаємодією хлорноватистої кислоти та гіпохлорит-іонів з речовинами, які входять до складу протоплазми клітин бактерій, внаслідок чого в ній відбуваються незворотні зміни, обмін речовин у клітині порушується, бактерії гинуть. Найбільш чутливі до хлору бацили черевного тифу, дизентерії та холерні вібріони.

Вода, яка сильно заражена бактеріями, добре знезаражується навіть малими дозами хлору. Однак при хлоруванні повної стерилізації води не відбувається, в ній залишаються поодинокі хлорорезистентні особини, які зберігають життєздатність.

Мета дослідження – дослідити процес знезаражування стічних вод при застосуванні низькотемпературної плазми (ННТП).

Вивчення знезаражувального ефекту при обробці стічних вод щодо зазначених вище бактерій також проводили у двох серіях експериментів.

Для оцінки якості стічних вод з відкритих водойм використовують показник – лактозопозитивні кишкові палички. Як в експериментах з питною водою, так і зі стічною, спостерігалось невелике зниження кількості спорових форм клостридій і більш значне – ентерококів, але їх повна загибель не відзначалася.

Згідно результатам досліджень динаміки загибелі бактерій при дії ННТП на стічні води, на 4-й хвилині впливу розряду різко знижується кількість лактозопозитивної кишкової палички (ЛКП) – основного бактеріального показника епідемію безпеки стічних вод. Такий самий ефект відзначений і в розчинах із сальмонелами. Активне зниження спостерігається для загального мікробного числа (ЗМЧ) та ентерококів. Найбільш стабільні рівні зберігають спорові бактерії – клостридії.

Стерилізуючий ефект по відношенню до сальмонел спостерігається при обробці проб:

а) відповідних по забрудненню якості води поверхневих водойм – при часі обробки 4 хв;

б) міської стічної рідини (при концентрації сальмонел 5000 мікр.кл./мл) – при часі обробки 4 хв.

Слід зазначити, що отримані в ході досліджень обмеження тимчасового інтервалу знезараження вод не є кінцевими. При збільшенні сили струму, що протікає між анодом і оброблюваним розчином, та застосування

плівкового режиму протікання рідини час обробки можна суттєво знизити. Останнє можна реалізувати із застосуванням реакторів вертикального типу з розгорнутим розрядом ННТП.

Висновки. Таким чином, узагальнюючи результати проведених досліджень з гігієнічної оцінки ефективності знезараження питних і стічних вод під впливом ННТП, можна зробити висновок, що питна вода, яка містить бактеріальне забруднення на реально можливому рівні, при її обробці в експериментальній установці упродовж 4-5 хв досягає якості, що відповідає вимогам ДСТУ «Вода питна». Також виявлено, що стічна вода, оброблена розрядом ННТП протягом 4–5 хв, відповідає вимогам допустимого рівня бактеріального забруднення.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Martinez-Huitle, C.A. and Brillas, E. (2008) Electrochemical Alternatives for Drinking Water Disinfection. *Angewandte Chemie International Edition*, 47. 1998–2005. <https://doi.org/10.1002/anie.200703621>.

[2] Dung Van Nguyen, Phong Quoc Ho, Toan Van Pham, Tuyen Van Nguyen, Lavane Kim (2019). Treatment of surface water using cold plasma for domestic water supply. *Environ. Eng. Res.* 24 (3). 412–417. <https://doi.org/10.4491/eer.2018.215>.

[3] Gunnar, R., Stratton, Chr., L. Bellona, Fei Dai, Thomas M. Holsen, Selma Mededovic Thagard (2015). Plasma-based water treatment: Conception and application of a new general principle for reactor design *Chemical Engineering Journal*. Vol. 273. 543–550. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.03.059>.

*Kravchenko O., Kovalenko A., Golovan S.
Application low-temperature plasma for water disinfection*

УДК 504.064.4:69.059:620.93:621.311

МЕТОД ВРАХУВАННЯ ВИКИДІВ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС КРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОРШНЕВИХ ДВЗ ПОЖЕЖНОЇ ТА АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Кондратенко О. М., д.т.н., професор, професор кафедри пожежної та техногенної безпеки об'єктів та технологій навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки¹,

Мірошніченко Д. Ю., рядовий служби цивільного захисту, курсант 4-го курсу ОПП «Пожежна безпека» спеціальності 261 «Пожежна безпека»²,

Національний університет цивільного захисту України ДСНС України Україна, Черкаси

¹kondratenkoom2016@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9687-0454>

²miroshnychenko.davyd_2022b@nuczu.edu.ua

Даний напрямок дослідження повністю характеризується наступними 5 основними пунктами обґрунтування актуальності [1]: 1) відповідністю Наказу ДСНС України № 618 від 20.09.2013 р. «Про затвердження Положення про організацію екологічного забезпечення Державної служби України з надзвичайних ситуацій» [2]; 2) відповідністю Указу Президента України № 722/2019 від 30.09.2019 р. «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» [3]; 3) відповідністю Постанові Кабінету Міністрів України № 476 від 30.04.2024 р. «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямків наукових досліджень та науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного за роком припинення або скасування воєнного стану в Україні» [4]; 4) відповідністю Паспорта спеціальності 21.06.01 «Екологічна безпека», затвердженого Постановою Президії Вищої атестаційної комісії України № 33-07/7 від 04.07.2001 р. [5]; 5) відповідністю Закону України № 3769-IX від 04.06.2024 р. «Про внесення змін до деяких законів України щодо обов'язкового використання рідкого біопалива (біокомпонентів) у транспортному секторі» [6].

Мета дослідження – удосконалення методології врахування параметрів викидів теплової енергії в навколишнє середовище як забруднювача при критеріальному комплексному оцінюванні рівня екологічної безпеки (ЕБ) експлуатації енергоустановок (ЕУ) з дизельними поршневими двигунами внутрішнього згоряння (ПДВЗ), особливо з урахуванням реалій

функціонування підрозділів та органів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) та їх одиниць пожежних та аварійно-рятувальних транспортних засобів (ПАРТ) в умовах збройної агресії та в майбутньому післявоєнному відновленні об'єктів критичної інфраструктури та економіки нашої країни [1].

Проблема дослідження. Недосконалість існуючих методів критеріального комплексного оцінювання рівня ЕБ експлуатації ЕУ з ПДВЗ, особливо з урахуванням реалій функціонування органів та підрозділів ДСНС України та їх одиниць ПАРТ в умовах збройної агресії та в перспективі післявоєнного відновлення критичної інфраструктури та економіки нашої країни [1].

Ідея дослідження. Удосконалити методологію визначення значень комплексного паливно-екологічного критерію проф. Парсаданова K_{fe} шляхом розширення чинників ЕБ, що враховуються його математичним апаратом, зокрема, викиди теплової енергії в навколишнє середовище [1].

Методи дослідження. Аналіз спеціалізованої науково-технічної, довідкової, патентної та нормативної літератури, аналіз результатів стендових випробувань ПДВЗ з використанням стандартизованих стаціонарних випробувальних циклів, положення наукової дисципліни «Теорія ДВЗ», удосконалений математичний апарат комплексного паливно-екологічного критерію проф. Парсаданова, метод найменших квадратів [1].

Основне завдання дослідження. Визначення кількісних та якісних аспектів впливу врахування викидів теплової енергії в навколишнє середовище під час комплексного критеріального оцінювання рівня ЕБ експлуатації таких ЕУ, зокрема одиниць ПАРТ, з використанням стаціонарного стандартизованого випробувального циклу ESC (відповідно до Правил ЄЕК ООН № 49 [7]) на основі вдосконаленого математичного апарату комплексного паливно-екологічного критерію [1].

Об'єкт дослідження. ЕБ процесу експлуатації ЕУ з ПДВЗ, зокрема одиниць ПАРТ, з урахуванням негативного техногенного впливу теплової енергії на компоненти навколишнього середовища [1].

Предмет дослідження. Внесок у числові значення показників об'єкта дослідження викидів теплової енергії в навколишнє середовище [1].

Дослідження проведено на прикладі дизельного автотракторного двигуна Д21А1 (2Ч10,5/12 згідно з ISO 3046-1:2002 «Поршневі двигуни внутрішнього згорання. Загальні технічні умови»).

Це дослідження було проведено в рамках виконання НДР «Розробка методики комплексного оцінювання впливу експлуатації та застосування

спеціальної техніки на довкілля в умовах військової агресії» (№ ДР 0124U000374).

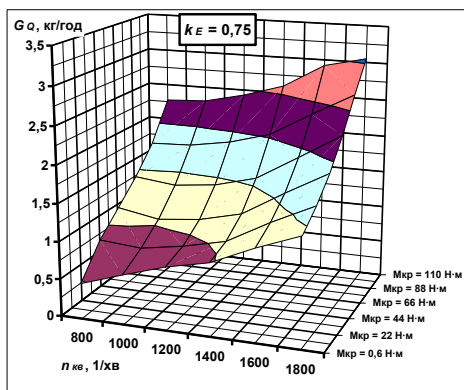


Рис. 1. Розподіл значень величини G_Q в полі режимів роботи автотракторного дизельного двигуна 2410,5/12 при $k_E = 0,75$ [1]

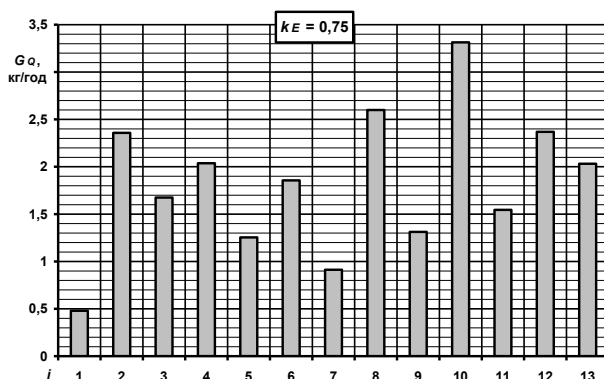


Рис. 2. Розподіл значень величини G_Q у режимах стандартизованого стаціонарного випробувального циклу ESC для автотракторного дизеля 2410,5/12 при $k_E = 0,75$ [1]

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Kondratenko O., Koloskov V., Koloskova H., Lytvynenko O. (2025) Determination of quantitative and qualitative aspects of environmental pollution by thermal energy from power plants with reciprocating internal combustion engines. Technogenic and ecological safety, 17 (1/2025), 3–17. doi: 10.52363/2522-1892.2025.1.1.

[2] About the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030: Presidential Decree No. 722/2019 of 30.09.2019, Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>.

[3] On approval of the Regulations on the organization of environmental support of the State Emergency Service of Ukraine: Order of SES of Ukraine No. 618 of 20.09.2013, Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0618388-13#Text>.

[4] Specialty passport 21.06.01 “Ecological Safety”, approved by the resolution of the Presidium of the Higher Attestation Commission of Ukraine № 33-07/7 dated 04.07.2001, Available at: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va7_7330-01#Text.

[5] Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 476 dated 04/30/2024 “On approval of the list of priority thematic areas of scientific research and scientific and technical developments for the period until December 31 of the year following the termination or abolition of martial law in Ukraine”, Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/476-2024-%D0%BF#Text>.

[6] Law of Ukraine No. 3769-IX of 04.06.2024 “On Amendments to Certain Laws of Ukraine Regarding the Mandatory Use of Liquid Biofuels (Biocomponents) in the Transport Sector”, Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3769-20#Text>.

Kondratenko O., Miroshnychenko D.

Method of taking into account thermal energy emissions during the criteria-based assessment of the level of ecological safety of the exploitation of reciprocating internal combustion engines of fire and emergency-rescue equipment in conditions of armed aggression

УДК628.16

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ

Кучук М. С., здобувач ступеня доктора філософії, Кравченко О. В., д.т.н., професор, Іванченко А. В., д.т.н., професор, Коваленко А. Л., к.х.н., доцент Дніпровський державний технічний університет
Україна, Кам'янське
ddtu.kafpbt@ukr.net

Природні та питні води майже завжди містять різноманітні мікроорганізми. Кількість їх визначається вмістом у воді поживних речовин, температурою, насиченістю водою киснем, дією бактеріофагів тощо. Крім сапрофітних бактерій, що беруть участь у колообігу речовин у водних басейнах, у воду разом з виробничими та побутовими стічними водами потрапляють і патогенні (хвороботворні) мікроби. В даний час встановлено можливість поширення водним шляхом кишкових інфекцій (холери, черевного тифу, дизентерії та ін), а також туляремії, кон'юнктивіту, поліомієліту, гельмінтозів тощо. Патогенні бактерії та віруси можуть бути внесені у воду з дощовими та стічними водами, відходами, при потраплянні стічної рідини у водопровідні труби або при випадковому з'єднанні технічного водопроводу з питним.

Відомі різні способи інактивації патогенів з водних середовищ, здебільшого обробка хлором та його сполуками, озоном, ультрафіолетовим опроміненням та їх комбінуванням [1].

Нова Директива Ради Європейського Союзу (Directive (EU) 2020/2184) щодо якості води, призначеної для споживання людиною, вимагає, щоб вода для споживання людиною була вільна від мікроорганізмів і паразитів, а також від речовин, які становлять потенційну небезпеку для здоров'я людини [2].

Термін виживання патогенних мікроорганізмів у природній воді залежить значною мірою від наявності мікробів-антагоністів, інтенсивності самоочищення і т. д. Загальна кількість патогенних бактерій, які потрапили у водойму, з часом швидко зменшується. Встановлено, що при зараженні води з низькою температурою черевнотифозними та паратифозними бактеріями 96,8 % з них гинуть вже через три дні. Однак окремі особини зберігаються у воді дуже тривалий час.

Одним із таких альтернативних методів водопідготовки є обробка рідин плазмовим розрядом електричного струму. Розряди ініціюють цілий спектр різних фізико-хімічних явищ, таких як сильне електричне поле,

інтенсивне ультрафіолетове випромінювання, ударні хвилі надлишкового тиску і, особливо, утворення різних високоактивних хімічних речовин, таких як радикали ($\text{OH}\cdot$, $\text{H}\cdot$, $\text{O}\cdot$) і молекул (H_2O_2 , H_2 , O_2 , O_3) [3]. Низькотемпературна плазма здатна усувати забруднювачі, мікроорганізми та покращувати загальну якість води шляхом активації хімічних реакцій, деградації органічних сполук і стерилізації.

У роботі [4] показано ефективність використання контактної нерівноважної низькотемпературної плазми (ННТП) як інструменту оброблення води та водних розчинів NaCl , AgNO_3 , AgCl з метою одержання продуктів, що характеризуються дезінфікуючими властивостями. Зазначено технологічно доцільні умови плазмохімічного одержання дезінфікуючих сполук у воді та водних середовищах. Досліджено антагоністичну дію плазмохімічно отриманих сполук на ряд мікроорганізмів (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophibicus*, *Staphylococcus epidermidis*, *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* та ін.) порівняно з існуючими дезінфікуючими розчинами [4].

Мета дослідження – вивчення процесу знезараження води під дією нерівноважної низькотемпературної плазми.

Дослідження проводили в установці, яка забезпечує тиск 0,05–0,1 атм, силу струму 100–150 мА, напругу 500–1500 В. Проведено експериментальне вивчення ефекту впливу різних режимів знезараження води на виживання патогенних бактерій (клостридій, ентерококів та сальмонел).

При проведенні експериментів по вивченню знезаражувального ефекту ННТП (час впливу розряду на питну воду від 1 до 15 хвилин) проводили зараження води добовими культурами патогенних бактерій у концентраціях (від 10^3 до 10^6 в 1 мл розчину), що наближаються до реальних умов можливого забруднення. З метою уточнення ступеня впливу ННТП на спорові форми бактерій, що мають найбільшу стійкість до різноманітних несприятливих впливів фізичної, хімічної та біологічної природи, були взяті штами клостридій. Для отримання їхніх спор культуру бактерій попередньо прогрівали протягом 20 хвилин при 70°C , що призводило до загибелі вегетативних форм. Зараження води проводили як споровими формами клостридій, так і вегетативними окремо. В експериментах зі стічними водами використовували або дехлоровану питну воду, в яку додавали 0,1 % і 1 % стічної рідини з міської каналізаційної мережі (до очищення і знезараження), з колектора насосної станції, або брали тільки стічну рідину, до якої додавали патогенні ентеробактерії – сальмонели 4 видів: *S.typhimurium*, *S.muenchen*, *S.infantis*, *S.derbi*.

Висновки. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що патогенні бактерії гинули протягом 2–3 хв впливу ННТП. Контактна нерівноважна низькотемпературна плазма ефективна для знезараження води, оскільки знищує патогенні мікроорганізми, зменшує рівень каламутності та жорсткості води, а також не потребує складного обладнання чи додаткових реагентів, що робить процес простим і доступним. На відміну від традиційних методів, плазмозна обробка не потребує використання хімічних добавок, що робить її екологічно безпечнішою. Отже, обробка водних розчинів за допомогою випробуваного методу ННТП сприяє забезпеченню стандартної якості питної води.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

[1] Бабієнко, В. В., Мокієнко, А. В. (2023). Вода та інфекції. Патогени та їх інактивація: монографія. Одеса: Прес-кур'єр.

[2] Бабієнко, В. В., Мокієнко, А. В. (2023). Оцінка ризику в мікробіології води. *Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і екологічні аспекти*: Збірник матеріалів II Міжнародної науково-технічної конференції. (Тернопіль 24–25 травня 2023 року) / М-во освіти і науки України ; Терн. Націон. Техн. Ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А. 18–19.

[3] Чарний, Д. В., Ярошук, Д. А., Пугач, О. В., Смірнова, Г. Ф., Мусіч, О. Г. (2021). Знезараження питної води за допомогою плазми електричного розряду. *Геохімія техногенезу*. № 34. 99–104.

[4] Скиба, М. І., Півоваров, О. А., Макарова, А. К., Воробйова, В. І., Гнатко, О. М. (2017). Плазмохімічно оброблена вода та водні розчини для знезараження питної води. *Технічні науки та технології*, № 3 (5). 240–246.

*Kuchuk M., Kravchenko O., Ivanchenko A., Kovalenko A.
Innovative methods of preparing drinking water*

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ**ОСОБЛИВОСТІ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ****ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ**

Сафранов Т. А., Дьяченко М. Ю. 4

**FRAMEWORK TO STUDY DAM DESTRUCTIONS DUE TO WARFARE
IN UKRAINE: THE CASE OF KAKHOVKA**

Shumilova O. O. 9

НАСЛІДКИ РОСІЙСЬКОЇ ОКУПАЦІЇ В ЗООПАРКУ «АСКАНІЯ-НОВА»

Корінець Н. О. 14

УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ РІЧКОВОГО БАСЕЙНУ**ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Каштан С. С. 19

**РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ОХОРОНИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВОДНИХ
ОБ'ЄКТІВ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Магась Н. І., Туз Р. В. 25

**BIODIVERSITY CERTIFICATION FOR SUSTAINABLE POST-WAR
RECOVERY IN UKRAINE**

Yelizaveta Chernysh, Iryna Ablieieva, Yevhen Bataltsev 32

**ЕКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДЕСТРУКЦІЇ БЕРЕГІВ
ГИРЛОВОЇ ЧАСТИНИ БУЗЬКОГО ЛИМАНУ**

Наконечний І. В., Якушова А. В. 36

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ В УКРАЇНІ**ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ГІДРОЛОГІЧНІ І ПОВ'ЯЗАНІ З НИМИ****ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ В МОРСЬКИХ АКВАТОРІЯХ****ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ**

Тучковенко Ю. С., Торгонський В. І. 41

**РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ У ПІВДЕННОМУ СЕКТОРІ
НІЖНЬОДНІПРОВСЬКИХ ПІЩАНИХ АРЕН ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВИХ
ДІЙ ЗА ПЕРІОД З 23.02.2022 ПО 17.09.2025 ЗА ДАНИМИ ДЗЗ**

Касьянов Є. О. 48

**ВІЙНА ТА ПОСУХА ЯК ПОДВІЙНІ ВИКЛИКИ ДЛЯ ВОДНИХ
РЕСУРСІВ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ МІСТА МИКОЛАЄВА**

Гостева Д. В., Трохименко Г. Г., Недорода В. М. 54

SPATIAL ASSESSMENT OF THE LEVEL OF ANTHROPOGENIC IMPACT OF URBAN ECOSYSTEMS ON THE ECOLOGICAL STATE OF WATERSTREAMS

Starzhynskiy P., Prokopenko I. 58

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ ЯК ФАКТОР СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Недорода В. М., Кіртюк А. В. 62

БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА НАСЛІДКІВ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ

Приходько А. Ю. 66

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РІЗНИХ ГАЛУЗЕЙ, ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ПРОМИСЛОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МАГНІЙ ОКСИДУ

Гуляєв В. М., Кравченко О. В., Коваленко А. Л., Анацький М. С. 69

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF THERMAL INSULATION MATERIALS ENSURING FIRE SAFETY OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Dusmatova Anzirat, Nurmuhamedov Aziz 71

ВІДХОДИ ВИНОГРАДАРСТВА ЯК РЕСУРС ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ: ЕКОЛОГІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ПЕРСПЕКТИВА

Трохименко Г. Г., Літвак О. А., Магась Н. І. 75

INNOVATIVE FLOTATION REAGENTS FOR COAL BENEFICIATION: SCIENTIFIC ANALYSIS OF DEVELOPMENT TRENDS

Azizbek Kucharov 80

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПІДГОТОВКИ ПЛАВАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ

Благодатний В. В., Плахотня Л. О., Белявський В. І. 85

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ НЕСАНКЦІОНОВАНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ

Літвак О. А., Гребеник С. М. 87

ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ПРАЦІ ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФІКАТОРА ПРИ МОДИФІКУВАННІ ЧАВУНУ В УМОВАХ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ ТОВ «ЗАПОРІЗЬКИЙ ЛИВАРНО-МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД»

Манідін В. С., Осетрова Г. Ю., Андрущенко Д. А., Грідяєв В. В. 95

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ РЕСУРСНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	
Гомля Л. М.	99
РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ МОЛОКОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
Благодатний В. В., Бочкарьова В. М.	106
ЗЕЛЕНА МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА	
Євтушенко Н. С., Пономаренко О. І., Джанік'ян А. А.	108
АГРОВОЛЬТАЙКА ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В АГРОСЕКТОРІ	
Літвак С. М., Іванченко К. В.	111
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ЛИВАРНОЇ ГАЛУЗІ	
Євтушенко Н. С.	117
ЩОДО ІНДИКАТОРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	
Оліненченко Ю. О.	120
ПРИРОДНІ КОАГУЛЯНТИ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ: ПОТЕНЦІАЛ <i>MORINGA OLEIFERA</i> ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ МІКРОПЛАСТИКУ	
Честних Ю. В., Трохименко Г. Г.	123
ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ЛИВАРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	
Гудков О. С.	126
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ КОНВЕРСІЇ АВТОМОБІЛІВ З ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ В ЕЛЕКТРОМОБІЛІ	
Коч Д., Маринець О. М.	131
АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	
Фалсєв Ф. Р.	136
ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ	
Свєтош В. Ю.	140
ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА ПОРУШЕНИХ ЗЕМЛЯХ ЯК ДЖЕРЕЛО ОТРИМАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ	
Шевчик-Костюк Л. З., Романюк О. І., Романюк Г. В., Куречко Н. Й.	143

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РЕГІОНІВ**ІНТЕГРАЦІЯ БІОПОЗИТИВНИХ ШУМОЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ
У МІСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ**

Літвак О. А., Литвиненко Г. В. 146

ВНУТРІШНІЙ ТУРИЗМ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Сіра І. В. 152

**АНАЛІЗ РИЗИКІВ НЕБЕЗПЕКИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ
ПЕРВОМАЙСЬКОЇ ГРОМАДИ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Тимченко І. В., Крисінська Д. О., Гіржева О. Л. 156

ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ У М. ВІННИЦІ

Кондратюк О. Ю., Сакалова Г. В. 161

**ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ ІХТІОФАУНИ
ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОГО ЛИМАНУ ПІСЛЯ РУЙНУВАННЯ
КАХОВСЬКОЇ ГЕС**

Курило О. В. 167

**ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДЛЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ
ЦІЛЕЙ**

Магась Н. І. 170

**ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ
ДЛЯ БІОРЕМЕДІАЦІЇ НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ**

Трохименко Г. Г., Грушина О. Г., Гурець Н. В., Ремешевська І. В. 176

**ФЛОРОСОЗОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАНДШАФТНОГО
ЗАКАЗНИКА «БАЛКА ШИРОКА» (ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСТЬ)
ТА ПРИЛЕГЛИХ ДО НЬОГО ТЕРИТОРІЙ ЗА ДАНИМИ
ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

Левицька А. С., Смоляр Н. О. 179

**АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОЇ ХМАРНOSTІ НЕБА НАД ВОЛИНСЬКОЮ
ВИСОЧИНОЮ В КОНТЕКСТІ ПРОЯВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН**

Федонюк В. В., Гусар О. Н. 181

**СПРИЯННЯ ОХОРОНІ ПТАХІВ У ПОКРОВСЬКО-ХУТОРСЬКОМУ
ВІДДІЛЕННІ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ
«БЛОБЕРЕЖЖЯ СВЯТОСЛАВА»: ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

Редінов К. О., Шалаєвський В. В. 184

**СТАН І ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ
У ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Таврель М. І. 188

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВІДХОДІВ, УТВОРЕНИХ УНАСЛІДОК КАТАСТРОФИ НА КАХОВСЬКІЙ ГЕС	
Магась Н. І., Свиначук К. О.	192
ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКИ СІВКА В МЕЖАХ КАЛУСЬКОГО ПРОМИСЛОВОГО ВУЗЛА	
Темченко М. Т., Мандрик О. М.	198
СВІЙСЬКІ КОТИ ТА ПСИ У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ЕКОЛОГІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ	
Редінов К. О.	201
ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ ЕКОЛОГО-ОСВІТНЬОЇ ТА РЕКРЕАЦІЙНОЇ РОБОТИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В НАЦІОНАЛЬНОМУ ПРИРОДНОМУ ПАРКУ «БІЛОБЕРЕЖЖЯ СВЯТОСЛАВА»	
Тарабан С. В., Трусов Ю. В.	207
АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ У КОСТЯНТИНІВСЬКІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ШЛЯХІВ ЩОДО ЇЇ РОЗВИТКУ	
Чаплигін М. М., Мельничук С. С.	212
ЕРОЗІЙНА ЗДАТНІСТЬ ОПАДІВ В УМОВАХ ЛЬВОВА	
Скробала В. М., Дулиба О. С.	218
РОЗРОБКА СТРАТЕГІЇ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ У РЕГІОНАЛЬНОМУ ЛАНДШАФТНОМУ ПАРКУ «ПРИІНГУЛЬСЬКИЙ»	
Шепель О. В.	221
<i>COLCHICUM ANCYRENSIS</i> В. Л. БУРТТ НА ТЕРИТОРІЇ РЛП «ТИЛІГУЛЬСЬКИЙ» (МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ, УКРАЇНА)	
Мельник Р. П., Мельничук С. С., Дьяченко О. В.	226
ОЦІНКА УШКОДЖЕНЬ ЕКОСИСТЕМ ТА ОСЕЛИЩ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ВНАСЛІДОК ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ	
Артамонов В. А., Корой Н. А., Легкий С. В.	230
ЕКОЛОГІЧНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	
ДИНАМІКА КОМФОРТНОСТІ КЛІМАТУ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ	
Федонюк В. В., Павлюк М. М.	238
ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ УТИЛІЗАЦІЇ ТА РЕГЕНЕРАЦІЇ СОРБЕНТІВ НАФТИ	
Літвак О. А., Цівенков М. В.	241

**ВПЛИВ ГУМУСОВИХ БІОПРЕПАРАТІВ НА ТРАНСФОРМАЦІЮ
ГЕРБИЦИДІВ У ҐРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ
ТА ЇХ ФІТОТОКСИЧНИЙ ЕФЕКТ**

Кібаров О. І., Трохименко Г. Г. 248

**ОЦІНКА СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ ОДЕСЬКОЇ
ПРОМИСЛОВО-МІСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ ЗА ОКРЕМИМИ
ІНДИКАТОРАМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

Чугай А. В., Донцов М. Ю. 253

**МАГНІТНА АКТИВАЦІЯ ПРОЦЕСУ ІОННОГО ОБМІНУ,
ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

Ковтун Д. Є. 256

ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

Сідней С. О., Школяр Є. В., Мотрічук Р. Б., Іщенко І. І. 260

**ПРОТИПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ
У СИСТЕМІ ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Кириченко О. В., Веселов Д. Л. 264

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ
І ПРИ УПРАВЛІННІ ОБ'ЄКТАМИ ТА ПРОЄКТАМИ**

**ENERGY EFFICIENCY IN MANUFACTURING PROCESSES
AND THE MANAGEMENT OF FACILITIES AND PROJECTS**

Pashchenko Oleksandr, Khomenko Volodymyr 267

ЗЕЛЕНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Гончаренко О. В., Кречетова А. О. 273

**СУЧАСНІ ВИРОБНИЧІ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛОПЛАСТИКОВИХ
ВІКОН ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ:
АНАЛІЗ, НОРМАТИВИ І ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ**

Ремешевська І., Гурець Н., Бардадим М. 278

**ОЦІНКА ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ ТА БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ
АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ**

Сідней С. О., Школяр Є. В., Мотрічук Р. Б., Іщенко І. І. 281

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ:
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ НОВОГО ПОКОЛІННЯ**

Шмонін Є. О. 284

**ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ДЕРЕВНИМИ ВІДХОДАМИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЦІЛЕЙ**

Максимів М. І. 288

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ ІНТЕГРАЦІЯ ДАНИХ GEMS В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС СТУДЕНТІВ-ЕКОЛОГІВ

Душкін С. С. 294

АНАЛІЗ МАСШТАБНИХ ПОЖЕЖ У ЛУГАНСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ТА СУПУТНИКОВИЙ МОНИТОРИНГ

Тимченко І. В., Макарова К. Д. 298

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНКИ КАТЕГОРІЇ ПІДПРИЄМСТВ ТА УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ

Цимбалюк О. П., Сакалова Г. В. 302

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ (НА ПРИКЛАДІ НПП «БУЗЬКИЙ ГАРД»)

Легкий С. В., Легка С. Г. 307

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ РІВНЯ ЛІСИСТОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ СУПУТНИКОВИХ СЕРВІСІВ ТА СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Денисенко В. О., Мельников О. Ю. 310

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КАРТУВАННЯ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ РОЗМІЩЕННЯ ТА ЧИСЕЛЬНОСТІ ПОПУЛЯЦІЙ МИГДАЛЯ СТЕПОВОГО НА ТЕРИТОРІЇ ПНДВ МИХАЙЛІВСЬКЕ В ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ «ЄЛАНЕЦЬКИЙ СТЕП»

Козловець А. В. 317

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНИТОРИНГ І МЕНЕДЖМЕНТ

АНАЛІЗ ДОСВІДУ ВПРОВАДЖЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ОХОРОНИ ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТА СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ У СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВ МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Ремешевська І. В., Гурець Н. В., Грушина О. Г. 323

ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ҐРУНТІВ СУХОГО СТЕПУ В МІСЦЯХ РІЮЧОЇ АКТИВНОСТІ СЛПАКА ПОДІЛЬСЬКОГО (SPALAX ZEMNI)

Ряжських О. В., Наконечний І. В. 326

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНИТОРИНГ В АСПЕКТІ АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Антонов М. Д., Мальований М. С., Кравець І. М. 330

**АЗБЕСТОВМІСНІ МАТЕРІАЛИ В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ
УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ІННОВАЦІЙНІ
ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ**

Ушкац С. Ю., Магась Н. І., Жолобенко Н. Ю. 335

**ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО
МЕНЕДЖМЕНТУ У СФЕРІ ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО
ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ**

Ремешевська І. В., Гурець Н. В., Господаренко О. О. 341

**РИЗИК ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА КАТЕГОРІЯ БЕЗПЕКИ
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ: ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТА ФОРМАЛІЗАЦІЇ**

Головченко С. І., Турбін Є. А. 344

**СТАЛІЙ МЕНЕДЖМЕНТ ХАРЧОВИХ І ПЛОДООВОЧЕВИХ
ВІДХОДІВ: ІННОВАЦІЙНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ У КОНТЕКСТІ
ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ**

Ткаченко А. О., Прилуцький В. П. 347

**АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПОЛІВ РИЗИКІВ
У КОНТЕКСТІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Головченко С. І., Синягін Д. О. 353

**СОЗОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ В МЕЖАХ
ВОДООХОРОННОЇ ЗОНИ ОЗЕРА СОЛОНЕЦЬ-ТУЗЛИ**

Мельничук С. С. 356

**ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Головченко С. І., к.е.н., Чернюк А. О., курсант 360

**ІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИМОГ У МІСЦЕВЕ
ПЛАНУВАННЯ: СТРАТЕГІЧНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОГРАМИ
РОЗВИТКУ М. МИКОЛАЄВА НА 2024–2026 РОКИ**

Мозговий А. М. 363

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМЕНШЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ
В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Головченко С. І., Савченко В. Р. 366

**ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА НАСЛІДКІВ ВИБУХУ
ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ ЯК ЕЛЕМЕНТ
УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ**

Головченко С. І., Осадчук В. В. 369

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ
З УРАХУВАННЯМ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ**

Головченко С. І., Шуліка Г. С. 372

ЕКОНОМІКА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

РОЛЬ ДЕМАРКЕТИНГУ У СТАЛОМУ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ НА ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЯХ

Миронов Ю. Б. 375

ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКООСНОВНОГО АНІОНІТУ ПРИ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОМУ ОТРИМАННІ ОКИСЛЕНИХ СПОЛУК ХЛОРУ

Крижановська Я. П., Гомеля М. Д., Дерменжи В. 378

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНСЬКІ ВИКЛИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТРАХУВАННЯ

Магась Н. І., Ютіш О. В. 382

МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БАКТЕРІОЛОГІЧНИХ ДОБРИВ У КОМБІНАЦІЇ ІЗ БІОІНСЕКТИЦИДОМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ АГРОКУЛЬТУР

Кособуцька О. О., Трохименко Г. Г. 387

СТАЛИЙ РОЗВИТОК МАЛОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА: ІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Літвак О. А., Гура О. О. 390

«ЗЕЛЕНІ» СТАРТАПИ ЯК ЗАПОРУКА СТАЛОГО РОЗВИТКУ: ДОСВІД КАНАДИ

Ахновська І. О., Овчарук В. О. 396

ENVIRONMENTAL INSURANCE FOR ENVIRONMENTAL RISK MANAGEMENT

Maksiuta N. S., Levchenko I. V. 400

СТВОРЕННЯ ОХОРОННИХ ЗОН ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРИЗНОМАНІТТЯ У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Романенко М. М., Скоробогатов В. М., Драбинюк Г. В. 402

РАННЬОВЕСНЯНІ СОЗОФІТИ БОТАНІЧНОЇ ПАМ'ЯТКИ ПРИРОДИ «ГИРЛО РІЧКИ БАКШАЛА» (НПП «БУЗЬКИЙ ГАРД», МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ)

Мельник Р. П. 409

СУЛЬФУВАННЯ ТРИГЛІЦЕРИДІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

Чобіт М. Р., Панченко Ю. В., Васильєв В. П., Борис І. В. 413

ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЇЇ РОЛЬ У СТАЛОМУ РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Стеблева А. В. 417

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ**ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ПЕРЕВІРКИ УМОВ ПРАЦІ
ПРИ РОБОТІ ЗА КОМП'ЮТЕРОМ**

Соколан Ю. С. 423

**ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В НАВЧАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ ПРИ
ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

Грушина О. Г., Бідніченко Г. В. 427

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОЗАХИСНОГО
КОСТЮМУ ПОЖЕЖНОГО**

Андреева А. В., Грушина О. Г. 431

**ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ
ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ**

Сасенко Н. В., Скрипинець А. В., Березовський А. І. 435

**ВПЛИВ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ
ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ПРОФЕСІЙНІ РИЗИКИ**

Кравченко Б. Д., Голінько В. І. 438

**ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТОНКОШАРОВІ ВОГНЕЗАХИСНІ
ПОКРИВИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ
МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Березовський А. І., Сасенко Н. В., Копил Б. Я. 443

**ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ПІСЛЯВОЄННОГО
ВІДНОВЛЕННЯ ДОВКІЛЛЯ****ГРУНТИ УКРАЇНИ: ВІД ПЕРШИХ ДИТЯЧИХ ДОСЛІДНИЦЬКИХ
ВРАЖЕНЬ ДО ШЛЯХІВ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ
СТРАТЕГІЧНОГО РЕСУРСУ**

Некос А. Н., Уварова С. Д. 447

**ДО ПИТАННЯ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ
ПРИРОДИ УКРАЇНИ**

Віщук А. А. 450

ОХОРОНА МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**ВПЛИВ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МОРСЬКИХ ПОРТІВ
НА ПРИБЕРЕЖНІ ЕКОСИСТЕМИ ТА ШЛЯХИ ЇЇГО МІНІМІЗАЦІЇ**

Літвак С. М., Гродзицький А. С. 453

РОЗРОБКА ІНДЕКСУ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОЖЕЖНОЇ ТА АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ
ТЕХНІКИ З ПОРШНЕВИМ ДВЗ

Кондратенко О. М., Литвиненко О. О., Краснов В. А. 458

ВИКОРИСТАННЯ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ
ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ

Окольничий К. М. 462

ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЛАЗМИ
ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

Кравченко О. В., Коваленко А. Л., Головань С. С. 469

МЕТОД ВРАХУВАННЯ ВИКИДІВ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ
ПІД ЧАС КРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОРШНЕВИХ ДВЗ ПОЖЕЖНОЇ ТА
АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Кондратенко О. М., д.т.н., Мірошніченко Д. Ю. 473

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ

Кучук М. С., Кравченко О. В., Іванченко А. В., Коваленко А. Л. 477

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

**XVI Міжнародна науково-технічна конференція
23–24 жовтня 2025 року**

Відповідальний за випуск *Н. І. Магась*
Комп'ютерне верстання *Ю. С. Семенченко*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 28,54. Тираж 300 прим. Зам. № 2010-55.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007

E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА