ISSN 2306-9716

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ **3(26)**

КИЇВ – 2019

УДК 502+504

Друкується за рішенням Вченої Ради Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (№ 5-19 від 01.08.2019 р.)
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 15768-4240Р від 26.10.2009 р.

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор О.І. Бондар. – К. : ДЕА, 2019. – № 3(26). – 194 с.

Головний редактор:
Азаров С.І., доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

Редакційна колегія:
Антонов А.В., доктор технічних наук;
Бондар О.І., доктор біологічних наук, професор,
член-кор. НААНУ;
Гандзюра В.П., доктор біологічних наук, професор;
Єрмаков В.М., доктор технічних наук, доцент,
лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;
Захматов В.Д., доктор технічних наук, професор;
Іващенко Т.Г., кандидат технічних наук;
Коніщук В.В., доктор біологічних наук;
Лукаш О.В., доктор біологічних наук;
Машков В.А., доктор технічних наук, доцент (Чехія);
Машков О.А., доктор технічних наук, професор;
Михайленко Л.Є., доктор біологічних наук;
Ольшевський С.В., доктор технічних наук;
Риженко Н.О., доктор біологічних наук,
старший науковий співробітник;
Рудько Г.І., доктор географічних наук,
доктор технічних наук, професор;
Улицький О.А., доктор геологічних наук, доцент;
Фінін Г.С., доктор фізико-математичних наук;
Шматков Г.Г., доктор біологічних наук.

Науково-практичний журнал «Екологічні науки» входить до переліку наукових фахових видань із двох галузей наук: Біологічні науки (Наказ Міносвіти України № 153 від 14.02.2014), Технічні науки (Наказ Міносвіти № 642 від 16.05.2014).

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

© Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, 2019

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО.....5

Гомеля М.Д., Степова О.В. Оцінка корозійної активності мінералізованих пластових вод нафтових родовищ.....5

Кияшко В.Т. Екологія, теплозбереження та енергоефективність будівельних об'єктів.....12

Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Солодка А.В., Бошков Л.З. Дослідження теплообміну наскрізного потоку газу з щільним рухомим шаром гранульованого матеріалу.....15

Тимошенко М.М., Рябуха Л.С. Система екологічного контролю як чинник зменшення екологічної небезпеки (на прикладі Південно-Західної залізниці).....19

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ.....25

Коляда М.К., Плаван В.П. Раціональне використання вторинних продуктів тваринного походження відповідно до екологічного законодавства України та Європейського Союзу.....25

Рудка Ю.О., Бондаренко О.Ю. Сучасний стан флори узбіч автомобільних шляхів міжнародного значення Хмельниччини.....31

ЗМІНА КЛІМАТУ.....35

Шевчук С.А., Вишневський В.І. Зміни зволоженості Українського Полісся та їх наслідки.....35

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....40

Грановська Л.М. Гідрологічні та гідрогеологічні особливості утворення і використання Нижньодніпровських пісків.....40

Воровка В.П. Парадинамічні взаємодії вітроенергетичних споруд у прибережній смузі моря.....46

Адамчук В.В., Литвинюк Л.К., Дем'янюк О.С., Моргунов Е.І., Кураєва І.В., Войтюк Ю.Ю. Дослідження з виносу хімічних елементів із ґрунту в сівозміні.....51

Хохлов А.В., Хохлова Л.Й., Купчик Л.А., Титаренко М.В. Біосорбційний композит для детоксикації пестицидів у ґрунтах.....59

БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....65

Павліченко В.І. Лабораторна діагностика збудників малярії у неендемічному середовищі: США, Китаї, країнах Європи.....65

Тертична О.В., Свалявчук Л.І. Екологічні особливості формування популяцій ектопаразитів птиці за бройлерного виробництва.....71

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ.....76

Казначєєва М.С., Данилків О.М. Дослідження стану компонентів прооксидантно-антиоксидантної системи Hordeum vulgare L.....76

Василенко І.А., Скиба М.І., Чупринов Є.В. Математична модель очищення циркулюючої води від ціанід-іонів.....80

Верголяс М.Р. Визначення токсичного впливу гербіцидів на тест-організми у воді.....84

РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ.....88

Рибак М.П., Лук'янова В.В., Покиньчереда В.Ф., Йонаш І.Д. Еколого-рекреаційна діяльність Карпатського біосферного заповідника як складник сталого розвитку.....88

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ.....93

Іванець О.Р. Родина *Daphniidae (cladocera)* у палітрі гідробіологічної експозиції Бенедикта Дибовського на Галицькій крайовій виставці 1894 року.....93

Васильєва Т.В., Немерцалов В.В., Коваленко С.Г. Екологічні особливості та динаміка родини Айстрових у флорі міста Одеси за 100 років.....99

Генсицький М.В., Кошелєв О.І. Мінливість забарвлення і розмірів равлика степового плямистого (Xeropicta derbentina) в Північно-Західному Приазов'ї……105
Трускавецька І.Я. Еколого-фауністичні особливості комах ряду *Coleoptera* на правобережжі Канівського водосховища у межах Черкаської області……110

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОБЕЗПЕКИ……115
Mashkov O., Zhukauskas S., Nigorodova S., Kosenko V. Innovative approaches of using the methods for remote sensing of the earth for monitoring the ecological-technical condition of water ecosystems……115
Предун К.М. Інноваційні технології проектування й експлуатації систем енергопостачання в контексті світових екологічних проблем……125
Поліщук М.М. Мобільний робот для обслуговування паркових та лісних деревних масивів……132
Іваненко І.М., Кезікова Ю.Є., Кух А.А., Нагаєвська С.Д. Композитний адсорбент-фотокаталізатор на основі активованого вугілля і титану (IV) оксиду……138
Кравець В.А., Савченко Н.П., Трет'як А.В. Підвищення екологічності систем накопичення енергії з використанням кінетичних енергонакопичувачів як акумулюючих пристроїв……143

ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ……147
Виговська Г.П., Власюк Т.В. Пріоритетні напрями використання відходів діяльності закладів громадського харчування……147

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО……154
Малюченко І.О. Заповідна та рекреаційна складові частини соціоекологічної системи Кінбурнського півострова……154
Нєпєіна Г.В. Екологізація економіки як один зі шляхів реалізації моделі сталого розвитку України……159
Хлівний О.М. Фахові компетентності експерта-еколога як чинник дотримання принципів охорони довкілля……163
Шатрова О.О. Екологічна безпека територій розробки родовищ бурштину……169
Максименко О.О. Аналіз відповідності фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами деревообробного підприємства до встановлених нормативів на викиди ……173
Бакуменко В.Г. Освіта у сфері рибальства та аквакультури……177
Середа Р.М. Екологічна безпека територій під час розробки родовищ руслових пісків……185

БІБЛІОГРАФІЯ……190

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ……192

УДК 628.168.3
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-1

ОЦІНКА КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ПЛАСТОВИХ ВОД НАФТОВИХ РОДОВИЩ

Гомеля М.Д.[1], Степова О.В.[2]
[1]Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
пр. Перемоги, 37, 03056, м. Київ
[2]Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
пр. Першотравневий, 24, 36011, м. Полтава
alenastepovaja@gmail.com

У роботі проаналізовано результати досліджень корозійної активності мінералізованих вод різного рівня мінералізації в аеробних умовах та водно-нафтових сумішей, близьких за складом до пластових вод нафтових родовищ України щодо нелегованої сталі, міді, латуні та нержавіючої сталі. Визначено залежність швидкості корозії металів від рівня мінералізації, складу водно-нафтової суміші, концентрації оцтової кислоти. Показано, що в аеробних умовах швидкість корозії в основному визначається концентрацією кисню у воді. У водно-нафтових сумішах корозія залежить головним чином від воднева деполяризації і зростає із підвищенням вмісту карбонових кислот незалежно від співвідношення об'ємів нафти та водних розчинів солей. Суттєво швидкість корозії металів зростає із підвищенням температури. Встановлено, що швидкість корозії у мінералізованих водах та у сумішах мінералізованої води із нафтою зростає при підвищенні температури з 30^0 до 80^0С у 3–6 разів, а у присутності нафти за температури 30^0С швидкість корозії знижується в 1,5–2,0 рази. В присутності карбонових кислот швидкість корозії сталі Ст20 при 80^0 С зростає від 1,8920 до 3,8304 мм/рік при концентрації оцтової кислоти 0,5–3,0 г/дм^3. Оцінка корозійної активності мінералізованих водних середовищ нафто-водних середовищ дозволяє оцінити екологічні загрози від руйнування трубопроводів залежно від складу середовища, що транспортується в трубопроводах. Крім того, при врахуванні залежності швидкості корозії металу від складу нафто-водної суміші можна вибирати та оцінювати ефективність інгібіторів корозії металів, що дозволить успішно запобігати даним загрозам при відносно незначних фінансових затратах. *Ключові слова:* мінералізація, нафтовмісні води, корозія металу, швидкість корозії, пасивація металу.

Estimation of corrosive activity of mineralized flat waters of oil conditions. M. Gomelya, O. Stepova. The results of research on corrosion activity of mineralized waters of different levels of mineralization in aerobic conditions and water-oil mixtures, similar in composition to the reservoir waters of oil deposits of Ukraine in relation to non-alloy steel, copper, brass and stainless steel, are analyzed in the work. The dependence of the rate of metal corrosion on the level of mineralization, the composition of the water-oil mixture, the concentration of acetic acid is determined. It is shown that in aerobic conditions, the rate of corrosion is mainly determined by the concentration of oxygen in water. In water-oil mixtures, corrosion mainly depends on hydrogen depolarization and increases with an increase in the content of carboxylic acids, regardless of the ratio of oil volumes and aqueous solutions of salts. Significantly, the rate of corrosion of metals increases with increasing temperature. It was established that the rate of corrosion in mineralized waters and in mixtures of mineralized water with oil increases with increasing temperature from 300 to 800C in 3–6 times, and in the presence of oil at 300C the rate of corrosion decreases by 1,5–2,0 times. In the presence of carboxylic acids, the corrosion rate of St20 at 800C increases from 1,8920 to 3,8304 mm/year at a concentration of acetic acid of 0,5 to 3,0 g/dm^3. Assessment of the corrosion activity of mineralized aqueous media of oil and water media allows us to assess the environmental threats from the destruction of pipelines depending on the composition of the medium transported in the pipelines. In addition, taking into account the dependence of the rate of metal corrosion on the composition of the oil-water mixture, it is possible to select and evaluate the effectiveness of metal corrosion inhibitors, which will successfully prevent these threats with relatively small financial costs. *Key words:* mineralization, oil-containing water, corrosion of metal, corrosion rate, passivation of metal.

Постановка проблеми. Вміст води у нафті, що відбирається зі свердловин нафтових родовищ, залежить від характеристик родовища, терміну його експлуатації. В окремих випадках водно-нафтова суміш може містити близько 10% нафти. Часто з родовищ України видобувають трьохфазову суміш, що містить нафту, воду і газ. Спочатку від суміші відділяють газ, знижуючи тиск з 0,6 МПа до 0,4–0,5 МПа. В подальшому водно нафтова суміш подається на сепаратори для розділення води від нафти. При цьому існує загроза відкладення осадів на поверхні трубопроводів та обладнання [1].

Значною мірою відклади карбонату та сульфату кальцію можливі в потоках під товарної води та у трубопроводах сирої нафти, де обводненість нафти сягає 50–70%. Після сепарації газу із сирої нафти він сепарується при тиску 0,25–0,4 МПа та для зневоднення емульсії до 20–30% нафта подається на уста-

новку для інтенсифікації зневоднення. Утворені при цьому потоки високо мінералізованих вод та обводнені потоки нафти мають високу корозійну активність та схильність до осадко відкладення [2].

Особливо висока корозійна активність та здатність до осадко відкладень спостерігається у пластових водах, солевміст у яких змінюється в широких межах [3; 4]. Досить значною є корозійна активність середовища в сирій нафті, в якій вміст води сягає 20–30%, а також у воді із вмістом води до 10%. Обумовлено це тим, що при перекачуванні нафти її підігрівають до температури 70–80^{0}С, що у присутності води спричиняє значну корозію сталевих трубопроводів при використанні труб із нелегованої сталі [1].

Одним із простих і надійних методів захисту нафтопроводів від внутрішньої корозії та руйнування є створення та застосування ефективних інгібіторів корозії. Одним із важливих етапів даних досліджень є розробка надійних методів контролю та оцінки рівня корозійної активності водно-нафтових сумішей.

Актуальність дослідження. Всі стадії нафто використання – видобування – транспортування – переробка – використання супроводжуються забрудненням навколишнього середовища [5; 6]. Суттєві забруднення виникають при видобуванні та транспортуванні нафти через розливи, пов'язані з руйнуванням трубопроводів. Більшість відомих способів утилізації нафтових відходів орієнтовані на використання потужного дорогого обладнання. Тому, розробка нових технологій знешкодження та зниження класу безпеки нафтовмісних емульсій, включаючи і зниження їх корозійної активності є актуальною науково-практичною задачею.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Тема відповідає актуальним напрямам науково-технічної діяльності на Україні, пов'язаними з вирішенням актуальних проблем екологічної безпеки держави в галузі промислових виробництв. Робота за даним напрямком виконувалась на кафедрі екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» напряму «Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології» на замовлення Міністерства освіти і науки України в межах держбюджетної науково-дослідної роботи «Розробка екологічно чистих інгібіторів корозії металів, накипеутворення та біообростання 0100U000940).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Небезпека корозійних процесів супроводжує практично всі галузі промисловості,зокрема водо циркуляційні системи охолодження підприємств [2; 3]. Через особливий органо-мінеральний склад середовищ корозія обладнання, яке застосовується при видобуванні нафти та природного газу, характеризується певними відмінностями [4; 5].

Основним ефективним способом боротьби з корозією є застосування інгібіторів корозії металів [6; 7].

Одна з причин, яка існує при розробці нафтових родовищ зі свердловини, є вертикальне положення труб на нафтових родовищах. Навіть при застосуванні новітніх реагентів ефект інгібування може бути незначний. Це пояснюється ускладненням процесу розповсюдження інгібіторів корозії та стабілізаторів осадів по всій довжині труби [8]. Для покращення надходження інгібітора на глибину розроблено капсули з геля альгінату кальцію, які, крім інгібітора, містять важку добавку $BaSO_4$.

Крім того, процес інгібування труб при видобуванні нафти ускладнюється високими глибинними температурами та тисками, високим вмістом розчинених речовин. З розвитком шельфового нафтового та газового виробництва в ультра-глибокій воді все більше і більше свердловин піддаються впливу надзвичайно високої температури і тиску в умовах анодного стану. Для запобігання блокування труб продуктами корозії та накипу, а саме сидеритом ($FeCO_3$) та окисом заліза (Fe_2O_3), в таких жорстких умовах запропоновано використовувати сульфіровану полі карбонову кислоту, полівінілсульфонат, карбоксиметал інулін та цитрат натрію [9].

Інгібітори нафтових родовищ використовуються протягом багатьох десятиліть для боротьби з карбонатним та сульфатним накипом, а також з корозією труб [10]. Проте, лише деякі з них демонструють гарне біологічне розкладання, що робить їх екологічно прийнятними в районах із суворими вимогами. В якості потенційних інгібіторів нафтових родовищ запропоновано використовувати новий клас полікарбонатних полімерів із карбоксилатними та фосфонатними групами [11]. Ці композиції забезпечують інгібування накипу у вигляді кальциту і бариту як в нових, так і у вкритих накипом трубках при 130^0 С.

Зниження корозійної агресивності вод, які містять нафтопродукти, також пов'язано з певними складностями, основною з яких є різноманітність хімічного (фракційного) складу. Так, наприклад, петролейному ефіру не може бути присвоєно кваліфікацію реактиву, так як в ньому немає основного компонента для нормування.

Виходячи з аналізу літературних даних, можна зробити висновок, що захист свердловин від корозії та накипу при видобуванні нафти є реально складним і багатогранним процесом.

Новітні композиції при нафтовидобуванні та нафтопереробці повинні бути комплексними, тобто одночасно знижувати корозійну агресивність середовищ та зменшувати осадко утворення, бути здатними працювати при високих температурах та бути екологічно сприятливими.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. При оцінюванні загроз корозійних руйнувань нафтопроводів та трубопроводів для відведення

пластових вод корозійну активність середовища оцінюють за рівнем мінералізації водних фракцій. Проте не до кінця визначено вплив рівня концентрацій кисню, складу солей, нафтопродуктів та карбонових кислот на корозійну агресивність шахтних або пластових вод по відношенню до тих, або інших металів.

Метою роботи було визначення впливу рівня мінералізації води на її корозійну активність, встановлення залежності швидкості корозії металів від співвідношення у навфто-водній суміші об'ємів нафти та мінералізованої води, від вмісту карбонових кислот та температури.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати наукової роботи в комплексі з іншими дослідженнями дадуть змогу визначити потенційні загрози від корозії трубопроводів та обладнання при використанні або утилізації шахтних вод, що дасть можливість розробити заходи по запобіганню виникнення шкідливих впливів при руйнуванні трубопроводів та скиді шахтних вод у довкілля.

Викладення основного матеріалу. Вивчено процеси корозії нелегованої сталі (переважно сталі Ст. 20 та Ст. 3) в модельних розчинах № 1 та № 2 (табл. 1), розчинів хлориду та сульфату натрію з концентраціями від 1 до 100 мг/дм^3, суміші розчинів хлориду натрію з концентраціями по хлориду натрію 30 та 100 г/дм^3 з нафтою при співвідношенні об'ємів водного розчину до об'єму нафти від 1:9 до 9,5:0,5 при температурах від 25 до 80^{0}С. Суміші розчинів хлориду натрію та нафти містили оцтову кислоту в концентрації до 3 г/дм^3. Процес корозії контролювали масометричним методом. Для порівняння використано водопровідну та артезіанську воду (табл. 1). Модельний розчин № 2 був близьким за складом до пластових вод свердловини № 204 Гнідинцівського нафтового родовища.

Із літературних джерел відомо, що корозійна активність розчинів хлориду натрію найвища при концентрації хлориду натрію 30 г/дм^3 [12]. Максимум на графіку залежності швидкості корозії від концентрації хлориду натрію обумовлений достатньою розчинністю кисню у воді при C_{NaCl} = 30 г/дм^3. З подальшим зростанням концентрації солі у воді швидкість корозії знижується. За нейтральних значень реакції середовища (6,5 ≤ pH ≤ 8,5) корозія металів в основному обумовлена концентрацією кисню (киснева деполяризація). Із підвищенням концентрації хлориду натрію швидкість корозії спочатку зростає, а після концентрації 30 г/дм^3 швидкість корозії знижується, по мірі зниження концентрації кисню у воді.

Висока швидкість корозії металів у мінералізованих середовищах пов'язана з високою електропровідністю розчинів. У прісних водах, що мають низьку електропровідність, анодні і катодні ділянки розташовані близько одна від одної. В цьому випадку гідроксид аніони, що утворюються на катодних ділянках за реакцією 1 легко взаємодіють з катіонами заліза, що утворюються в катодній області (рівняння 2) з утворенням гідроксиду заліза (II), який після окислення переходить в мало розчинний ферит, або гідроксид заліза (III) (реакції 4 і 5):

$$\frac{1}{2}O_2 + H_2O \rightarrow 2OH^- - 2e \quad (1)$$

$$Fe^0 - 2e \rightarrow Fe^{2+} \quad (2)$$

$$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2 \quad (3)$$

$$3Fe(OH)_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow Fe_3O_4 + 3H_2O \quad (4)$$

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 \quad (5)$$

Таким чином, плівка, що складається з $Fe(OH)_2$, Fe_3O_4 та $Fe(OH)_3$ щільно прилягає до поверхні металу і захищає його від корозії. При великій електропровідності мінералізованих розчинів катодні і анодні ділянки можуть знаходитись на значних відстанях. Це перешкоджає утворенню захисної плівки на поверхні металу, а значить корозія проходить значно швидше.

Таблиця 1

Характеристики водних середовищ, що використовувались при проведенні корозійних випробувань

Показник	Середовище				
	Водопровідна вода	Артезіанська вода	Модельний розчин		
			№ 1	№ 2	№ 3
Каламутність, мг/дм^3	0,7	0,1	0,5	0,7	0,6
pH	7,6	7,5	8,3	6,5	7,3
Жорсткість, мг-екв/дм^3	4,1	5,27	39,1	241,2	318,0
Лужність, мг-екв/дм^3	4,0	5,26	4,2	5,6	4,3
Концентрація Cu^{2+}, мг-екв/дм^3	3,0	4,1	21,0	180,4	180,2
Вміст Cl^-, мг-екв/дм^3	75,0	103,0	14875,0	44316,0	63960,0
Вміст SO^{2-}_4, мг-екв/дм^3	37,0	7,0	316,0	841,0	7969,0
Вміст $Na^+ + K^+$, мг/дм^3	54,0	75,0	8984,0	29809,0	28950,0
Вміст загального заліза, мг/дм^3	0,26	0,2	0,15	0,1	0,15
Мінералізація, мг/дм^3	410,0	435,0	25059,0	73533,0	94585,0

Таблиця 2

Залежність швидкості корозії сталі Ст. 3 та міді М-2 від концентрації розчинів хлориду та сульфату натрію в статичних умовах при 20⁰ С

Концентрація солі, г/дм³	*NaCl*		*Na_2SO_4*	
	метал		метал	
	Сталь Ст. 3	Мідь М-2	Сталь Ст. 3	Мідь М-2
Швидкість корозії, г/м² год				
-	0,0233	0,0019	0,0241	0,0018
1	0,0313	0,0051	0,0450	0,0024
2	0,0339	0,0143	0,0449	0,0018
5	0,0393	0,0115	0,0426	0,0017
10	0,0351	0,0096	0,0407	0,0021
20	0,0368	0,0146	0,0491	0,0011
30	0,0435	0,0146	0,0361	0,0015
40	0,0325	0,0136	0,0447	0,0033
50	0,0393	0,0143	0,0463	0,0028
60	0,0397	0,0170	0,0329	0,0036
70	0,0309	0,0241	0,0320	0,0048
80	0,0306	0,0256	0,0257	0,0063
90	0,0380	0,0308	0,0277	0,030
100	0,0389	0,0348	0,0328	0,0060

Таблиця 3

Залежність швидкості корозії металів у водних розчинах від рівня їх мінералізації та типу металу при температурі 15⁰ С

№ пп	Середовище	Мінералізація, мг/дм³	Метал	Швидкість корозії	
				г/м² год	мм/рік
1	Водопровідна вода	410	Сталь Ст. 3	0,0390	0,0435
			Мідь М-2	0,0053	0,0052
			Латунь Л62	0,0066	0,0068
			Нержавіюча сталь 12ХІ8Н10Т	0,0008	0,0009
2	Артезіанська вода	435	Сталь Ст. 3	0,0324	0,0360
			Мідь М-2	0,0092	0,0090
			Латунь Л62	0,0112	0,0122
			Нержавіюча сталь 12ХІ8Н10Т	0,0016	0,0017
3	Модельний розчин № 1	25029	Сталь Ст. 3	0,0480	0,05328
			Мідь М-2	0,0374	0,0364
			Латунь Л62	0,0386	0,0420
			Нержавіюча сталь 12ХІ8Н10Т	0,0007	0,0008
4	Модельний розчин № 2	73533	Сталь Ст. 3	0,0628	0,0760
			Мідь М-2	0,0241	0,0235
			Латунь Л62	0,0339	0,0369
			Нержавіюча сталь 12ХІ8Н10Т	0,0008	0,0009
5	Модельний розчин № 3	94585	Сталь Ст. 3	0,0675	0,0817
			Мідь М-2	0,0301	0,0294
			Латунь Л62	0,0389	0,0423
			Нержавіюча сталь 12ХІ8Н10Т	0,0006	0,0007

При зростанні концентрації солей у водному середовищі зростають концентрації аніонів та катіонів, що суттєво прискорює анодне розчинення металу. Але при цьому суттєво знижується розчинність кисню у воді, що з одного боку призводить до погіршення умов пасивації металу, а з іншого боку – знижує швидкість катодного процесу. Тому, за певних умов швидкість процесу зростає із підвищенням концентрації солей у розчині, а при подальшому підвищенні концентрації солей в розчині швидкість корозії, після проходження через максимум, сповільнюється через зниження швидкості анодного процесу.

Було перевірено залежність швидкості корозії сталі Ст. 3 та міді М-2 від концентрації розчинів хлориду та сульфату натрію (табл. 2).

Як видно із таблиці, швидкість корозії сталі в розчині хлориду натрію зростала до концентрації 30 г/дм^3 по хлориду натрію. Далі швидкість корозії поступово знижувалась до концентрації *NaCl* 70 г/дм^3. У подальшому спостерігалось незначне підвищення швидкості корозії. У випадку корозії міді було зафіксовано різке підвищення швидкості її корозії вже при концентрації солі 2 г/дм^3 (майже на порядок). Обумовлено це тим, що оксидна плівка на поверхні міді є досить щільною і добре захищає метал від корозії в прісній воді.

При підвищенні електропровідності водного середовища гідроксид міді утворюється у водному розчині, що суттєво погіршує умови захисту металу від корозії.

У розчині сульфату натрію із зростанням концентрації солі швидкість корозії металу змінюється мало, або зростає дуже повільно. Обумовлено це тим, що мідь є стійкою до окислення металом і, можливо, в розчині сульфату натрію розчинення міді відбувається досить повільно. Принаймні повільніше, як у розчині хлориду натрію. Щодо корозії сталі у розчині сульфату натрію, то можна сказати, що швидкість корозії металу зростає до концентрації солі 50 г/дм^3 і лише після цього повільно знижується при досягненні концентрації солі 100 г/дм^3. Очевидно, що корозія сталі головним чином залежить від концентрації кисню у воді.

Розчинність кисню у розчинах *NaCl* і Na_2SO_4 поступово знижується зі зростанням концентрації солі, але мало залежить від типу солі, особливо за високих рівнів мінералізації.

Було досліджено процеси корозії металів в різних водних середовищах при температурі 15^0 С (табл. 3). Як видно з таблиці, при підвищенні рівня мінералізації води з 0,41 – 0,435 г/дм^3 до 25,059 г/дм^3 швидкість корозії сталі Ст3 зросла незначною мірою – з 0,0435 мм/рік для водопровідної води, 0,036 мм/рік для артезіанської води до 0,0528 мм/рік ля модельного розчину з мінералізацією 25 г/дм^3. При використанні міді та латуні їх швидкість корозії суттєво зростає: для міді при переході від водопровід-

Таблиця 4

Залежність швидкості корозії сталі Ст. 20 від складу водно-нафтової суміші

№ пп	Склад розчину (суміші)	t^{0}C	Час (τ) корозії, год	Швидкість корозії	
				г/м^{2}год	мм/рік
1	NaCl, 30 г/дм^3	25	72	0,05968	0,06624
2	NaCl, 30 г/дм^3	80	4	0,3015	0,3346
3	NaCl, 100 г/дм^3	25	72	0,045505	0,0500
4	NaCl, 100 г/дм^3	80	4	0,1739	0,1931
5	95 см^3 р-ну NaCl, (100 г/дм^3), 5 см^3 нафти, 0,5 г/дм^3 $CH_3C(O)OH$	30	4	0,2783	0,3089
6		60	4	1,6698	1,8534
7		80	4	1,7045	1,8920
8	95 см^3 р-ну NaCl, (100 г/дм^3), 5 см^3 нафти	80	4	0,2971	0,3188
9	80 см^3 р-ну NaCl, (100 г/дм^3), 20 см^3 нафти	80	4	0,2899	0,3218
10		25	72	0,01656	0,01838
11	10 см^3 р-ну NaCl, (100 г/дм^3), 90 см^3 нафти, 0,5 г/дм^3 $CH_3C(O)OH$	25	168	0,2077	0,2305
12		80	4	1,6002	1,7762
13	20 см^3 3% р-ну NaCl, 80 см^3, нафти	80	4	0,2899	0,3215
14	20 см^3 3% р-ну NaCl, 80 см^3 нафти, 0,5 г/дм^3 $CH_3C(O)OH$	80	4	1,5872	1,7657
15	20 см^3 3% р-ну NaCl, 80 см^3 нафти 3 г/дм^3 $CH_3C(O)OH$	80	4	3,4508	3,8304
16	80 см^3 3% р-ну NaCl, 20 см^3 нафти	80	4	0,3125	0,3448

ної води до модельного розчину №1 (мінералізація 25 г/дм^3) швидкість корозії зросла з 0,0052 мм/рік до 0,036 мм/рік (у 7 разів). Для латуні швидкість корозії зросла з 0,0068 мм/рік до 0,042 мм/рік. Пов'язано це із тим, що в разі сталі оксидна плівка досить рихла і погано захищає метал від корозії. Тому руйнування, або відсутність такої плівки мало впливає на швидкість корозії сталі. Навпаки, оксидна плівка міді та латуні ефективно захищає метал від корозії. При руйнуванні такої плівки в мінералізованому середовищі швидкість корозії металу зростає.

При підвищенні рівня мінералізації води з 25 г/дм^3 до 73,5 г/дм^3 відмічено підвищення швидкості корозії сталі Ст3 до 0,076 мм/рік та зниження швидкості корозії міді та латуні відповідно до 0,0235 мм/рік та 0,0369 мм/рік. Очевидно, що це пов'язано із прискоренням анодного розчинення сталі при підвищенні мінералізації та сповільненням анодного розчинення міді та латуні при зниженні концентрації кисню у воді за умов підвищення рівня мінералізації води.

Нержавіюча сталь в нейтральному середовищі є стійкою до корозії незалежно від рівня мінералізації води.

Очевидно, що труби та обладнання з латуні та міді недоцільно використовувати для відведення та переробки високо мінералізованих пластових вод, так як швидкість корозії даних металів в мінералізованих водах така ж висока, як і швидкість корозії нелегованої сталі. Остання є значно доступнішою та дешевшою за мідь та латунь.

Крім водних середовищ з різним рівнем мінералізації води було досліджено корозійну активність як мінералізованих вод, так і сумішей мінералізованих вод з нафтою. При цьому визначено швидкість корозії сталі Ст. 20 як у розчинах хлориду натрію з концентрацією солі 30 та 100 г/дм^3 так і в сумішах розчинів хлориду натрію та нафти при різних співвідношеннях. При цьому швидкість корозії визначено в діапазоні температур 25–80^0 С (табл. 4). Як видно з таблиці при підвищенні температури з 25^0 С до 80^0 С швидкість корозії сталі Ст. 20 зросла з 0,06624 мм/рік до 0,3346 мм/рік. Температуру 80^0 С обрали тому, що нафту зазвичай транспортують в нафтопроводах за даного рівня температур.

При 80^0 С розчинність кисню у воді незначна, тим більше в сумішах нафти і води. В даному випадку корозія відбувається в основному за рахунок водневої деполяризації.

Процес інтенсифікується в присутності мінеральних солей. Подібну тенденцію спостерігали і при концентрації хлориду натрію на рівні 100 г/дм^3. Хоча швидкості корозії сталі Ст. 20 були на рівні 0,0500 мм/рік при 25^0 С і 0,1931 мм/рік при 80^0 С. Очевидно, що за даних концентрацій хлориду натрію розчинність кисню в даному діапазоні температур ще нижча, як при концентрації 30 г/дм^3.

При використанні суміші нафти і води швидкість корозії сталі Ст20 при 25^0 С знизилась до 0,01838 мм/рік за рахунок гідрофобізації поверхні сталі. При 80^{0}С швидкість корозії сталі в суміші води з нафтою не перевищувала 0,3218 мм/рік.

Якщо враховувати, що пластові води та сира нафта містять значну кількість карбонових кислот, які суттєво впливають на швидкість корозії, то у своїх дослідженнях використано суміші нафти та мінералізованої води при концентрації оцтової кислоти 0,5 г/дм^3. Як видно з таблиці 4 при наявності оцтової кислоти навіть у присутності нафти швидкість корозії нафти сягала 0,2305 мм/рік при 25^0 С, 0,3089 мм/рік при 30^0 С, 1,8534 мм/рік при 60^0 С і 1,8920 мм/рік при 80^0 С при використанні суміші, що містила 95 см^3 водного розчину NaCl (100 г/дм^3) та 5 см^3 нафти. При збільшенні об'єму нафти до 90 см^3 на 10 см^3 розчину хлориду натрію швидкість корозії при 80^{0}С сягала 1,7762 мм/рік.

Перспективи використання результатів дослідження. Оцінка корозійної активності мінералізованих водних середовищ нафто-водних середовищ дозволяє оцінити екологічні загрози від руйнування трубопроводів залежно від складу середовища, що транспортується в трубопроводах. Крім того, при врахуванні залежності швидкості корозії металу від складу нафто-водної суміші можна вибирати та оцінювати ефективність інгібіторів корозії металів, що дозволить успішно запобігати даним загрозам при відносно незначних фінансових затратах.

Література

1. Development of new compositions for reducing the corrosive aggressiveness of oil-containing water / M. Shuryberko, M. Gomelya, N. Gluchenko, K. Chuprova, T. Overchenko // Technology audit and production reserves. № 6/3 (44). 2018. P. 25–30.
2. New inhibitors of corrosion and depositions of sediments for water circulation systems / N.D. Gomelya, T.A. Shabliy, A.G. Trohymenko, M.M. Shuryberco // Journal of Water Chemistry and Technology. 2017. Vol. 39, Issue 2. P. 92–96.
3. Сучасні методи кондиціонування та очистки води в промисловості. Монографія / Гомеля М.Д., Радовенчик В.М., Шаблій Т.О.// К. : Графіка, 2007. 168 с.
4. Модифікація карбонатно-накипних осадів для захисту від корозії теплообмінної поверхні / Пагер С.М., Герасименко Ю.С. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2013. № 13. С. 54–65.
5. Переработка и утилизация нефтесодержащих отходов : монография. 2-е изд. испр. и доп. / Соколов Л.И. М. : Инфра-Инженерия, 2017. 160 с.
6. Источники нефтесодержащих вод / Злыднев Н.Н., Еськин А.А., Ткач Н.С. // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXVI междунар. науч.- практ. конф. Новосибирск : СибАК, 2014. № 7 (32).

7. Corrosion inhibition of N80 steel simulated in an oil field acidification environment / Du J., Guo J., Zhao L., Chen Y., Liu C., Meng X. // International Journal of Electrochemical Science. 2018. Vol.13, Issue 6. P. 5810–5823.
8. Mill scale corrosion and prevention in carbon steel heat exchanger / Sharma P., Roy H. // High temperature materials and processes. 2015. Vol. 34, issue 6. P. 571–576.
9. Calcium alginate gel capsules loaded with inhibitor for corrosion protection of downhole tube in oilfields / Wang L., Zhang C., Xie H., SUN w., Chen X., Wang X., Yang Z., Liu G. // Corrosion Science. 2015. Vol. 90. P. 522–528.
10. Evaluation of ferrous carbonate/iron oxides scaling risk under high temperature in the absence and presence of scale inhibitors / Yang C., Huang J., Guraieb P., Tomson R.C.// Proceedings – SPE International Symposium on Oilfield Chemistry. The Woodlands; Unated States; 13 – 15 April 2015. Vol. 2 P. 1080–1092.
11. Corrosion inhibition of heat exchanger tubing materials (titanium) in MSF de salination plants in acid cleaning solution using aromatic nitro compounds / Deyab M.A. // Desalination. 2018. Vol. 439. P. 73–79.
12. Улич Г.Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ./ Г.Г. Улич, Р.У. Реви. Л. : Химия, 1989. 456 с.

УДК 699.86
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-2

ЕКОЛОГІЯ, ТЕПЛОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Кияшко В.Т.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
03035, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, м. Київ
kvt150851@gmail.com

За результатами проведеного аналізу переважна частина житлових будинків міст і сіл України на цей час не відповідає вимогам енергоощадності з причин: недосконалості архітектурних рішень; використання в будівництві неефективних конструкційних матеріалів та застарілих типів інженерних систем. Визначено можливі архітектурні заходи щодо підвищення енергоефективності житлових будинків, що дасть змогу знизити тепловитрати. Розглянуті причини та наслідки негативного впливу шкідливих «парникових газів» на здоров'я та життя людей. Представлені основи нормування теплозбереження будівель, що опалюються, та окреслена необхідність жорсткого контролю (Міністерством екології та природних ресурсів України) на стадії проектування, зведення та експлуатації будівельних об'єктів. Висвітлено алгоритм розв'язання екологічних та будівельних проблем тепло-енергозбереження. Зокрема зазначено, що у поліпшення екологічної обстановки в Україні свій вклад можуть внести і робітники будівельного сектору економіки, проектуючи та зводячи будівельні об'єкти, що опалюються, дотримуючись діючих норм по теплоенергозбереженню. Як наслідок у зимовий період з мінімальними енергозатратами обігріватимуться будівлі, а не навколишнє середовище. Приміщення, в яких мешкають чи працюють люди, будуть теплими взимку і не перегріватимуться влітку. Отже, перед будівельною індустрією на стадії проектування, зведення та експлуатації будівельних об'єктів стоять задачі щодо зменшення майбутнього шкідливого впливу умов експлуатації будівель на навколишнє природне середовище під час забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов для мешкання та роботи людей. Підкреслено, що для працівників проектних і будівельних організацій необхідно організувати відповідні семінари (навчання) з питань екологічної безпеки, залучивши провідних фахівців в галузі «будівельна теплофізика» та поширення їх методичних матеріалів у всіх регіонах України. *Ключові слова:* екологія, теплоенергозбереження, житлові будинки, утеплювачі.

Ecology of heat saving and energy efficiency of building objects. Kiyashko V. According to the results of the analysis, the overwhelming majority of residential buildings in cities and villages in Ukraine today do not meet the requirements of energy efficiency for the following reasons: imperfect architectural solutions; use in the construction of inefficient structural materials and outdated types of engineering systems. Possible architectural measures have been identified to improve the energy efficiency of residential buildings, which will help to reduce heat consumption. The reasons and consequences of the negative impact of harmful "greenhouse gases" on the health and life of people are considered. The basics of normalizing the heat of preservation of the buildings under heating and the need for tight control (Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine) at the stage of design, construction and operation of construction sites are presented. The algorithm of solving environmental and construction problems of heat and energy saving is explained. In particular, it is noted that workers in the construction sector of the economy can also contribute to improving the environmental situation in Ukraine by designing and erecting construction objects that are heated, in compliance with current standards for heat and energy saving. As a consequence, in winter, buildings and not the environment will be heated with minimal energy costs. The premises where people live or work will be warm in winter and will not overheat in summer. Therefore, the construction industry is at the stage of designing, erecting and operating construction sites to reduce the future harmful effects of the operating conditions of buildings on the environment while ensuring the proper sanitary and hygienic conditions for the habitation and operation of people. It is emphasized that for the employees of design and construction organizations it is necessary to organize appropriate seminars (training) on environmental safety, involving leading experts in the field of "building thermophysics" and dissemination of their methodological materials in all regions of Ukraine. *Key words:* ecology, heat and energy saving, residential buildings, insulation.

Постановка проблеми. Стан навколишнього природного середовища, охорона праці і збереження здоров'я людей тісно пов'язані з енергозбереженням житлових, громадських і виробничих будівель, що опалюються, і є актуальною проблемою для України.

Нині на теренах країни є значна кількість будівель, зведених у 50–60-их роках минулого століття. У ті часи про їх теплоефективність мало піклувалися, метою було одне – максимальне забезпечення людей житлом і роботою.

За незначної та соціально зумовленої ціни на природний газ та вугілля таке паливо спалювали у величезних обсягах. З розвитком промисловості, транспорту, сільського господарства росло і використання продуктів нафтопереробки – мазуту, дизелю, бензину (за їх доступної ціни).

Це призводило (і призводить) до збільшення викидів шкідливих продуктів їх згорання в атмосферу. Сьогодні в Україні знищуються лісові масиви, які поглинають CO_2 та виділяють кисень. Навколо населених пунктів утворюються сміттєзвалища, що часто займаються, виділяючи шкідливі газові суміші, а сучасні методи ведення сільського господарства з використанням хімічних добрив та гербіцидів спричиняють викиди в атмосферу азоту, метану, хлорфторвуглеводнів тощо.

Актуальність дослідження. В результаті такої діяльності в Україні і, напевно, в усьому світі поступово здійснюється підігрівання нижніх шарів атмосфери, отже, формується так званий «парниковий ефект».

Фактично штучне нагрівання земної поверхні призводить до зміни клімату, що впливає на розвиток насамперед сільського господарства. З підвищенням літніх температур, як стверджують учені цієї галузі, настає глобальне потепління, що впливатиме і на стан здоров'я людей і може призвести до проявлення низки захворювань та епідемій, таких як холера, чума, туберкульоз, пташиний грип тощо.

Інші вчені стверджують: якщо таке явище, як «парниковий ефект», існувало і існуватиме, то для підтримання нормальних умов життя людей на Землі необхідно боротися із збільшенням концентрації шкідливих складників парникових газів в атмосфері.

Виклад основного матеріалу. Як свідчить досвід розвитку техніки і суспільства, коли відомі джерела виникнення негативного явища, і коли ці джерела багатофакторні, необхідно комплексно підходити до шляху їх усунення в усіх напрямах – сільському господарстві, промисловості тощо. Показовим прикладом є розширення випуску електромобілів, хоча при цьому, напевно, слід в подальшому забезпечити їх живлення від пристроїв, що базуються на використанні енергії сонця, вітру, а не лише від електростанцій.

У напряму поліпшення екологічної обстановки в Україні свій вклад можуть внести і робітники будівельного сектору економіки, проектуючи та зводячи будівельні об'єкти, що опалюються, дотримуючись діючих норм по теплоенергозбереженню. Як наслідок у зимовий період з мінімальними енергозатратами обігріватимуться будівлі, а не навколишнє середовище. Приміщення, в яких мешкають чи працюють люди, будуть теплими взимку і не перегріватимуться влітку.

Цього можна досягти завдяки тому, що основні несучі і огороджувальні будівельні конструкції проектуватимуться з жорстким дотриманням вимог діючих державних будівельних норм, гармонізованих із європейськими. По-перше, це ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [1], який встановлює вимоги до теплотехнічних показників будівельних конструкцій з метою «забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень». Положення цього документа є обов'язковим для всіх юридичних та фізичних осіб, пов'язаних з будівництвом, і повинні використовуватися при новому будівництві, реконструкціях і капітальних ремонтах. В іншому документі [2] вказано, як технічно правильно (з урахуванням положень, викладених в [1]) улаштувати теплоізоляцію будівельних конструкцій з використанням різноманітних найбільш розповсюджених конструктивних схем. З практичної точки зору для людей, які далекі від будівельної термінології, понять, визначень, але мають на меті поліпшення своїх житлових та виробничих умов, зменшення затрат на опалення і кондиціювання приміщень, доцільно ознайомитися з [3], де в простій, доступній формі наведені рекомендації, що відповідають назві вказаного посібника.

Для розуміння алгоритму розв'язання екологічних і будівельних проблем теплоенергозбереження слід знати наступне: по-перше, територія України поділена на температурні зони за кількістю градусодіб опалювального періоду. Наприклад, Закарпатська, Миколаївська, Запорізька, Херсонська і Одеська обл. належать до II температурної зони, а всі інші – до I температурної зони [1]. Відповідно до цього для зовнішніх стін житлових будівель I температурної зони допустиме значення опору теплопередачі стін має бути не менше Rq,min = 3,3 м²°С/Вт, а для II температурної зони Rq,min = 2,8 м²°С/Вт. Для горищних покриттів відповідно Rq,min = 4,95 м²°С/Вт та Rq,min = 4,5 м²°С/Вт.

Для прикладу, в Івано-Франківській області практично всі житлові будинки, стіни яких зведені із суцільної деревини (пиляний брус, колоди) або цегляної кладки, не відповідають нормам теплоенергозбереження, що діють сьогодні, а отже, неефективні й екологічно небезпечні. Це твердження основане на дуже простих розрахунках, за якими визначається фактичний опір теплопередачі Rф (або R_Σ), наприклад, стіни та порівнюється з нормативним значенням Rq,min, числове значення якого для Івано-Франківської області складає 3,3 м²°С/Вт. Якщо Rф ≥ Rq,min, то результат вважається задовільним, а коли Rф < Rq,min, то стіна потребує реконструкції-утеплення.

Значення Rф підраховується:

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_з}, \qquad (1)$$

де $\alpha_в$ – табличний коефіцієнт теплопровідності внутрішньої поверхні конструкції стіни. $\alpha_в$ = 8,7 Вт/м°С; $\alpha_з$ – табличний коефіцієнт теплопровідності зовнішньої поверхні конструкції стіни. $\alpha_з$ = 23 Вт/м°С; δ_i – товщина I шару конструкції (в метрах); λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу I шару.

Таким чином для стіни із суцільного соснового бруса перетином 150•150 мм (λ_i = 0,18 Вт/ м°С; δ_i = 0,15 м) фактичний опір теплопередачі:

$$R_ф = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{0,18} + \frac{1}{23} = 0,991 \text{ (м²°С/Вт)}, \qquad (2)$$

що складає 30% від нормованого значення.

Це засвідчує необхідність виконання утеплення стінки.

У цьому разі необхідно визначитися в питанні, який утеплювач слід використовувати.

Найпростіше звернутися до будівельного супермаркету, визначитися з маркою утеплювача, виписати значення його коефіцієнта теплопровідності

та якими розмірами за товщиною він відпускається покупцям. Це має бути плитний матеріал, а не рулонний.

Для проблеми утеплення для вказаного вище прикладу, умовно візьмемо плитний утеплювач із мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому густиною *ρ=140 кг/м,* для якого λ_i= 0,045 Вт/м°С [1].

Виникає питання: якщо використовувати такий утеплювач, то якою має бути його товщина? Для цього у вираз (1), використовуючи метод ітерації, почергово вставляти значення, відповідно до паспортних даних товщини мінераловатних плит, доки Rф не досягне значення Rq,min. Але є інший, простіший спосіб, коли у вираз (1) замість невідомого значення Rф підставляється значення Rq,min, отримуючи рівняння з одним невідомим [4].

Таким чином:

$$R\,\phi = Rq.min = \frac{1}{\alpha_0} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_x}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_3};$$

$$3{,}3 = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}15}{0{,}18} + \frac{\delta_x}{0{,}045} + \frac{1}{23}.$$

Звідси δ_x = 0,141 (м) або 141 мм.

При цьому варто зважити на те, що при значній товщині утеплювача (на основі розрахунку) та можливій незадовільній його пароповітропроникності може з'явитися таке явище, як утворення конденсату в середині товщі стіни, крім того, деякі утеплювачі під час зволоження виділяють шкідливі для людини гази. Значне зволоження може призвести до утворення грибка, що також є шкідливим.

Закономірно, якщо через товщу стіни під дією тиску теплого вологого повітря із середини приміщення волога проникає крізь товщину огороджувальної конструкції. Проте з'являється й засторога утворення конденсату (точки роси), тому необхідно виконати розрахунок збільшення вологості матеріалу шару утеплювача та порівняти це значення з допустимим значенням збільшення вологості в % за масою.

Такий аналіз дасть відповідь на запитання: накопичення вологи – безпечне чи небезпечне? А відповідь проста: якщо накопичення вологи в зимовий період менше допустимого за нормами значення, то це означає, що вся волога протягом весняно-літнього періоду випарується, а якщо навпаки – необхідно змінювати конструктивне рішення стіни.

Для мешканців багатоповерхових будинків секційного типу соціального призначення слід знати, що необхідно утеплювати не лише зовнішні стіни квартири, а й також сходової клітини, горищне перекриття (для мешканців останніх поверхів), облаштовувати вхідні двері до секцій-тамбурами.

Головні висновки. Перед будівельною індустрією на стадії проектування, зведення та експлуатації будівельних об'єктів стоять задачі щодо зменшення майбутнього шкідливого впливу умов експлуатації будівель на навколишнє природне середовище за забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов для мешкання та роботи людей.

Міністерству екології та природних ресурсів України слід продумати та організувати систему моніторингу діяльності будівельного бізнесу у напряму «проекти – готовий об'єкт», контролюючи експлуатацію об'єктів (протягом, як мінімум, двох років) з використанням сучасних приладів енергоаудиту з підвищеним рівнем відповідальності як контролюючих органів, так і забудовників.

Для працівників проектних і будівельних організацій необхідно організувати відповідні семінари (навчання) з питань екологічної безпеки із залученням провідних фахівців в галузі «будівельна теплофізика» та подальшим поширенням їх методичних матеріалів у всіх регіонах України.

Література

1. ДБН В.2.6-31:2006 зі зміною № 1 від 1 липня 2013 р. «Теплова ізоляція будівель», Мінрегіонбуд України, Київ, 2006.
2. ДБН В.2.3-33:2008. «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації»., Мінрегіонбуд України, Київ, 2009.
3. Подольский Ю. Утепляем дом, гараж, веранду, беседку и теплицу, Харьков : Книжный клуб «Клуб семейного досуга» 2017.
4. Маляренко В.А., Герасимова О.М., Малєєв О.І. Будівельна теплофізика. Навчальний посібник. Харків : ХНАМТ, 2007.

УДК 536.244
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІНУ НАСКРІЗНОГО ПОТОКУ ГАЗУ З ЩІЛЬНИМ РУХОМИМ ШАРОМ ГРАНУЛЬОВАНОГО МАТЕРІАЛУ

Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Солодка А.В., Бошков Л.З.
Одеська національна академія харчових технологій
вул. Дворянська, 1/3, 65082, м. Одеса
boshkova.irina@gmail.com, natvolgusheva@gmail.com,
solodkaya140619@gmail.com, leonidboshkov@i.ua

Дослідження спрямовані на розвиток теплоутилізаторів регенеративного типу з щільним шаром гранульованого матеріалу. Встановлено, що теплоутилізаційні установки контактного типу, для яких характерний безпосередній теплообмін газу (повітря) з шаром часток, мають значний потенціал підвищення ефективності їх використання. В роботі отриманні дані за теплообміном між наскрізним газовим потоком та щільним рухомим шаром керамзиту та гравію при температурних напорах, що характерні для підприємств з низьким рівнем температурних викидів. Раціональні режимні параметри теплоутилізаторів контактного типу характеризуються швидкістю нагрівання та інтенсивністю теплообміну. Для визначення швидкості нагрівання та коефіцієнтів міжкомпонентного теплообміну проведені експериментальні дослідження теплообміну між потоком нагрітого повітря та рухомим шаром матеріалу. Дослідження проводились з щільним шаром керамзиту та гравію. Загалом керамзит нагрівається інтенсивніше гравію при однакових умовах. Визначений характер зміни температури матеріалів на виході з робочої камери залежно від швидкості фільтрації нагрітого повітря. Вплив температури на значення коефіцієнту міжкомпонентного теплообміну для керамзиту в досліджуваному діапазоні температур незначний, а для гравію більш суттєвий. При теплообміні в умовах руху шару тривалість встановлення регулярного режиму нагріву значно менше для керамзиту, ніж для гравію при тому ж самому об'ємі матеріалу. У роботі встановлено, що інтенсивність теплообміну для рухомого шару зростає з підвищенням швидкості руху матеріалу, що пояснюється неможливістю розрідження шару у стінок каналу внаслідок встановлення стрижнеподібної форми руху часток в діапазоні швидкостях, що досліджувались. Встановлено, що в якості матеріалу для гранульованої насадки в більшості випадків доцільно використовувати керамзит. *Ключові слова:* теплоутилізатор, темп нагрівання, коефіцієнт міжкомпонентного теплообміну, гравій, керамзит, повітря.

Study of the heat exchange of a gas flow with a dense layer of moving granulated material. Boshkova I.L., Volhusheva N.V., Solodka A.V., Boshkov L.Z. The research is aimed at the development of heat exchanger of regenerative type with a dense layer of granular material. It has been established that heat-recovery installations of contact type, for which the direct heat exchange of gas (air) with a layer of particles is characteristic, have considerable potential for increasing the efficiency of their use. In this paper, data are obtained for the heat exchange between the through gas flow and the dense moving layer of claydite and gravel at the temperature headings that are characteristic for enterprises with low level of thermal emissions. Rational regime parameters of heat-recovery devices of the contact type are characterized by the rate of heating and the intensity of heat transfer. To determine the heating rate and coefficients of inter-component heat transfer, experimental studies of heat transfer between the flow of heated air and the moving material layer have been carried out. Studies were conducted with a dense layer of claydite and gravel. It was found that claydite heats up more intensively than gravel under the same conditions. The character of the temperature change of the materials at the output from the working chamber depending on the rate of filtration of the heated air is determined. The effect of temperature on the value of the coefficient of intercomponent heat transfer for claydite in the studied temperature range is insignificant, and for gravel it is more significant. In the case of heat exchange in the conditions of the motion of the layer, the duration of the establishment of the regular heating regime is much less for a claydite than for gravel with the same volume of material. In the work it is established that the intensity of heat transfer for a moving layer increases with the increase in the velocity of the material, which is explained by the impossibility of expansion the layer at the walls of the channel due to the establishment of a rod-shaped particles motion in the range of investigated velocities. It has been established that as a material for granular filling, in most cases it is advisable to use expanded claydite. Key words: heat exchanger, heating rate, inter-component heat exchange coefficient, gravel, claydite, air.

Постановка проблеми. В ході більшості технологічних процесів спостерігається неповне використання первинної енергії. Перспективи утилізації вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) надають можливість отримання значної економії палива та істотно знизити капітальні витрати на створення відповідних енергозберігаючих установок. Визначення раціональних режимних параметрів роботи теплоутилізаторів також залежить від надійних даних для коефіцієнтів міжкомпонентного теплообміну, для отримання яких потрібні додаткові експериментальні дослідження.

Актуальність дослідження. Теплоутилізаційні установки контактного типу, для яких характерний безпосередній теплообмін газу (повітря) з шаром часток, мають значний потенціал підвищення ефек-

тивності їх використання. Виникає можливість створювати розвинену поверхню нагрівання у вигляді безупинно рухливих, спеціально обраних часток. Однак, для промислового впровадження недостатньо надійних даних з теплообміну між щільним шаром часток і газом. видається доцільним застосування теплоутилізаторів із гранульованою насадкою на виробництвах, які характеризуються відносно невисоким температурним рівнем відхідних газів, тому визначення умов інтенсифікації процесу теплообміну у теплоутилізаторах із гранульованою насадкою є актуальним науковим і технологічним завданням у сучасних умовах розвитку енергетики та економіки.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Напрям досліджень безпосередньо пов'язаний із визначальною проблемою енергозбереження, а також з потребою в забезпеченні громадян якісними продуктами в достатній кількості. Роботи відповідають Закону України «Про енергозбереження», затвердженого Постановою Верховної Ради України № 74/94 01.07.1994 р.; а також «Основних положень енергетичної стратегії України на період до 2030 р.», прийнятих Кабінетом Міністрів України 15.03.2006 р.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перенесення теплоти до частинок від потоку газу, що проходить через шар дисперсного матеріалу, визначає в багатьох випадках швидкість і стійкість процесів, що протікають між твердим і газовим компонентом [1]. Визначальний вплив на теплообмін надає витрата теплоносіїв, тривалість циклу [2; 3], розмір часток і особливості їх укладання [4]. З метою оптимізації процесу в [5] розглядається робота теплообмінників, які використовують насадку з матеріалів різної геометрії: сферичні частинки, кільця, брикети. Розвиток енергозберігаючих методів на основі застосування дисперсних теплоносіїв демонструє свою ефективність також для систем вентиляції [6].

У [7] розглянуто один з варіантів енергозбереження в промисловій та комунальній теплоенергетиці шляхом глибокої утилізації теплоти відхідних з котлів продуктів згорання газоподібного палива.

Витікання різних сипучих матеріалів добре вивчено для умов, які називаються умовами вільного гравітаційного витікання [8; 9]. Щоб представити розмір частки неправильної форми одним показником, найбільш часто використовують «середній розмір» [10]. Однак частинки різного розміру одного продукту, які мають однаковий «середній розмір», можуть проявляти абсолютно різні характеристики. Є багато методів визначення розмірів частинок конкретного матеріалу [11]. Залежності для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі отримані для рухомого і нерухомого щільного шару [12; 13]. Проте в умовах використання низькопотенційних ВЕР в теплоакумуляторах контактного типу з гранульованою насадкою даних для визначення коефіцієнтів міжкомпонентного теплообміну недостатньо, внаслідок чого існує необхідність проведення експериментальних досліджень.

Мета дослідження. Вибір матеріалу для використання в якості гранульованої насадки в теплоутилізаторах контактного типу і встановлення раціональних режимних параметрів теплообміну.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Використання низькопотенційного тепла має значний енергетичний потенціал, внаслідок чого перетворення (утилізація) теплової енергії в корисну є важливим практичним завданням. Ступінь утилізації теплоти залежить від ефективності теплообмінника. Для проведення теплових конструкторських розрахунків акумуляторів та теплоутилізаторів з гранульованою насадкою в якості проміжного теплоносія та подальшого промислового впровадження недостатньо надійних даних по теплообміну між щільним шаром гранул і газом.

Новизна роботи полягає в отриманні даних за теплообміном між наскрізним газовим потоком та щільним рухомим шаром керамзиту та гравію при температурних напорах, що характерні для підприємств з низьким рівнем температурних викидів.

Методологічне значення полягає в визначенні методики експериментального дослідження теплообміну між щільним рухомим шаром гранульованого матеріалу з наскрізним потоком повітря.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проведені на установці, що містить вертикальну робочу ділянку у вигляді циліндричного каналу, в який завантажувався гранульований матеріал. При дослідженні теплообміну в щільному рухомому шарі матеріал під дією гравітаційних сил проходив канал, нагріваючись від потоку повітря, що подається збоку каналу через повітропровід безпосередньо над вихідним отвором. Швидкість руху шару регулювалася випускним отвором. Схема експериментальної установки наведена на рис. 1.

В експерименті застосовувалися такі прилади: ваги електронні ТВЕ-0,5-0,01, термопари ТХА (К) (працює разом з мультиметром цифровим М4533/1Ц), анемометр АТТ-1004. При дослідженні застосовувалися керамзит і гравій. Середня швидкість повітря становила 3,5–0,63 м/с – для керамзиту, 3,5–0,5 м/с – для гравію, висота шару 0,40–0,52 м; швидкість руху шару матеріалу: 0,001–0,004 м/с, температура навколишнього середовища змінювалася в діапазоні 28–13° С. Для характеристики насадок і теплообмінного апарату на їх основі використовують такі величини: питома площа поверхні часток в одиниці об'єму шару $\alpha_{пит}$, м^2/м^3, насипна щільність матеріалу $\rho_н$, м^3/кг; еквівалентний діаметр часток $\overline{d}_e$, м; порозність шару ε. Для подальших досліджень обрані гравій і керамзит. Для керамзиту $\varepsilon_к$= 0,37–0,42, для гравію $\varepsilon_г$ = 0,45. Правильність оцінки цієї величини має суттєвий вплив на точність розрахунку теплових

і аеродинамічних характеристик процесу роботи регенератора з дисперсної насадкою. Еквівалентний діаметр часток, визначений як середньозважений по поверхні, відповідав $\overline{d}_e$ = 0,0195 м для керамзиту та $\overline{d}_e$ = 0,021 м для гравію. Характер зміни температури матеріалу залежно від швидкості фільтрації демонструє рис. 2.

Збільшення швидкості фільтрації повітря сприяє інтенсифікації теплообміну, причому для швидкості $w_ф$ = 3,5 м/с під час теплообміну з гравієм практично встановлювався стаціонарний режим нагрівання через 330–360 с, а значення температури матеріалу відповідало $t \approx 55$°С. За використання керамзиту в якості гранульованої насадки стаціонарний режим встановлювався протягом 80 с ($w_ф$ = 1,2 м/с) і 120 с ($w_ф$ = 0,3 м/с).

На рис. 3 представлені температурні криві для порівняльного аналізу інтенсивності нагрівання гравію та керамзиту.

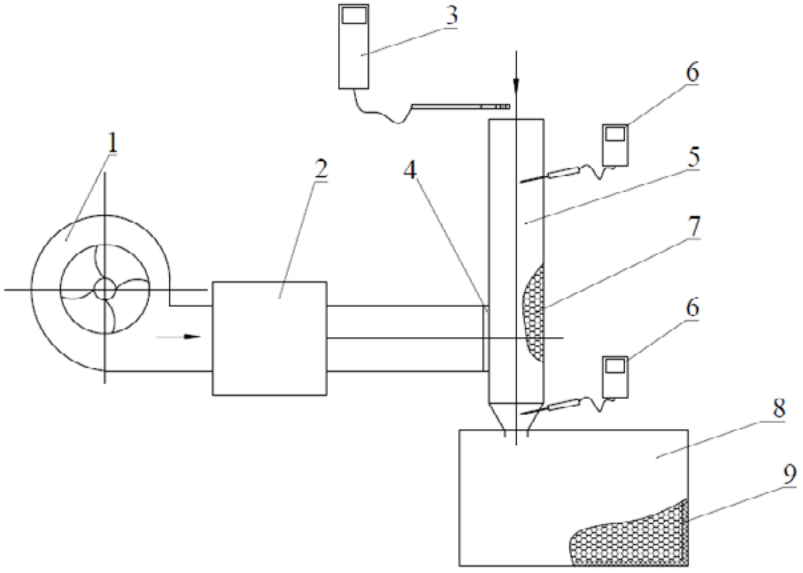
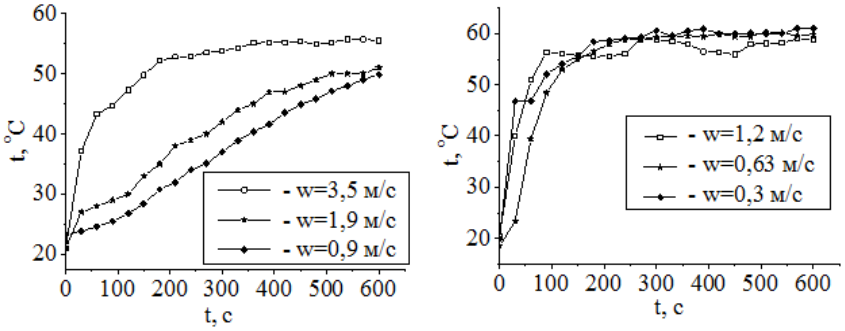


Рис. 1. Установка для експериментального дослідження теплообміну в щільному шарі гранульованого матеріалу:
1 – вентилятор; 2 – нагрівник; 3 – анемометр; 4 – сітка; 5 – робоча камера; 6 – термометр; 7 – гранульований матеріал; 8 – ємність збору гранульованого матеріалу; 9 – ізоляція



а *б*

Рис. 2. Температура матеріалу на виході з робочій камери за різної швидкості фільтрації $w_ф$: а – гравій, б – керамзит

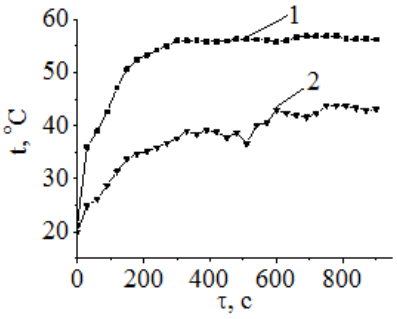


Рис 3. Зміна температур керамзиту та гравію за часом:
1 – керамзит; 2 – гравій

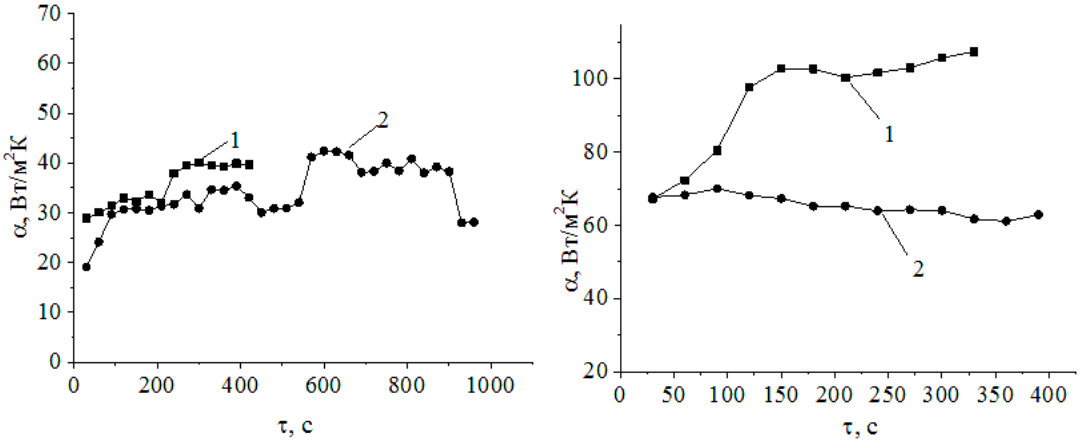


Рис. 4. Зміна $\overline{\alpha}_м$ за часом для рухомого шару керамзиту (а) та гравію (б)
1 – $t_п'$ = 80°С; 2 – $t_п'$ = 60°С; $G_п$ = 0,0113 кг/с.

Видно, що керамзит нагрівається інтенсивніше гравію, що пояснюється різними фізичними властивостями – теплоємністю та щільністю матеріалу.

Вплив температури на значення коефіцієнту міжкомпонентного теплообміну $\bar{\alpha}_м$ для керамзиту в досліджуваному діапазоні температур незначний, що демонструється графіком (рис. 4). Для гравію вплив температури виявився більш явний [14].

При теплообміні в умовах руху шару тривалість встановлення регулярного режиму нагріву значно менше для керамзиту, ніж для гравію при тому ж самому об'ємі матеріалу. При порівнянних швидкостях руху шару гравію та керамзиту інтенсивність нагрівання суттєво вище для керамзиту. При швидкості руху керамзиту $w_м = 1{,}6\ 10^{-3}$ м/с та висоті каналу 0,4 м шар нагрівається на 36°С. Тривалість проходження каналу складала 250 с. Темп нагрівання 0,14 К/с. При швидкості руху гравію $w_м = 1{,}4 \cdot 10^{-3}$ м/с шар, проходячи канал висотою 0,4 м, нагрівається на 23°С. Тривалість проходження каналу складала 288 с. Темп нагрівання становить 0,08 К/с. Характер зміни теплоти в часі слід ураховувати при оцінці тривалості періоду нагрівання в теплообмінному апараті при проектуванні.

У роботі встановлено, що інтенсивність теплообміну для рухомого шару зростає з підвищенням швидкості руху матеріалу, що пояснюється неможливістю розрідження шару у стінок каналу внаслідок встановлення стрижнеподібної форми руху часток в діапазоні швидкостях, що досліджувались. При подальшому збільшенні швидкості спостерігається розрідження матеріалу у стінок каналу, зростання порозності в цій області та зниження інтенсивності теплообміну.

Головні висновки. На підставі аналізу результатів досліджень встановлено, що в якості матеріалу для гранульованої насадки доцільно використовувати керамзит, який у порівнянні з гравієм має високий темп нагрівання, відносно низьке значення щільності (щільність керамзиту $\rho_k = 825 – 950$ кг/м^3, щільність гравію $\rho_{гр} = 1930$ кг/м^3) та доступну вартість. При використанні керамзиту раціональному режиму відповідають наступні параметри процесу теплообміну: витрата повітря 0,0113 кг/с, температура повітря на вході 80°С, швидкість руху матеріалу $1{,}6 \cdot 10^{-3}$ м/с, темп нагрівання 0,14 К/с.

Перспективи використання результатів досліджень. Результати досліджень доцільно використовувати при проектуванні теплоакумуляторів у вигляді регенеративних теплообмінників з гранульованими насадками та подальшого впровадження їх у виробництво.

Література

1. Ding Y., He Y., Cong N. T., Yang W., Chen H. Hydrodynamics and heat transfer of gas–solid two-phase mixtures flowing through packed beds – a review. *Progress in Natural Science*. 2008. Vol. 18. P. 1185–1196.
2. Chandratilleke T.T.; Nadim N.; Batsioudis K. Thermal performance and optimisation of a granular-bed heat recuperator. *Fluid Mechanics and Thermodynamics:* material of12th International Conference on Heat Transfer. (11–13 Jule 2016 Costa de Sol, Spain). Costa de Sol. 2016. P. 183–187.
3. Snider D. M., Dale M. S. Three fundamental granular flow experiments and CPFD predictions. *Power Technology*. 2007. Vol. 176. P. 36-46.
4. Bohuslav K., Zdeněk J. Preliminary Design and Analysis of regenerative heat exchanger. *Chemical engineering transactions*. 2016. V. 52. P. 655–660.
5. Wołkowycki G. Experimental Results on the Fixed Matrix Regenerator Effectiveness for a Glass Stove Furnace. *Heat Transfer Engineering*. 2016. V. 37. P. 591–602.
6. Alizadeh M, Sadrameli S. M. Development of Free Cooling Based Ventilation Technology for Building: Energy Storage Unit, Performance Enhancement Techniques and Design Considerations-A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 58. P. 619–645.
7. Ефимов А.В., Гочаренко А.Л., Касилов О.В., Гончаренко Л.В. Выбор оптимальных параметров теплоносителей при разработке системы глубокой утилизации теплоты уходящих из котельных агрегатов газов. *Энергосбережение*. 2014. Т. 3, № 121. С. 1-10.
8. Goldhirsch I. Rapid granular flows. *Fluid Mechanic*. 2003. V. 35. P. 267–293.
9. Шваб А.В., Марценко М.С.Исследование движения плотного слоя гранулированной среды и процесса смешения в сужающемся канале. *Математика и механика*. 2010. Т. 12, № 4 С. 123–130.
10. Гаврилова Н.Н., Назаров В.В., Яровая О.В. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов. Москва. 2012. 52 с.
11. Arouca F.O., Barrozo M.A.S., Damasceno J.J.R. Analysis of techniques for measurement of the size distribution of solid particles. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2005. V. 22, № 1. P. 135–142
12. Nie X. D., Besant R. W., Evitts R. W. Heat transfer between gas-solid phases within packed particle beds. *Particulate science and technology: an international journal*. 2010. Vol. 29, № 2. P. 151-162.
13. Juan Y., Zhang M., Fan W., Zhou Y., Zhao G. Study on performance of the ball packed-bed regenerator: experiments and simulation. *Applied Thermal Engineering.* 2014. Vol. 69. P. 113–122.
14. Солодка А.В. Изучение процессов теплопереноса в теплообменнике с гранулированной насадкой. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса. 2017. № 2(80). С. 116-121.

УДК 504.054;351.79
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-4

СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯК ЧИННИК ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ (НА ПРИКЛАДІ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ ЗАЛІЗНИЦІ)

Тимошенко М.М.[1], Рябуха Л.С.[2]
[1]Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
kaf_ecol@ukr.net;
[2]Регіональна філія «Південно-Західна залізниця»
АТ «Укрзалізниця»
вул. Миколи Лисенка, 6, 01034, м. Київ
luysinda@ukr.net

Дослідження пов'язані з науковим обґрунтуванням природоохоронних заходів у регіональній філії «Південно-Західна залізниця» АТ «Укрзалізниця» і спрямовані на покращення загального екологічного стану шляхом зменшення кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, зменшення забруднення водних та земельних ресурсів. Обґрунтовано доцільність посилення ролі відомчого екологічного контролю як чинника зменшення екологічної небезпеки. Основним завданням розв'язання екологічних проблем є забезпечення екологічної безпеки шляхом впровадження комплексу заходів технічного, технологічного та організаційного характеру, зокрема, заходів екологічного контролю. Запропонована принципова модель системи екологічного контролю на основі двовекторного державного моніторингу. Він передбачає моніторинг екологічного стану довкілля та моніторинг джерел екологічної безпеки. Крім того, він включає відомчий контроль за впливами на довкілля, що в результаті забезпечить оперативне виявлення чинників екологічної безпеки та невідворотність покарання за порушення природоохоронного законодавства. Відомчий контроль дає змогу отримувати необхідний обсяг інформації, аналіз якої сприяє доцільному і раціональному вирішенню питань з подальшого розвитку різних сфер управління та досягнення оптимізації роботи управлінських структур у цих сферах. Аналіз результатів моніторингових даних дасть змогу оперативно визначати чинники екологічної небезпеки та знаходити відповідальних за порушення вимог законодавства. Запропоноване удосконалення системи екологічного контролю важливе з огляду на зміни методологічних підходів, передбачає посилення ролі відомчого (виробничого) контролю, залишає за державним органом функцію нагляду щодо дотримання вимог природоохоронного законодавства та вироблення пропозицій з поліпшення системи управління екологічною безпекою і використання економічних механізмів. *Ключові слова*: екологічна безпека, екологічний моніторинг, екологічний контроль, відомчий контроль, екологічний паспорт.

The ecological control sistem as a faktor reducing enviromental hazard (on the example of the South-West Railway). Tymoshenko M., Ryabuhka L. The studies are related to the scientific substantiation of environmental protection measures at the regional branch of South-Western Railway of Ukrzaliznytsia JSC and are aimed at improving the overall ecological status by reducing the amount of pollutant emissions into the air, reducing the pollution of water resources. The expediency of strengthening the role of departmental environmental control as a factor in reducing environmental hazards is substantiated. The main task of solving environmental problems is to ensure environmental safety by implementing a set of technical, technological and organizational measures, in particular environmental control measures. A fundamental model of the environmental control system based on two-vector state monitoring is proposed. It involves monitoring the environmental status of the environment and monitoring the sources of environmental safety. In addition, it includes departmental monitoring of environmental impacts, which will, as a result, ensure prompt detection of environmental security factors and the inevitability of penalties for violations of environmental legislation. The departmental control enables to receive the necessary amount of information, the analysis of which helps to expedient and rational resolution of issues on the further development of various spheres of management and achievement of optimization of the work of management structures in these spheres. The analysis of the results of the monitoring data will allow to determine promptly the factors of environmental danger and to find those responsible for violation of the requirements of the legislation. The proposed improvement of the environmental control system is important in view of changes in methodological approaches, provides for the strengthening of the role of departmental (production) control, leaves to the state authority the function of monitoring compliance with the requirements of environmental legislation and making proposals to improve the environmental management system and use of economic mechanisms. *Key words*: ecological safety, environmental monitoring, environmental control, departmental control, ecological passport.

Постановка проблеми. Вирішення екологічних проблем сучасності пов'язано зі збереженням і створенням на Землі сприятливих природних умов життя для людей, гармонізацією розвитку суспільства і природи. Основним завданням розв'язання екологічних проблем є забезпечення екологічної безпеки шляхом впровадження комплексу заходів технічного, технологічного та організаційного характеру, зокрема, заходів екологічного контролю. Такий контроль спрямований на виявлення та мінімізацію чин-

ників екологічної небезпеки. Проте стан довкілля в Україні свідчить про неефективність наявної системи екологічного контролю.

Виклад основного матеріалу. В умовах значного забруднення атмосферного повітря, водних та земельних ресурсів набуває актуальності дослідження впливу системи екологічного контролю на локальні чинники екологічної небезпеки та оцінку ефективності функціонування такої системи.

Дослідження пов'язані з науковим обґрунтуванням природоохоронних заходів у регіональній філії «Південно-Західна залізниця» АТ «Укрзалізниця» і спрямовані на покращення загального екологічного стану за рахунок зменшення кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, зменшення забруднення водних та земельних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що проблемам виникнення та аналізу чинників екологічної небезпеки як загрози екологічній безпеці та оцінці ефективності системи державного екологічного контролю присвячено ряд досліджень і публікацій.

Екологічна безпека, яка в умовах стрімкого зростання антропогенного і техногенного навантаження на природні екосистеми набуває особливої актуальності, розглядається на глобальному, державному, регіональному та імпактному рівнях [1]. Є багато різних визначень поняття «екологічна безпека».

Г.В Лисиченко і співавтори [2] вважають, що найповніше визначення екологічної безпеки дав Н. Реймерс. Це:

– сукупність дій, станів і процесів, які прямо чи опосередковано не призводять до життєво небезпечних збитків (або загроз таких збитків), що завдаються навколишньому природному середовищу, окремим людям і людству загалом;

– комплекс станів, явищ і дій, що забезпечують екологічний баланс на Землі і в будь-яких її регіонах на рівні, до якого фізично, соціально-економічно, технологічно та політично готове (тобто здатне без серйозних збитків адаптуватися) людство.

Ефективне управління екологічною безпекою можливе лише на основі системного дослідження умов формування і проявів небезпеки [3].

Аналіз виду небезпеки формується під суттєвим впливом нормативно-правових чинників на людину і довкілля. Недосконалість правової бази полягає в тому, що в діючих документах практично відсутні положення превентивного змісту. Покарання за порушення екологічного законодавства не є жорстким, а система заохочень за ефективну реалізацію заходів з управління екологічною безпекою недосконала. Недоліком правової бази є декларативний характер деяких нормативних документів. У разі коли певний закон або нормативний акт не діє на практиці, виникає загроза, що екологічний чинник, який характеризується цим документом, не підлягає контролю. Це сприяє зниженню рівня екологічної безпеки [4].

Організаційно-управлінські чинники формують і екологічну небезпеку. Відомо, що головною метою управління у сфері екологічної безпеки є досягнення гармонізації соціального, економічного і екологічного аспектів, тобто забезпечення стійкого розвитку. Але здебільшого слід констатувати неефективність системи управління, про що свідчить все більш деградуючий стан навколишнього середовища. Важливим елементом системи управління є контроль, який повинен забезпечувати упевненість в тому, що суб'єкт господарювання реалізує програму управління екологічною безпекою. Відсутність належного контролю не дозволяє виявити зміни, які вимагають внесення коректив у програму [5].

На цей час екологічний контроль є неоперативним, недієвим, насичений корупційними фактами та використовується для тиску на бізнес [6]. У пропозиціях експертів наголошується на необхідності змінити мету та порядок здійснення контролю. На думку авторів, метою діяльності органу екоконтролю має бути не лише виявлення порушень і притягнення винних осіб до відповідальності, але й попередження заподіяння шкоди довкіллю.

Найбільш детальні пропозиції щодо змін у системі екологічного контролю подано в роботі [7]. Однак запропонована система моніторингу, що є надзвичайно важливою функцією державної системи екологічного управління, не може забезпечити ефективного контролю джерел утворення чинників екологічної небезпеки.

Отже, і науковці у сфері екологічної безпеки, і експерти в галузі екологічного контролю вважають контроль важливим чинником, який має запобігати розвитку екологічно небезпечних процесів і попереджувати заподіяння шкоди довкіллю. Проте висловлених пропозицій недостатньо для вирішення проблеми. Потребує створення ефективної системи екологічного контролю, яка повною мірою відповідала основним принципам охорони навколишнього природного середовища. Це пріоритетність вимог екологічної безпеки, запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища [8].

Саме обґрунтування такої системи є завданням цієї статті.

Запропонована принципова модель системи екологічного контролю передбачає посилення ролі відомчого (виробничого) контролю та здійснення державного нагляду (контролю) за дотриманням вимог природоохоронного законодавства на основі моніторингу екологічного стану довкілля та дослідження динаміки впливів на довкілля суб'єктами господарювання за даними екологічного паспорта. Аналіз результатів моніторингових даних дасть змогу оперативно визначати чинники екологічної небезпеки та знаходити відповідальних за порушення вимог законодавства.

Запропоноване удосконалення системи екологічного контролю, важливе з огляду на зміни методологічних підходів, передбачає посилення ролі відомчого (виробничого) контролю та залишає за державним органом функцію нагляду щодо дотримання вимог природоохоронного законодавства та вироблення пропозицій з поліпшення системи управління екологічною безпекою і використання економічних механізмів.

Відомо, що транспорт належить до основних забруднювачів атмосферного повітря, водойм і ґрунту. Відбувається деградація і загибель екосистем під дією транспортних забруднень. Це особливо інтенсивно проявляється на урбанізованих територіях [9].

Україна має розвинену мережу усіх видів транспорту, але пріоритет у транспортному комплексі належить залізницям. На їхню частку припадає 64% усіх перевезень. Залізничний транспорт України – технічно складний транспортний комплекс, розміщений практично по всій території.

З метою покращення координації роботи з охорони довкілля та забезпечення екологічної безпеки у регіональній філії «Південно-Західна залізниця» створено систему екологічного контролю та управління виробничими процесами і станом промислових зон (рис. 1).

Під *екологічним контролем* розуміють діяльність уповноважених суб'єктів, завдання яких – забезпечити дотримання вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища всіма державними органами, підприємствами, установами та організаціями незалежно від форм власності і підпорядкування, а також громадянами [8].

У Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» відсутня інформація про відомчий екологічний контроль, однак це не заперечує його наявність [10].

Відомчий контроль здійснюється в окремому підприємстві посадовою особою. Його можуть проводити вищі ланки (посадові особи) всередині своєї структури і контролювати нижчу ланку.

Відомчий контроль – важлива функція будь-якого керівного органу (посадової особи). Відомчий контроль – це також один із основних факторів, що дисциплінує працівників.

Призначення відомчого контролю:

– одержання об'єктивної та достовірної інформації про дотримання законності й дисципліни на підконтрольному об'єкті;

– реалізація заходів щодо попередження та усунення порушень законності та дисципліни;

– виявлення причин та умов, які спричиняють порушення вимог правових норм природоохоронної діяльності;

– вжиття заходів, спрямованих на поліпшення ситуації на об'єкті;

– притягнення до відповідальності осіб, які винні у порушенні встановленого порядку.

Відомчий контроль дає змогу отримувати необхідний обсяг інформації, аналіз якої сприяє доцільному і раціональному вирішенню питань з подальшого роз-

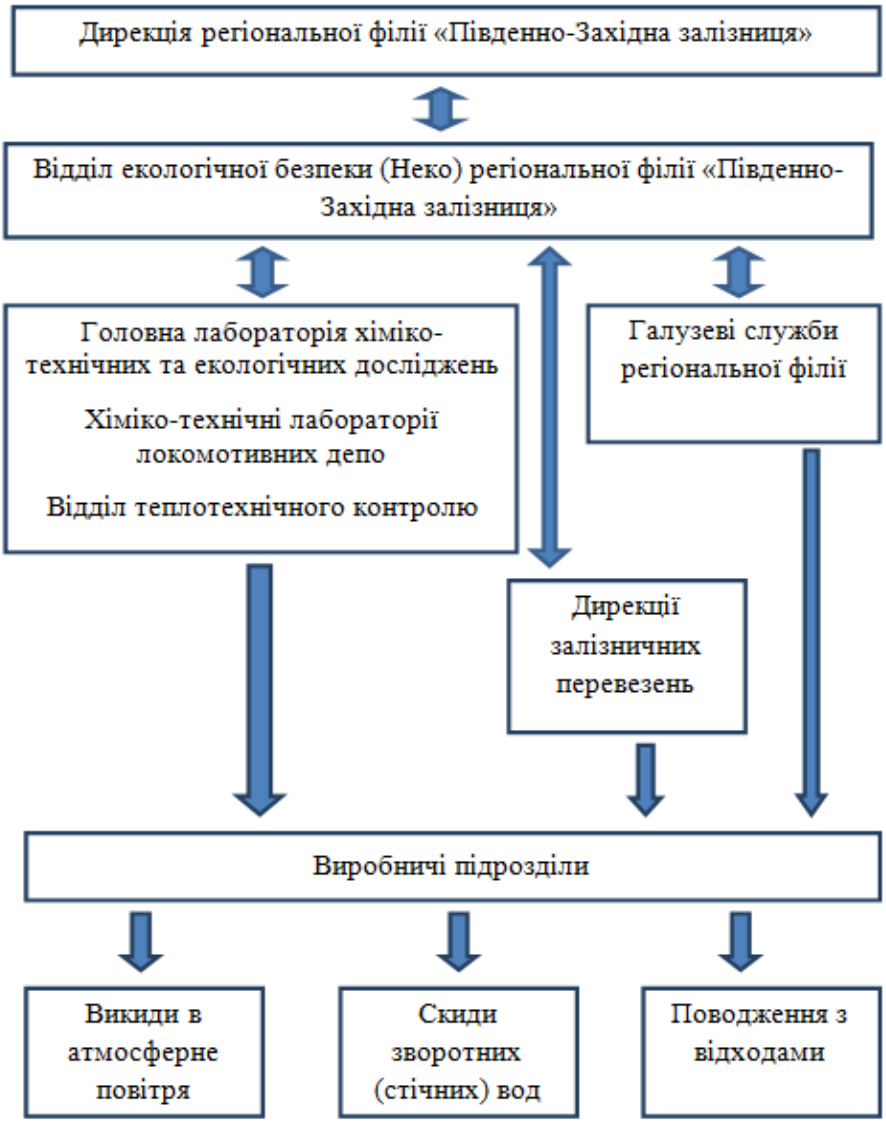


Рис. 1. Система контролю за впливами на довкілля у регіональній філії «Південно-Західна залізниця»

витку різних сфер управління та досягнення оптимізації роботи управлінських структур у цих сферах.

Форми здійснення відомчого контролю практично не відрізняються від форм, які застосовують державні контролюючі органи. Це планові та позапланові перевірки, затребування документів, пояснень тощо залежно від предмета контролю.

Відомчий контроль здійснюють зазвичай особи, які добре обізнані із суттю справи, що дає змогу повною мірою визначати чинники екологічної небезпеки та виявити проблеми в діяльності об'єкта контролю.

Для забезпечення оперативного вирішення завдань екологічної безпеки, запобігання порушень природоохоронного законодавства, належної координації природоохоронної роботи у виробничих підрозділах у регіональній філії створений самостійний відділ екологічної безпеки.

Основні завдання та напрями діяльності відділу екологічної безпеки: [11]

– координація єдиної екологічної політики, спрямованої на забезпечення ефективного використання та відтворення природних ресурсів, охорону довкілля та забезпечення екологічної безпеки у виробничих підрозділах залізниці;

– розробка Програм охорони довкілля, щорічних і перспективних планів природоохоронних заходів та контроль за їх впровадженням, проведення комплексних та цільових перевірок виробничих підрозділів;

– контроль за виконанням заходів щодо зменшення шкідливого впливу діяльності залізниці на довкілля, додержанням вимог природоохоронного законодавства виробничими підрозділами;

– участь у розробці плану капітальних внесків залізниці на природоохоронні заходи;

– складання щорічних звітів про виконання заходів щодо зменшення шкідливого впливу залізниці на довкілля.

На фахівців відділу екологічної безпеки регіональної філії та екологів у дирекціях залізничних перевезень покладено обов'язки з контролю виконання вимог природоохоронного законодавства у виробничих підрозділах, проведення систематичних перевірок, щоквартальний аналіз причин порушень природоохоронного законодавства та вжитих заходів.

У разі порушення вимог чинного законодавства до винних осіб вживаються заходи адміністративного впливу у вигляді дисциплінарних стягнень. Таке право має тільки орган відомчого контролю.

Відомчий екологічний контроль, що діє на залізниці, дає можливість відстежувати ефективність природоохоронних заходів та їх вплив на довкілля [12].

Завдяки проведеній електрифікації дільниць регіональної філії, переведенню котелень на більш екологічно чистий вид палива – газ, впровадженню сис-

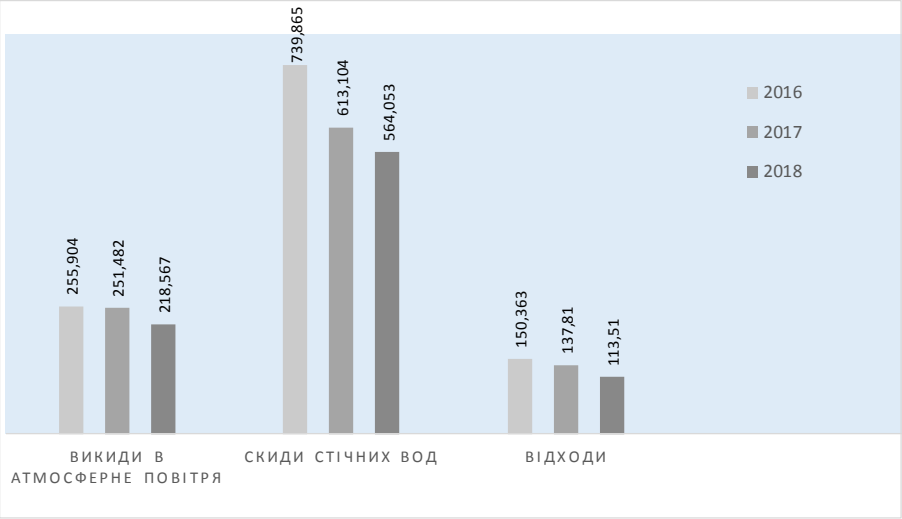


Рис. 2. Валові обсяги викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря (т), скидів зворотних (стічних) вод у водні об'єкти (тис. куб. м.) та утворення відходів ($т \times 10^2$)

Таблиця 1

Обсяги утворення відходів у регіональній філії «Південно-Західна залізниця» у 2016–2018 рр.

Клас небезпеки відходів	Обсяги утворення відходів, т		
	2016 р.	2017 р.	2018 р.
I клас	20,864	25,404	28,807
II клас	127,631	120,338	104,209
III клас	145,926	89,122	75,551
IV клас	14741,920	13546,136	11142,478

теми електричного опалення виробничих приміщень та інших заходів створена ефективна система контролю, зменшені надходження забруднюючих речовин в атмосферне повітря, скиди зворотних (стічних вод) та утворення відходів (рис. 2).

У таблиці 1 наведено інформацію щодо обсягів утворення всіх видів відходів за останні три роки.

Збільшення обсягів утворення відходів І класу відбувається у зв'язку з переходом до нових технологій, зокрема, до поступової заміни люмінесцентних ламп на енергозберігаючі та екологічно безпечні світлодіодні лампи, що дасть можливість у майбутньому зменшити кількість небезпечних відходів.

Отже система відомчого (виробничого) екологічного контролю у регіональній філії «Південно-Західна залізниця» АТ «Укрзалізниця» здатна забезпечити зменшення чинників екологічної небезпеки: забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами стаціонарних і пересувних джерел та водних ресурсів скидами зворотних (стічних) вод, зменшення обсягів утворення відходів.

З урахуванням недоліків наявної системи державного екологічного контролю [7] та можливостей відомчого (виробничого) контролю запропонована принципова модель системи екологічного контролю на основі двовекторного державного моніторингу (рис. 3), яка передбачає моніторинг екологічного стану довкілля (МЕСД), джерел екологічної небезпеки (МДЕН) та відомчий контроль за впливами на довкілля.

Передбачено, що база даних МДЕН об'єднає регіональні бази даних, які створюються та контролюються територіальними (регіональними) органами державного нагляду (контролю) на основі екологічних паспортів (ЕП) джерел екологічної небезпеки (суб'єктів господарювання). В ЕП будуть зафіксовані показники джерел екологічної небезпеки: обсяги викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, скидів шкідливих речовин у поверхневі водойми, утворення відходів тощо, які дозволені на момент складання екологічного паспорта.

Ці паспортні дані слугуватимуть базою для порівняння даних щомісячної електронної декларації, яку подають суб'єкти господарювання територіальним органам державного нагляду (контролю). Електронна декларація має містити поточні дані впливу на

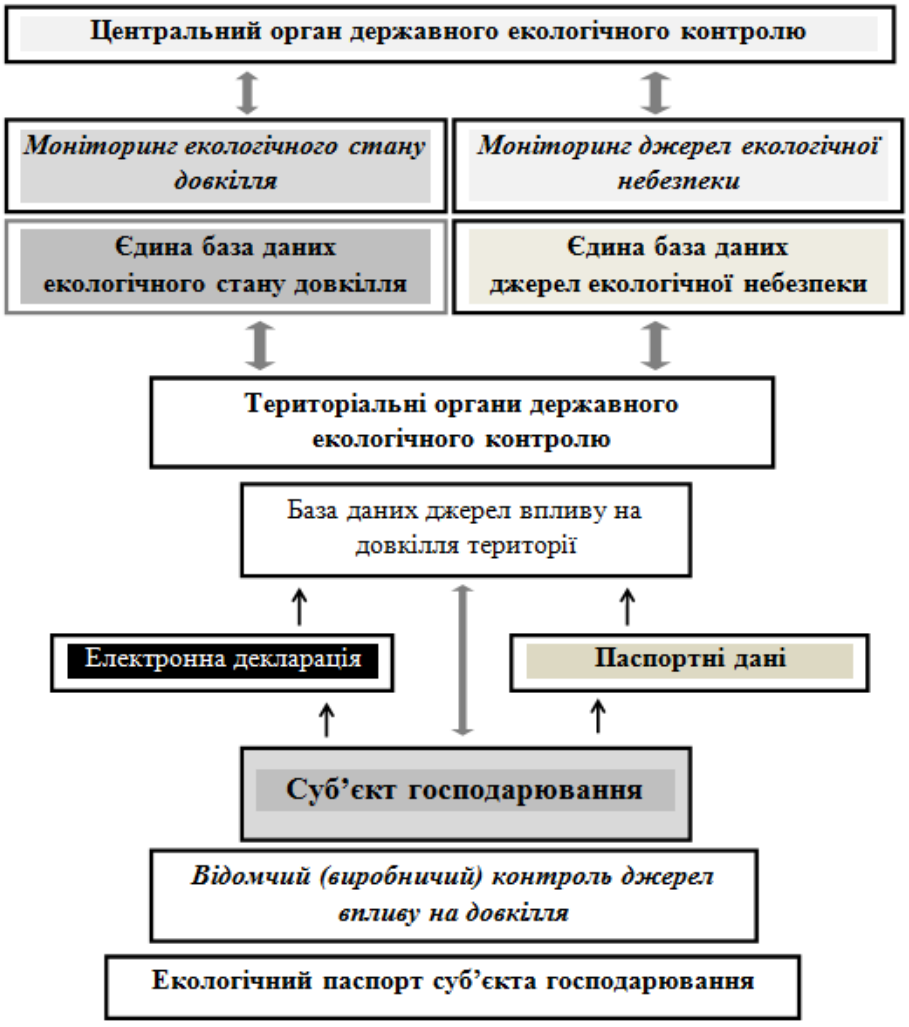


Рис. 3. Принципова модель системи екологічного контролю

довкілля показників екологічного паспорта. При цьому орган державного нагляду (контролю) має можливість аналізувати динаміку зміни обсягів шкідливого впливу і разом з результатами моніторингу екологічного стану довкілля приймати відповідні рішення щодо запровадження до суб'єкта господарювання санкцій позитивного чи негативного характеру, а також розробляти пропозиції з формування та реалізації державної екологічної політики.

Важливою особливістю такої системи є вільний доступ до інформації, що міститься в базі даних моніторингу як суб'єктів господарювання, так і громадських інспекторів з охорони довкілля та громадян.

Упровадження двовекторної системи моніторингу надає можливість оцінювати діяльність територіальних органів державного нагляду (контролю) відповідно до динаміки змін екологічного стану довкілля на відміну від існуючої системи оцінювання такої діяльності за кількістю виявлених порушень природоохоронного законодавства.

Доцільно також закріпити на законодавчому рівні визначення понять нагляду і контролю. Причому державний контроль має відстежувати екологічний стан довкілля, а державний нагляд – джерела екологічної небезпеки (джерелами впливу на довкілля – суб'єктами господарювання), за якими буде здійснюватися відомчий (виробничий) контроль. Одночасно посилення відповідальності за порушення вимог природоохоронного законодавства і зменшення шкідливих впливів на довкілля повинно заохочуватися впровадженням інструментів економічного механізму.

Головні висновки. Обґрунтовано доцільність посилення ролі відомчого екологічного контролю як чинника зменшення екологічної небезпеки.

Запропонована принципова модель системи екологічного контролю на основі двовекторного державного моніторингу, який передбачає моніторинг екологічного стану довкілля та моніторинг джерел екологічної небезпеки, а також відомчий контроль за впливами на довкілля, і в результаті забезпечить зменшення екологічної небезпеки.

Результати досліджень важливі для удосконалення системи державного екологічного управління, забезпечення дотримання основоположних принципів охорони навколишнього природного середовища, які передбачають пріоритетність вимог екологічної безпеки, запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та компенсацію шкоди, заподіяної порушенням законодавства, і можуть бути використані в процесі реформування системи державного екологічного контролю.

Література

1. Качинський А. Б., ХмільТ. А. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика. Київ : НІСД, 1997. 127 с.
2. Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління. Київ : Наук. думка. 542 с.
3. Шмандій В.М. Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави / В.М. Шмандій, О.В. Шмандій. *Екологічна безпека.* 2008. Вип. 1. С. 9–15.
4. Shmandiy V. Influence of territorial society on substantial diminishing of sociogen factors of ecological threats of handing consumption waste/ V. Shmandiy, O. Kharlamova. *Екологічна безпека.* 2009. Вип. 5. С. 9–12.
5. Харламова О.В. Антропоцентричний підхід в управлінні екологічною безпекою на регіональному рівні. 2014. URL: elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/205/4/5029p.pdf.
6. Експерти РПР закликають Мінприроди та Уряд переглянути реформу екологічного контролю, яка не вирішує проблем захисту довкілля URL: https://rpr.org.ua/news/eksperty-rpr-zaklykayut-minpryrody-ta-uryad-perehlyanuty-reformu-ekolohichnoho-kontrolyu-yaka-ne-vyrishuje-problem-zahystu-dovkillya/.
7. Біла книга про реформу екологічного контролю. URL: http://epl.org.ua/wpcontent/uploads/2018/07/white_paper_control_EPL_fin.pdf.
8. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII / Верховна Рада України. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12 (дата звернення: 17.03.2019).
9. Маслов Н.Н., Коробов Ю.И. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте. Москва : Транспорт, 1996. 270 с.
10. Короткий курс лекцій з дисципліни «Екологічне право». Лекція 12. Організаційно-правові форми екологічного контролю. URL: https://studme.com.ua/.
11. Положення про відділ екологічної безпеки регіональної філії «Південно-Західна залізниця» АТ «Українська залізниця». Затверджено наказом від 05.12.2012 № 635–Н.
12. Звіти про роботу з охорони навколишнього середовища за 2016–2018 рр. по регіональній філії «Південно-Західна залізниця» АТ «Укрзалізниця».

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ

УДК 504.064.45
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-5

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ПРОДУКТІВ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ВІДПОВІДНО ДО ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

Коляда М.К., Плаван В.П.
Київський національний університет технологій та дизайну
вул. Немировича-Данченка, 2, 01011, м. Київ
maksym.koliada@gmail.com

Право й екологічна політика Європейського Співтовариства виходять із необхідності запобігання утворенню відходів, сприяння повторному їх використанню, вторинній переробці та відновленню з метою зменшення впливу на довкілля. Пріоритетною метою постає зниження обсягів утворення відходів, перетворення їх у вторинні ресурси. Вітчизняне законодавство у цій сфері, незважаючи на розвинену нормативно-правову базу, лише частково відповідає вимогам Європейського Союзу. Метою нашого дослідження було визначення сучасного стану управління промисловими відходами в Україні порівняно з нормами Європейського Союзу. У статті показано, що переробка колагенвмісних відходів шкіряної та рибопереробної промисловості для одержання протеїнового гідролізату повністю відповідає вимогам законодавства ЄС щодо способів переробки вторинних продуктів із колагенвмісних відходів. Незважаючи на відсутність спеціального законодавства Європейського Союзу щодо шкіряної промисловості, на цей сектор економіки впливають різні заходи регуляції, які стосуються навколишнього середовища, використання хімікатів, маркетингу та деяких небезпечних речовин, а також тваринних побічних продуктів. Авторами запропоновані базові принципи використання колагенвмісних твердих шкіряних і рибних відходів. Зокрема, пропонується застосовувати деструкцію лише в тому разі, коли вичерпані всі можливості використання волокнистої структури протеїнових відходів; для кожного ступеня деструкції передбачити максимально можливий ступінь модифікації та використання. Варіювання способів отримання білкових гідролізатів дозволяє отримувати продукти із заданими властивостями. Отримані гідролізати мають збалансований амінокислотний склад і можуть бути використані для виробництва органічних добрив і стимуляторів росту у тваринництві, а після подальших модифікацій – як компонент біополімерних матеріалів. *Ключові слова:* колаген, шкіряні відходи, рибні відходи, законодавство.

Rational use of animal origin by-products in accordance to the ecological legislation of Ukraine and European Union. **Koliada M., Plavan V.** The law and the environmental policy of the European Union derive from the need to prevent the generation of waste, promote their reuse, recycling and recovery in order to reduce environmental impacts. The priority goal is to reduce the volume of waste generation, turning it into secondary resources. State Ukrainian legislation in this area, despite the sufficiently developed legal framework, only partially meets the requirements of the European Union. The aim of this study was to determine current state of the industrial waste management in Ukraine with comparison to the EU regulations. The paper shows that the processing of collagen-containing waste from the leather and fish processing industry for the production of protein hydrolyzate fully complies with the requirements of the EU legislation. Despite the lack of specific EU legislation on leather industry, various environmental regulation, chemicals use, marketing and the use of certain hazardous substances, as well as the use of animal by-products, affects this sector of the economy. The authors propose the basic principles of using collagen-containing solid leather and fish waste. It is proposed to use destruction only when all possibilities of using the fibrous structure of protein waste are considered and applied; for each stage of destruction, predict the maximum level of modification and use. Variation of the methods of obtaining protein hydrolysates allows you to obtain products with given properties. The obtained hydrolyzates have a balanced amino acid composition and can be used to produce organic fertilizers and growth promoters in livestock production, and after further modifications, as a component of biopolymer materials. *Key words*: collagen, leather waste, fish waste, legislation.

Постановка проблеми. Підписання Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом і його державами-членами, з іншої сторони, відкриває нові можливості у різних сферах суспільного життя, включаючи і сферу охорони довкілля. Значні обсяги накопичених в Україні відходів і відсутність ефективних заходів, спрямованих на запобігання їх утворенню, ефективну утилізацію, знешкодження та видалення, поглиблюють екологічну кризу та стають гальмівним фактором

розвитку національної економіки. Така ситуація зумовлює необхідність створення та забезпечення належного функціонування загальнодержавної стратегії управління відходами [1] Політика управління відходами ЄС передбачає ряд принципів, які мають загальний характер, тому їх застосування та інтерпретація спонукають держав-членів і країн-претендентів на членство в ЄС до поступової адаптації національного законодавства до європейського [2; 3].

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розробки нових технологій утилізації чи повторного використання вторинних продуктів тваринного походження, зокрема колагенвмісних відходів шкіряної та рибопереробної промисловості відповідно до вимог законодавства ЄС у галузі поводження з відходами.

Правові аспекти у сфері управління відходами (та їх окремими потоками) представлені в ЄС більше ніж десятьма директивами. З них у список Угоди про асоціацію ввійшли:

– Директива 2008/98/ЄС про відходи (рамкова);

– Директива 1999/31/ЄС про захоронення відходів;

– Директива 2006/21/ЄС про управління відходами видобувної промисловості.

Право й екологічна політика Співтовариства виходять із необхідності запобігання утворенню відходів, сприяння повторному їх використанню, вторинній переробці та відновленню з метою зменшення впливу на довкілля. Пріоритетною метою постає зниження обсягів утворення відходів, перетворення їх у вторинні ресурси. Вітчизняне законодавство у цій сфері, незважаючи на розвинену нормативно-правову базу, лише частково відповідає вимогам ЄС. Передусім Україна стоїть перед необхідністю переходу на нову концептуальну основу, в рамках якої пріоритетні цілі поводження з відходами забезпечуватимуть рух у напрямку «кругової» економіки з каскадним використанням ресурсів і мінімізацією обсягів залишкових продуктів. Відтак імплементація зазначених директив пов'язана зі значними змінами та доповненнями у правовому полі.

У контексті раціонального використання побічних продуктів тваринного походження особливий інтерес становить Директива № 1999/31/ЄС про захоронення відходів зі змінами і доповненнями, внесеними Регламентом (ЄС) № 1882/2003. Положення Директиви мають бути впроваджені для виробництв протягом 6 років із дати набрання чинності цієї Угоди [4; 5].

У практиці поводження з відходами у країнах ЄС принциповим є поділ відходів на безпечні та небезпечні. Основна відмінність між ними – ступінь шкідливого впливу на навколишнє середовище і необхідні технології переробки й утилізації. Згідно з такою класифікацією побічні продукти тваринного походження можна віднести до безпечних відходів.

У складанні міжнародних і національних планів і стратегій поводження з відходами законодавство ЄС керується т. зв. «Ієрархією відходів», представленою у Рамковій директиві по відходам [6]. Розвиток спеціальних технологій переробки й утилізації відходів дозволив розширити та конкретизувати цю ієрархію. Відповідно до такого підходу найкращою альтернативою є запобігання утворенню відходів або їх мінімізація у джерелах утворення, зокрема через зменшення кількості предметів і матеріалів, які відправляються на остаточну утилізацію / захоронення; відмову від зайвої упаковки; закупівлю тільки необхідної кількості предметів і матеріалів; використання предметів багаторазового/тривалого користування замість одноразових там, де це можливо.

Повторне використання, переробка в сировину і вторинні продукти, спалювання або захоронення з отриманням енергії, захоронення без отримання енергії, спалювання без отримання енергії, мінімізація відходів передбачають також дії щодо зниження їх токсичності/небезпеки. Зазвичай відповідні дії передбачають зміну виробничого процесу (використання менш токсичних вихідних ресурсів, відмову або мінімальне використання токсичних матеріалів для обробки вихідної сировини тощо).

Зменшення небезпечності продуктів і матеріалів робить їх повторне використання або вторинну переробку більш привабливою та рентабельною, оскільки передбачає повну відсутність або мінімізацію витрат на утилізацію небезпечних/токсичних компонентів таких продуктів і матеріалів. За повторного використання та вторинної переробки таких матеріалів і продуктів значно скорочується негативний вплив на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відходи шкіряної промисловості можна використовувати для виготовлення продуктів, які застосовуються в харчовій промисловості (желатину, ковбасних оболонок, гідролізатів колагену чи концентратів амінокислот); у сільському господарстві (кормових добавок для домашніх тварин, азотовмісного добрива, біорозкладних плівок тощо); для отримання виробів, що використовуються в медицині (білкової упаковки для ліків, білкових носіїв для деяких видів лікарських речовин, колагенових протезів, хірургічних ниток, трансплантатів); у виробництві деяких технічних виробів (абсорбентів, фільтрувальних матеріалів, фільтрів для сигарет, мембран для мікрофонів) тощо. Шкіряні відходи недублені або після дублення сполуками хрому (wet-blue) можна ефективно використовувати для отримання гнучких композитів чи плівкових матеріалів у полімерній промисловості [9].

Промислове використання колагену дуже широке. Найбільша частка білків колагену, одержаних зі шкіряної сировини, оброблені дубленням шкір у промисловості. Велика увага була приділена використанню білків колагену в медицині для виробництва волокон колагену (хірургічних ниток, які розсмоктуються), плівок, фольги, мембран, стрі-

чок, каркасів (покриття ран, гемодіаліз, що заміщають сухожилля), губок, флісу (медичних тампонів, лікарських резервуарів), труб (трубок протезування, хірургія порожнистих органів), порошків (гемостатичного агента), розчинного колагену (ін'єкційного колагену, носія лікарського засобу), гелів (склоподібного матеріалу замінника, зволожуючих агентів) і, нарешті, виробництва колагенового суглоба [7–12].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Вторинна переробка в сировину передбачає виробництво з відходів нових матеріалів і продуктів і/або сировини для інших товарів. Це більш економічний спосіб виробництва, ніж виготовлення тих самих матеріалів і продуктів із початкової сировини.

Виклад основного матеріалу. Міжнародна наукова конференція стосовно шляхів використання м'яса та кісткового борошна як корму, організована Єврокомісією та Європейським парламентом, започаткувала дискусію щодо відгодівлі тварин м'ясо-кістковим борошном. Європейський Парламент у своїй резолюції від 16 листопада 2000 р. Про губчастоподібну енцефалопатію великої рогатої худоби (ГЕВРХ) та безпеку кормів для тварин закликав заборонити використання тваринного білка в кормах. Практика годування тварин білками, одержаними з тіл або частин тіла одного і того самого виду, становить ризик розповсюдження хвороби. Згідно з резолюцією така практика як запобіжний захід має бути заборонена.

Побічні продукти тваринництва, не призначені для споживання людиною (зокрема оброблені тваринні білки, жири, корм для тварин, шкури та вовна) є важливим джерелом доходу для частки переробної промисловості та сільського господарства. Щоб забезпечити ефективний розвиток у цьому секторі та підвищити продуктивність праці, відповідність нормам здоров'я тварин і громадського здоров'я, для відповідних продуктів повинні бути встановлені правила утилізації та переробки [13].

З огляду на вищевикладене особлива увага має бути приділена переробці й утилізації колагенвмісних відходів шкіряного виробництва, харчової та рибопереробної промисловості.

Переробка відходів шкіряної промисловості.

Підприємства шкіряної промисловості належать до високозабруднювальних і токсичних. Підвищення більшістю європейських країн законодавчих норм для захисту довкілля змусило шкіряні підприємства дедалі більше використовувати новітні технології у переробці шкіряної сировини та виготовленні шкір. Незважаючи на відсутність спеціального законодавства ЄС щодо шкіряної промисловості, на цей сектор економіки впливають різні заходи регуляції, що стосуються навколишнього середовища, використання хімікатів, маркетингу та використання деяких небезпечних речовин, а також використання тваринних побічних продуктів.

Підвищення обсягів виробництва wet-blue напівфабрикату у Європі на початку 90-х рр. мало позитивний екологічний ефект та обмежило використання небезпечних консервуючих агентів, наприклад, пентахлорофенолу. Шкіряні підприємства, які спеціалізуються на виготовленні напівфабрикату wet-blue, мають забезпечувати очистку стічних вод і переробку відходів згідно із законодавством ЄС [14], зокрема:

Регламенту (ЄС) № 1907/2006 щодо реєстрації, оцінки, дозволу й обмеження хімічних речовин (REACH), оскільки шкіряна промисловість є важливим споживачем найрізноманітніших хімічних сполук [15];

Директиви 2010/75/ЄС про промислові викиди, за якою регулюються умови викидів і гранично допустимі викиди [16];

Регламенту (ЄС) 1069/2009 та Регламенту Комісії (ЄС) 142/2011 щодо побічних продуктів тваринного походження та продуктів, не призначених для споживання людьми, оскільки натуральна шкіра та шкури тварин є матеріалами тваринного походження, що використовуються поза межами харчового ланцюга [13].

Для обмеження кількості відходів, які направляються на утилізацію згідно із [17], потрібно організувати роботу на місцях з метою максимального збільшення частки вторинних продуктів, тобто відходів виробництва, що можуть бути використані як вихідна сировина (табл. 1).

Також для обмеження кількості відходів, які направляються на утилізацію, повинні організуватися операції на місці з метою полегшення повторного використання або ж у разі неможливості переробки відходів мають передбачатися інші шляхи повторного використання (табл. 2). Однак будь-які технічні рішення стосовно вторинних продуктів

Таблиця 1

Використання відходів шкіряного виробництва для отримання вторинних продуктів

Відходи виробництва	Використовуються як вторинний продукт для отримання
Волос і шерсть	Наповнювачів, вовняних виробів
Золена обрізь	Виробництво колагену
Недублений спилок	Виробництво шкіри Виробництво колагенової оболонки для ковбас Виробництво колагену Корм для собак
Дублений спилок та обрізь	Виробництво дрібних шкіргалантерейних виробів

від тваринництва та продуктів, які з них одержують, мають відповідати вимогам Регламенту ЄС № 1069/2009 щодо громадського здоров'я [13].

Тобто переробка сировинної обрізі, голинної обрізі та голинного спилку для одержання протеїнового гідролізату повністю відповідає вимогам законодавства ЄС щодо способів переробки вторинних продуктів із колагенвмісних відходів шкіряного виробництва.

Запропонований авторами підхід до використання колагенвмісних твердих шкіряних відходів базується на двох принципах: застосовувати деструкцію лише в тому разі, коли вичерпані всі можливості використання волокнистої структури; для кожного ступеня деструкції передбачити максимально можливу ступінь модифікації та використання. Варіювання способів отримання білкових гідролізатів дозволяє отримувати продукти із заданими властивостями. Залежно від вмісту амінокислот і наявності поліпептидів у діапазоні відповідної молекулярної маси може бути визначена сфера найбільш ефективного використання гідролізатів. Визначено, що недублені відходи доцільно переробляти зі збереженням волокнистої структури колагену – відходи піддають розділенню на волокна; недублені відходи можна переробляти зі збереженням молекул колагену – його переводять у розчин (колагенові препарати для медицини, колагенову неткану основу, колагенові плівки); частину колагенвмісних відходів піддають гідролізу, а продукти гідролізу – різноманітним модифікаціям. Таким чином отримують кормові добавки.

Нині практично немає ефективних технологій переробки твердих відходів шкіряної промисловості. Одні технології дуже трудомісткі та енергозатратні, інші – малопродуктивні, внаслідок чого десятки тисяч тонн відходів шкіряного виробництва закопуються на звалищах і кар'єрах, чим завдається велика шкода довкіллю. Було доведено, що застосування лужно-ферментативного методу гідролізу з попередньою обробкою перекисом водню за підвищеної температури забезпечує достатньо високий ступінь гідролізу колагенвмісних відходів та отримання гідролізату зі збалансованим амінокислотним складом. Враховуючи високий вміст азоту і присутність фосфору, гідролізат може використовуватися для отримання органічних добрив і стимуляторів росту, а після подальшої модифікації – як компонент композиційних матеріалів і біополімерів [18].

Переробка відходів рибопереробної промисловості. Відносна стабільність на вітчизняному валютному ринку України останнім часом має позитивний вплив на процес відновлення рибного ринку. Офіційні дані за 2018 р. свідчать про зростання імпорту та споживання рибної продукції в Україні на 15% у кількісному вираженні. За січень-грудень минулого року імпорт риби, рибної продукції та інших водних біоресурсів в Україну склав 379,5 тис. тонн, що на 15,8% більше порівняно з минулим

Таблиця 2

Напрями повторного використання шкіряних відходів після переробки

Відходи	Повторне використання після переробки	Переробка	Інші шляхи повторного використання
Волос і шерсть	Виробництво протеїнового гідролізату	Добрива	Відновлення енергії
Сировинна обрізь	Виробництво протеїнового гідролізату	Міздровий клей	Відновлення енергії
Голинна обрізь	Технічний жир; виробництво технічного желатину	Міздровий клей	Відновлення енергії
Міздря	Виробництво протеїнового гідролізату; технічний жир	Міздровий клей	Виробництво замінника палива Відновлення енергії
Голинний спилок	Виробництво технічного желатину Виробництво протеїнового гідролізату	Міздровий клей	Відновлення енергії
Видубленний спилок і обрізь	Виробництво шкірозамінника з не оздобленої обрізі; виробництво протеїнового гідролізату	–	Відновлення енергії
Шкіряна стружка	Виробництво шкірозамінника з не оздобленої обрізі; виробництво протеїнового гідролізату	–	Відновлення енергії
Мул після обробки стічних вод	–	–	Відновлення енергії

роком. Сума імпорту склала 635,8 млн дол. США. Зростання обсягів імпорту зумовлене збільшенням купівельної спроможності населення України [19]. Кулінарні вподобання українців залишаються відносно стійкими, і ТОП-10 найбільш імпортованих видів риб є таким: оселедець, скумбрія, хек, салака, лосось, кілька, минтай, мойва, сардини, нототенія.

Риба є цінним джерелом білків і поживних речовин у раціоні багатьох країн, і її важливість у становленні продовольчої безпеки значно зростає. За оцінками Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), загальний обсяг постачання продовольства, доступний рибному промислу у живій вазі, оцінюється трохи вище 20,3 кг на рік для кожного жителя країни, з яких 9,2 кг забезпечувалося за рахунок традиційного промислового рибальства, а 11,1 кг – за рахунок розвитку аквакультури.

Риба псується і стає неїстівною швидше, ніж будь-які інші продукти. Якщо риба не споживається незабаром після вилову, вона втрачає свою харчову цінність. Технології збереження й обробки, що включають зменшення температури (охолодження та заморожування), термічну обробку (консервування, кип'ятіння та коптіння), зменшення доступної води (сушіння, засолення і коптіння) та зміну середовища зберігання (пакування й охолодження) можуть знизити рівень псування і дозволяють реалізувати рибу на загальносвітовій основі.

Однак, коли йдеться про неправильну інфраструктуру та механізми, призначені для збереження продукту, риба може бути втрачена, оскільки стає зіпсованою, перш ніж досягає споживача. Приклади можуть включати в себе перебої з джерелами живлення, що призводить до переривання постачання льоду або заморожування та зберігання холоду для збереження низькотемпературного режиму, пошкодження машин консервної промисловості, неповну стерилізацію, відмову транспортної інфраструктури під час транспортування продукту на ринок [20].

Найпоширенішим використанням рибних ресурсів є харчова промисловість. Рибні ресурси зараз виробляють рекордну кількість продуктів харчування. Питома вага глобального виробництва риби, яка використовується для прямого споживання людиною, зараз перевищує 77%. Значно зросло за останні десятиліття споживання свіжої риби, що випереджає інші рибні продукти, такі як рибні консерви [21].

Риба, яка виловлена та не використовується для прямого споживання людиною, переробляється на рибне борошно та жир. Рибне борошно історично використовувалося як корм, головним чином для свиней і курей. Протягом останнього десятиліття зростаюча частина продукції була використана для вирощування м'ясоїдних водних видів (таких як лосось, креветки, морський окунь, морський лящ тощо), що становить менше 10% світового виробництва аквакультури.

Переробка рибних відходів особливо актуальна, оскільки безпосередньо пов'язана з проблемою екології. Самі по собі рибні відходи особливого збитку природному середовищу не завдають. Однак за великого їх накопичення рибні, як і будь які інші харчові відходи, здатні шкодити навколишньому середовищу загалом і людині зокрема. Це зумовлено тим, що, по-перше, при їх похованні утворюється т. зв. звалищний газ, макрокомпонентами якого є метан (CH_4) – 40–60% і діоксид вуглецю (CO_2) – 30–45%, здатні завдавати відчутної шкоди навколишньому середовищу. По-друге, при похованні їх не можна змішувати з іншими відходами саме через небезпеку утворення таких небезпечних сполук, як діоксиди. По-третє, розміщення відходів на полігонах спричиняє виведення значних земельних ділянок із господарського обігу. Вже сьогодні загальна площа полігонів і звалищ складає близько 7 тис. га землі. По-четверте, проблема утилізації рибних відходів посилюється тим, що через їх високу вологість вони здатні швидко загнивати, прокисати, а значить, є джерелом розмноження патогенних мікроорганізмів і всіляких переносників хвороб – гризунів, тарганів, мух. Саме тому розміщення відходів зазначеного типу на полігонах і звалищах без відповідних робіт щодо їх захоронення є вкрай небезпечним для людей і навколишнього середовища.

Крім того, екологічно безпечне видалення та захоронення відходів потребує додаткових затрат. Розробка та запровадження технології повної переробки рибних відходів, зокрема рибних нутрощів, потенційно здатна сприяти тому, щоб рибні відходи стали джерелом додаткового прибутку для виробників, одночасно вирішуючи екологічні проблеми та виключаючи фінансові втрати.

Так, авторами статті розроблений метод утилізації відходів, отриманих після розбирання скумбрії (*Scomber*) [22]. Метод включає кислотно-ферментативний гідроліз відходів у розчині оцтової кислоти за присутності ферменту в поєднанні з попереднім промиванням лугом для видалення розчинних білків. Скорочення тривалості промивки лугом призводить до збільшення вмісту мінеральних речовин у кінцевому продукті. Підвищення тривалості кислотно-ферментативного гідролізу має позитивний вплив на якість кінцевого продукту та впливає на підвищення вмісту загального азоту. Отриманий гідролізат має збалансований амінокислотний склад і може бути використаний для виробництва органічних добрив і стимуляторів росту у тваринництві, а після подальших модифікацій – як компонент біополімерних матеріалів.

Головні висновки. Таким чином, переробка колагенвмісних відходів шкіряної та рибопереробної промисловості для одержання протеїнового гідролізату повністю відповідає вимогам законодавства ЄС щодо способів переробки вторинних продуктів із колагенвмісних відходів. Авторами запропоновані базові принципи використання колагенвмісних твердих шкіряних і рибних відходів, зокрема пропонується

застосовувати деструкцію лише в тому разі, коли вичерпані всі можливості використання волокнистої структури протеїнових відходів; для кожного ступеня деструкції передбачити максимально можливу ступінь модифікації та використання. Варіювання способів отримання білкових гідролізатів дозволяє отримувати продукти із заданими властивостями. Отримані гідролізати мають збалансований амінокислотний склад і можуть бути використані для виробництва органічних добрив і стимуляторів росту у тваринництві, а після подальших модифікацій – як компонент біополімерних матеріалів.

Література

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08 листопада 2017 р. № 820-р «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року». *База даних «Законодавство України»* / ВР України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80 (дата звернення: 25.05.2019).
2. Гуменюк Г.Д., Войтюк Г.В. Поводження з відходами: вимоги Європейського Союзу і законодавства України. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2015. № 3. С. 26–29.
3. Зерук В.А. Аналіз нормативно-правової бази реалізації політики поводження з відходами в Україні. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ : НТУ, 2013. Вип. 12.
4. Директива Європейського парламенту та Ради 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 р. про захоронення відходів. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/ dir/1999/31/oj (дата звернення: 25.05.2019).
5. Федунь М.В. Правове регулювання поводження з відходами згідно з Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія : Юриспруденція*. 2015. № 13 (2). С. 124–126.
6. Директива Європейського парламенту та Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 р. про відходи (рамкова). URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/ dir/2008/98/oj (дата звернення: 25.05.2019).
7. Ambrosio L., Sunamoto J. Composite Materials as Scaffolds for Tissue Engineering. *Biomedical Polymers and Polymer Therapeutics /* Kluwer Academic. Plenum Publishers, New York, 2001. P. 227–233.
8. Mora P.C. Dermocosmetic Applications of Polymeric Biomaterials. *Polymeric Biomaterials* / S. Dumitru. CRC Press, New York, 2001. P. 459–490.
9. Brodsky B. Collagens and Gelatine. *Biopolymers: Volume 8 – Polyamides and Complex Proteinaceous Materials* / S.R. Fahnenstock, A. Steinbüchel. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2003. P. 119–153.
10. Sander E.A. Biomimetic Collagen Tissues: Collagenous Tissue Engineering and Other Applications. *Collagen: Structure and Mechanics /* P. Fratzl. Springer Science + Business Media, New York, 2008. P. 476–505.
11. Urry D.W. Elastic and Plastic Protein-Based Polymers: Potential for Industrial Uses. *Industrial Biotechnological Polymers* / Ch.G. Gebelein, Ch.E. Carraher. Technomic Publishing Company, Lancaster, 1995. P. 259–280.
12. Li, S.T. Biologic Biomaterials: Tissue-Derived Biomaterials. *Biomaterials: Principles and Applications* / J.B. Park, J.D. Bronzino. CRC Press, Boca Raton, 2002. P. 117–139.
13. Регламент (ЄС) № 1069/2009 Європейського Парламенту та Ради від 21 жовтня 2009 р., що встановлює правила охорони здоров'я стосовно побічних продуктів тваринного походження та похідних продуктів, не призначених для споживання людиною. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/ 2009/1069/oj (дата звернення: 25.05.2019).
14. Jenkins R., Barton J., Bartzokas A. Environmental Regulation in the New Global Economy. Northampton, Massachusetts : Edward Elgar Publishing, 2002.
15. Регламент (ЄС) № 1907/2006 Європейського Парламенту та Ради від 18 грудня 2006 р. щодо реєстрації, оцінки, авторизації та обмеження хімічних речовин (REACH), що створює Європейське агентство хімічних речовин. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1907/2014-04-10 (дата звернення: 25.05.2019).
16. Директива 2010/75/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 24 листопада 2010 р. про промислові викиди (комплексне попередження та контроль забруднення). URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj (дата звернення: 25.05.2019).
17. 2013/84/ЄС: Рішення про виконання Комісії від 11 лютого 2013 р. про встановлення найкращих доступних методів (BAT) висновків відповідно до Директиви 2010/75/ЄС Європейського Парламенту та Ради про промислові викиди для дублення шкір. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/ dec_impl/2013/84/oj (дата звернення: 25.05.2019).
18. Коляда М.К., Плаван В.П., Барсуков В.З. Властивості колагенового гідролізату, отриманого із безхромових шкіряних відходів. *Вісник КНУТД*. 2014. № 2 (76). С. 11–16.
19. У минулому році експорт рибної продукції збільшився на 8% / Держрибагентство. 2019. URL: http://darg.gov.ua/_u_minulomu_roci_eksport_ 0_0_0_8371_1.html?search=%B3%EC%EF%EE%F0%F2 (дата звернення: 25.05.2019).
20. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. № 7. Rome, FAO. 1998. 33 p.
21. Публічний звіт Державного агентства рибного господарства України за 2018 рік / Державне агентство рибного господарства України. 2019. URL: http://darg.gov.ua/_publichnij_zvit_derzhavnogo_0_0_0_8359_1.html (дата звернення: 25.05.2019).
22. Коляда М.К., Плаван В.П., Сафранов Т.А., Мельник К.С. Розробка методу утилізації колагенвмісних відходів рибопереробної промисловості. *Вісник КНУТД*. 2016. № 2 (96). С. 177–182.

УДК 582.5(477)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-6

СУЧАСНИЙ СТАН ФЛОРИ УЗБІЧ АВТОМОБІЛЬНИХ ШЛЯХІВ МІЖНАРОДНОГО ЗНАЧЕННЯ ХМЕЛЬНИЧЧИНИ

Рудка Ю.О., Бондаренко О.Ю.
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Шампанський провулок, 2, 65063, м. Одеса
rudkau@gmail.com

У статті наводяться результати дослідження сучасної флори узбіч автомобільних шляхів міжнародного значення для Хмельницької області. Такі екотопи формуються специфічним субстратом, характеризуються низкою екологічних особливостей для росту та розвитку рослин і становлять найбільш трансформовані типи ділянок антропогенно перетворених екосистем. Встановлено сучасний систематичний склад вищих судинних рослин узбіч дороги міжнародного значення М12 на ділянці довжиною 3 км в околицях міста Волочиськ (Хмельницька область). З'ясовано спектр життєвих форм для зазначених видів. Проведено розподіл видів відповідно до їх спектрів за відношенням до водного режиму й освітлення. Як елемент флористичного аналізу ділянки розглянуто перелік господарських груп. У процесі роботи встановлено розподіл наявних синантропних видів за ступенем їх натуралізації чи адаптації на трансформованих ділянках. Виявлені особливості флори трансформованих ділянок на прикладі узбіч автомобільних шляхів для досліджуваного регіону достатньо показові. Загалом флора представлена родинами, провідними як у природній, так і в синантропній флорах України, здебільшого це багаторічні види, які характеризують мезофітну фракцію флори, потребують доброго освітлення і представляють аборигенну фракцію флори. Можна зважити на те, що автомобільні дороги різного значення завжди були шляхами проникнення чужорідних видів на нові території. Припускаємо, що у регіональній флорі наявне ядро аборигенних видів, які здатні адаптуватися до трансформації екотопів і є активними учасниками відновлювальних процесів у флорі. Представлені результати є достовірною базою для подальших регіональних ботанічних робіт, мають цінність для аналізу та вирішення низки екологічних проблем. Викладені дані можуть стати елементом в оцінці сучасної ролі рослин при відновленні регіонального флористичного складу антропогенно перетворених ділянок різного походження та різного ступеня навантаження. Результати сприятимуть накопиченню відомостей про синантропні рослини. *Ключові слова:* рослини, синантропна флора, узбіччя автомобільних шляхів, Хмельницька область.

The modern flora state of the roadside of automobile ways of the international quality of Khmelnytskyi region. Rudka Y., Bondarenko O. The article presents the results of research of modern flora on the road of international importance for Khmelnytsky region. Such ecotopes are formed by a specific substrate, characterized by a number of ecological peculiarities for the growth and development of plants and represent the most transformed types of sites of anthropogenically transformed ecosystems. The modern systematic structure of higher vascular plants is established on the side of the road of international importance M12 on a section of length 3 km in the vicinity of the city Volochysk (Khmelnytsky region). The spectrum of life forms for the marked species was determined. The distribution of species has been carried out according to their spectra in relation to water regime and lighting. As an element of floristic analysis of the site, a list of economic groups is considered. In the course of work, the distribution of existing synanthropic species according to the degree of their naturalization or adaptation on the transformed areas is established. The revealed features of the flora of transformed areas, on the example of the roadside for the studied region, are quite revealing. In general, the flora is represented by families, which are leading both in natural and synanthropic flora of Ukraine, for the most part, are perennial species that characterize the mesophytic fraction of flora, require good illumination and in the vast majority represent an aboriginal fraction of flora. It can be noted that roads of varying importance have always been ways of penetrating alien species into new territories. We assume that in the regional flora there is a core of aboriginal species that are able to adapt to the transformation of ecotopes and are active participants in the processes of regeneration in the flora. The presented results are a reliable basis for further regional botanical works, certainly has value in the analysis and solving of a number of environmental problems. The above data can become an element in assessing the modern role of plants in restoring the regional floristic composition of anthropogenically transformed areas of different origins and different degrees of load. The results will contribute to the accumulation of information about synanthropic plants. *Key words:* plants, synanthropic flora, roadside road, Khmelnitsky region.

Постановка проблеми. Узбіччя автомобільних доріг різного призначення – це ділянки, де рослини зазнають як прямого впливу, так і додаткового: підвищених температур від автомобільного полотна, вібраційно-акустичного навантаження, зміни газового та пилового режимів [1–3]. Такі ділянки належать до екотехнічної секції та дорожньо-лінійного класу антропогенно перетворених екосистем (Виноградов, 1998) [4; 5].

Актуальність дослідження. В умовах надмірного антропогенного тиску на природні ділянки, який спостерігається практично на всій території України, особливої уваги потребують вивчення й аналіз сучасного стану флори на таких ділянках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комплекс флори на аналогічних субстратах є початковою стадією формування рослинності перелогів. Відповідно тут формується специфічний комплекс

видів рослин із нестійкими зв'язками, відмінних від регіональних [6; 7]. Безумовно, вивчення флори антропогенно перетворених ділянок є одним із приоритетних моментів сучасної ботанічної науки України, про що свідчать роботи В.В. Протопопової, М.В. Шевери, Р.І. Бурди, О.В. Лукаша, Т.В. Васильєвої та багатьої інших вчених.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Значні за обсягом ботанічні роботи цієї тематики дозволяють аналізувати загальні тенденції сучасного антропогенного перетворення екотопів України. Регіональні ж флористичні роботи дозволяють оцінити особливості мікропроцесів, які змінюють умови існування рослин при функціонуванні, експлуатації різних за походженням, розміром тощо екотопів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою роботи було детальне вивчення структури сучасної флори узбіч доріг міжнародного значення Хмельницької області.

Предметом дослідження була флора узбіч доріг міжнародного значення Хмельниччини. Об'єктом – стан сучасної флори згадуваних узбіч.

Завдання: 1. Встановити сучасний систематичний склад вищих судинних рослин узбіч доріг міжнародного значення Хмельницької області. 2. З'ясувати спектр життєвих форм видів. 3. Проаналізувати спектри видів за відношенням до зволоження й освітлення. 4. Охарактеризувати розподіл видів на господарські групи. 5. Виявити наявність синантропних видів.

Виклад основного матеріалу. Вивчення флори узбіч проводилося у літньо-осінній період 2018 р. Обрано частину узбіч доріг автомобільного шляху міжнародного значення М12 (Стрий – Знам'янка, довжиною 746,2 км), що збігається із частиною європейського маршруту Е50 (європейський автошлях, який бере початок у місті Брест (Франція) та закінчується у Махачкалі (Росія)). Загальна довжина маршруту – 5 100 км.

Хмельницька область розміщена на крайньому сході Подільської лісостепової височини, північною частиною заходить у Полісся, яке в цій частині теж є височиною. Територія дослідження належить до Волочисько-Антонінського геоботанічного району з поширенням у доагрикультурні часи лучних степів, остепнених лук і боліт по долинах річок [8; 9].

Середньорічна температура повітря в області коливається від 6,8°С в північній і центральній частинах області до 7,3°С – в південній. Кількість опадів достатня (530–670 мм на рік). Представлені здебільшого глибокі малогумусні чорноземи та чорноземи опідзолені. Територія Волочисько-Антонінського району розорана на 80% і більше. По долинах річок поширені евтрофні болота [8].

За літературними даними, флора регіону представлена понад 1 500 видами вищих спорових і насінних рослин, що належать до 100 родин і 500 родів. Переважають види з відділу Покритонасінних, які становлять 97,39% [10].

Польові дослідження проводилися на узбіччях дороги, на ділянці протяжністю 3 км (перехрестя вул. Фридрихівської, м. Волочиськ – перехрестя вул. Копачівської, м. Волочиськ, Хмельницької області) (рис. 1).

Для будови міжнародного автомобільного шляху передбачене тверде покриття, ущільнене дорожніми сумішами або кам'яними матеріалами [11]. Це визначає специфічність такого субстрату для існування рослин: на стабілізаційній смузі придатних для визначення виду рослин нами не відзначено.

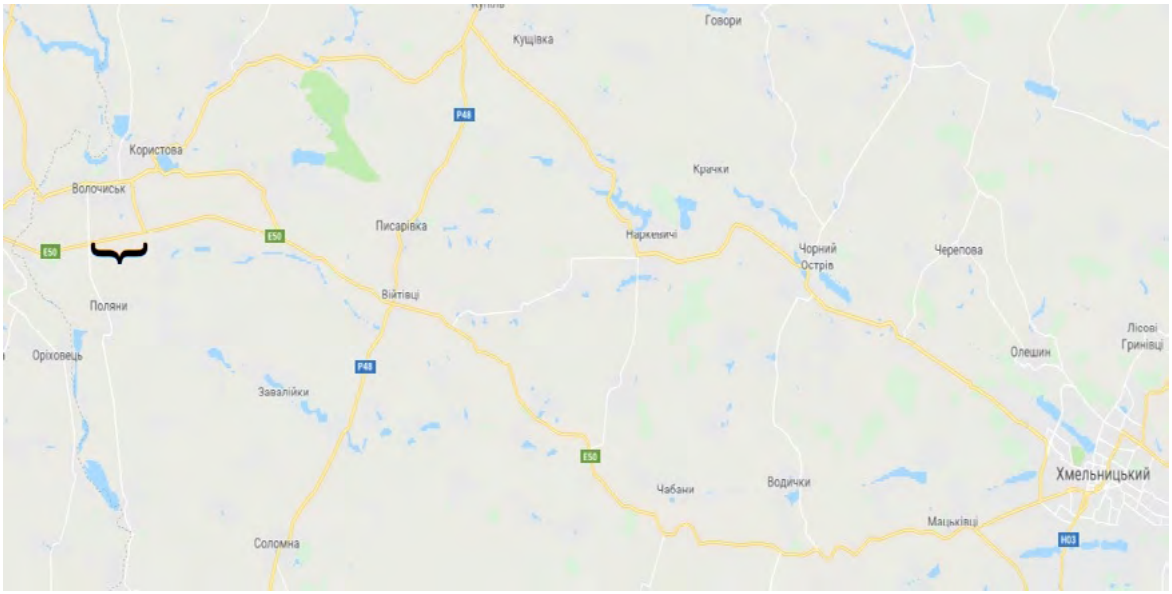


Рис. 1. Карта-схема району дослідження щодо обласного центра – м. Хмельницький

Рослини фіксувалися лише на узбіччі дороги, на відстані 0,8–1,0 м від твердого асфальтного покриття.

Рослини збиралися відповідно до вказівок довідкової літератури [12]. Визначення рослин проводилося за [13]. Систематичний розподіл знайдених рослин, а також таксономічні особливості видів прийняті за [14]. Життєві форми виділяли за схемою К. Раункієра відповідно до [13; 15; 16].

Для встановлення екологічної приуроченості кожного виду використовували довідник Г.К. Горишиної [17] та сучасні відомості з багатотомного видання «Екофлора України» [16].

Розподіл видів у господарських групах прийнято за довідковою літературою [13; 16; 18].

Для виявлення синантропних видів використано роботу В.В. Протопопової [6].

У процесі роботи нами знайдено 26 видів рослин із 14 родин. Домінують представники родини *Asteraceae* (Айстрові) – 10 видів і 7 родів, а також родин *Fabaceae* (Бобові) та *Lamiaceae* (Глухокропивові) – по 3 та 2 види відповідно. Інші родини, а саме: *Apiaceae* (Зонтичні), *Campanulaceae* (Дзвоникові), *Caryophyllaceae* (Гвоздичні), *Convolvulaceae* (Берізкові), *Euphorbiaceae* (Молочайні), *Plantaginaceae* (Подорожникові), *Poaceae* (Злакові), *Polygonaceae* (Гречкові), *Rosaceae* (Розові), *Scrophulariaceae* (Ранникові), *Urticaceae* (Кропивові) є монородовими та моновидовими.

Таким чином, на узбіччях дослідженого автомобільного шосе представлені види рослин, які характеризують провідні родини як природної, так і синантропної флор України [6; 13]. Вузький систематичний спектр флори досліджуваних узбіч пов'язуємо із суцільною трансформацією субстрату, а також комплексом негативних супутніх факторів, як-то зливовий, талий стік, забруднений речовинами неорганічного й органічного походження, зокрема нафтопродуктами, твердими частинками із відпрацьованих газів, протиожеледецевими солями, пилом, мастилом тощо [3; 17].

Шляхом аналізу життєвих форм видів узбіч доріг Хмельницької області за характером біоморф (за К. Раункієром) [16; 17] встановлено переважання гемікриптофітів – 76,9%. Частка терофітів – 23,1%. Цікаво, що серед них траплялися культивовані види, насіння яких було втрачене при перевезенні, як, наприклад, *Helianthus anuus* L. (соняшник однорічний).

Відсутність дерев і чагарників на узбіччях, насіння яких могло бути занесене із навколишніх ділянок, навіть у вигляді сіянців, може бути пов'язаним зі своєчасним доглядом за такими ділянками (обкошуванням). Крім того, допускаємо, що серед деревно-чагарникових представників флори навколишніх ділянок менше антропотолерантних видів, екологічні умови узбіч для них є несприятливими, і належного розвитку такі рослини не отримують. Важливими є подальші аналогічні дослідження.

За відношенням до водного режиму спостерігався практично однаковий розподіл видів між двома групами: ксеромезофітів – 46%, серед яких: *Cichorium intybus* (цикорій дикий), *Euphorbia virgultoza* (молочай прутовидний) та ін.) і мезофітів – 42%: *Achillea submillefolium* Kloket. Krytzka (деревій майже звичайний), *Vicia cracca* L. (горошок мишачий) та ін. Таким чином, простежується переважання мезофітної групи рослин, що можна пов'язати з повільним поглинанням води субстратом через його щільність, а також додатковим стоком води з асфальтового покриття.

Також на узбіччях було знайдено декілька представників групи гігрофітів (*Stachys palustris* L. (чистець болотний), *Silene vulgaris* (Moench) Garke. (смілка звичайна). Наявність цих видів у флорі можна пов'язати із застоєм води на окремих ділянках та утворенням калюж.

Освітлення є важливим лімітуючим фактором поширення видів у ценозах. Нами відзначено рівний розподіл видів між групами геліофітів і сциогеліофітів – по 50,0% видів. Узбіччя доріг зазвичай добре освітлені. Представниками останньої групи є переважно рослини регіональної флори, здатні існувати за жорстких умов аналогічних антропогенно перетворених ділянок.

Господарське значення рослин є одним із важливих елементів аналізу різних флор, хоча цей аспект окремих ділянок і не завжди має потенційний попит.

На узбіччях міжнародної дороги М12 встановлено переважання лікарських рослин (84,6%), зокрема траплялися рослини видів: *Agrimonia eupatoria* L. (парило звичайне), *Campanula persicifolia* L. (дзвоники персиколисті) та ін. Проте на другому місці за кількістю видів – група бур'янів: *Cuscuta epithymum* (L.) L. (повитиця чебрецева), *Taraxacum officinale* Webb. et. Wigg. (кульбаба лікарська) та ін.; таких видів 73,1%.

Поширеними є вітаміноносні, кормові та харчові види (61,5%, 53,8% та 53,8% відповідно). Найменш представлені групи декоративних – 15,4%, отруйних – 15,4%, технічних – 15,4% та олійних рослин – 11,5%. Багато рослин одночасно характеризуються декількома напрямами використання: наприклад, *Agrimonia eupatoria* L. представлена у групах вітаміноносних, дубильних, жироолійних, фарбувальних, лікарських, ефіроолійних і бур'янових рослин.

Слід зазначити, що види, які зростають на узбіччях доріг, не можуть безпосередньо використовуватися людиною в побуті та сільському господарстві, оскільки ґрунти тут забруднені важкими металами та токсичними речовинами, джерелом яких слугує автотранспорт [19], а рослини мають властивість накопичувати ці речовини.

Ще однією не менш важливою за умов сучасного антропогенного впливу є характеристика синантропних видів флори. Зазвичай узбіччя автомобільних

доріг є шляхами проникнення та закріплення багатьох синантропних видів рослин на нових територіях [7].

Відповідно до роботи В.В. Протопопової [6] всі синантропні види рослин були поділені нами за ступенем їх натуралізації чи адаптації на трансформованих ділянках.

Встановлено переважання синантропних видів аборигенного походження – 53,0% від загальної кількості зафіксованих видів. Серед таких на узбіччях траплялися – *Polygonum aviculare* L. (спориш звичайний), *Linaria vulgaris* Mill. (льонок звичайний) та ін. Ще 30,7% видів походять з-за теренів України та представляють групу адвентивних рослин, як, наприклад, *Echinochloa crus galli* (L.) Beauw. (плоскуха звичайна), *Urtica urens* L. (кропива жалка) та ін.

Тож встановлено, що у флорі досліджених узбіч 83,7% видів, за літературними даними, є синантропними [6].

Головні висновки. Таким чином, на узбіччях автомобільних шляхів міжнародного значення Хмельниччини знайдено 26 видів рослин із 14 родин. За кількістю видів констатуємо домінування родини *Asteraceae*, їх частка становить 38,5%. У біоморфологічному аспекті представлено дві групи: гемікриптофіти (77,0%) та терофіти (23,0%). За відношенням до зволоженості спостерігається сильне переважання мезофітної групи (мезофіти та ксеромезофіти), яка становить 88,0% загальної кількості видів. За відношенням до освітленості види розділилися на дві рівні групи: геліофіти та сциогеліофіти. Велика кількість видів рослин узбіч мають господарське значення. Серед них переважною більшістю видів представлені групи лікарських, бур'янових, вітаміноносних і кормових рослин – від 84,0 до 53,8%. Інші групи представлені меншою кількістю видів. Понад 83,0% видів є синантропними. Встановлено, що 53,0% видів – апофітного походження, ще 30,7% – адвентивного.

За деякими даними, слід аналізувати не лише загальні закономірності формування екотопів відповідно до ступеня антропогенного перетворення, але й звертати увагу на специфічність регіональних умов формування цих екотопів [20]. Тому вважаємо, що подальші дослідження є перспективними з огляду на те, що аналогічних ботанічних робіт для Хмельниччини не виявлено.

Література

1. Потіш Л.А. Екологія : навчальний посібник. Київ, 2008. 272 с.
2. Краснов В. П., Шелест З.М., Давидова І.В. Фітоекологія з основами лісівництва. Суми, 2012. 415 с.
3. Бессонова В.П., Прудніков Д.С. Аналіз життєвого стану деревних рослин придорожнього насадження вул. Нігояна. *Рослини та урбанізація: Матеріали восьмої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 5 березня 2019 р.)*. Дніпро, 2019. С. 10–11.
4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Э. Вайнер, Р. Вальтер, Т. Ветцель и др. ; пер. с нем. Г.И. Лойдиной, В.А. Турчаниновой ; под ред. Р. Шуберта. Москва, 1988. С. 189–195.
5. Бурда Р.І., Дідух Я.П. Застосування методики оцінки антропотолерантності видів вищих рослин при створенні «Екофлори України». *Укр. фітоцен. зб. Серія С.* Київ, 2003. Вип. 1 (20). С. 34–44.
6. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и путиеёразвития. Киев, 1991. 192 с.
7. Burda R.I., Tokhtar V.K. Invasion, distribution and naturalization of plants along railroads of the Ukrainian south-east. *Укр. ботан. журн.* 1992. Т. 49. № 5.С. 14–18.
8. Геоботанічне районування Української РСР. Київ, 1977. 303 с.
9. Геренчук К.І., Свинко Й.М., Трохимчук С.В. Природа Хмельницької області / за ред. К.І. Геренчука. Львів : Вища школа, 1980. 152 с.
10. Любінська Л.Г., Юглічек Л.С. Флора Хмельниччини : навчальний посібник. Хмельницький, 2017. 220 с.
11. Автомобільні дороги. Ч. І. Проектування: ДБН В.2.3-4: 2015. Чинний від 2016-04-01. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2015. 104 с.
12. Скворцов А.К. Гербарий: Пособие по методике и технике. Москва, 1977. 198 с.
13. Определитель высших растений Украины. Киев, 1987. 548 с.
14. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist. Kiev, 1999. 345 p.
15. Серебряков И.Г. Экологическая морфология. Москва, 1962. 378 с.
16. Дідух Я.П., Бурда Р.І., Зиман С.М. Екофлора України. Київ : Фітосоціоцентр, 2000–2007. Т. 1–3, 5.
17. Горышина Т.К. Экология растений. Москва, 1979. 368 с.
18. Губанов И.А., Киселёва К.В., Новиков В.С. Дикорастущие полезные растения. Москва, 1987. 158 с.
19. Адаптивні системи землеробства : підручник / В.П. Гудзь, І.А. Шувар, А.В. Юник та ін. ; за ред. В.П. Гудзя. Київ, 2014. 336 с.
20. Бондаренко Е.Ю., Васильева Т.В. Систематическая структура инвазионных видов флор экотопов различных антропогенных экосистем. *Сохранение биологического разнообразия – основа устойчивого развития: Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции с международным участием (г. Грозный, 19 мая 2016 г.)*. Махачкала, 2016. С. 394–402.

ЗМІНА КЛІМАТУ

УДК 504.38 (477)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-7

ЗМІНИ ЗВОЛОЖЕНОСТІ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ ТА ЇХ НАСЛІДКИ

Шевчук С.А.[1], Вишневський В.І.[2]
[1]Інститут водних проблем і меліорації
Національної академії аграрних наук
вул. Васильківська, 37, 03022, Київ, Україна
sergey_shevchuk_@ukr.net
[2]Інститут водних проблем і меліорації
Національної академії аграрних наук
вул. Васильківська, 37, 03022, Київ, Україна
vishnev.v@gmail.com

Висвітлено зміни, що сталися на Українському Поліссі внаслідок кліматичних змін і змін в осушенні земель. Встановлено, що протягом періоду спостережень з кінця XIX ст. середньорічна температура повітря в регіоні підвищилася щонайменше на 2°С, ймовірно – на 2,5°С. Особливо значним стало підвищення температури в останні 10–15 років. У ці ж роки збільшилося й випаровування з водної поверхні. Водночас кількість опадів у регіоні істотно не змінилася. Кліматичні зміни позначилися на водності поліських річок. У 2015–2016 рр. на багатьох із них зафіксовано мінімальні витрати, які досі не спостерігалися. Маловодними виявилися і 2017–2018 рр. За цих умов почастішали пожежі торфовищ і лісу. Встановлено залежність повторюваності цих негативних явищ від умов зволоженості. Значною мірою пожежі торфовищ і лісу пов'язані також з діяльністю людини, а саме надмірним осушенням території у попередні десятиліття, а також щорічними підпалами сухої трави, очерету та стерні. Зазначено, що для моніторингу пожеж у природному середовищі доцільним є використання даних дистанційного зондування Землі, а саме даних супутників Aqua, Terra і VIIRS. Останні масштабні пожежі на Українському Поліссі сталися 24–25 квітня 2019 р., причому частково вони захопили і територію сусідньої Білорусі. Зроблено висновок про доцільність відновлення боліт і поліпшення регулювання зволоженості цієї території. Визначено меліоративні системи та торфорозробки, де доцільне повернення до умов, що передували осушенню. Обґрунтовано доцільність використання у меліоративному будівництві шпунтів із полімерних матеріалів. Зазначено, що наявний досвід із ренатуралізації колись осушених територій позитивно вплинув на лише на природу, а й на господарську сферу. Нині на цій території відновилися зарості лісових ягід, збирання яких є важливою складовою частиною добробуту місцевого населення. *Ключові слова:* зміни на Українському Поліссі, клімат, пожежі на торфовищах, зволоженість

Changes in the moisture capacity of the Ukrainian Polissya and their consequences. Shevchuk S, Vyshnevskyi V. The changes that occurred in the Ukrainian Polissya due to climate change and land reclamation are highlighted in the article. It wasdetermined that during the observation period from the end of the 19th century theaverage annual air temperature in this region increased at least by 2°C, more likely by 2.5°C. The most significant increase of temperature was observed in the last 10–15 years. During this period the evaporation from the water surface also increased. At the same time the precipitation in this region has not changed significantly. It is worth noting that climate change has affected the water runoff of the Polissya's rivers. In theextremely dry years of 2015–2016 minimum water discharges were recorded on many local rivers that had not been observed before. Water runoff in the period of 2017–2018 was also rather small. Under these conditions, there was an increase in the frequency of fires in peat land and forest areas. The dependence of these negative phenomena on the humidity conditions was obtained. To a large extent, the fires in peat land and forest areas are closely connected to the human activities, namely excessive drainage of these areas in previous decades, as well as the annual arsons of dry grass, reed and stubble. For fire monitoring in the natural conditions it is expedient to use the data of remote sensing, namely the data obtained from Aqua, Terra and VIIRS satellites. The last large-scale fires in Ukrainian Polissya occurred on April 24–25, 2019. They partly affected the territory of neighboring Belarus. Based on that, the conclusions about the feasibility of restoring swamps and improving the moisture control in this area were made.The areas of old drainage systems and dried peat lands, which may be returned to the natural conditions, existed before draining, were specified. The feasibility of using tiles made of polymeric materials in the reclamation construction wasgrounded. It is noted that the renaturalization measures on drained land positively influenced both nature and economic sector. For today the vast areas of forest berry plantations have been restored in this territory, where the berry harvesting is an important component of welfare of the local population. *Key words:* changes in Ukrainian Polissia, climate, peat fires, humidity.

Постановка проблеми. Глобальні зміни клімату, що не могли оминути територію України, позначилися як на природі, так і на господарській сфері нашої держави. Насамперед це стосується наслідків потепління, яке в Україні виявилося більшим, ніж загалом у світі. Наслідком підвищення температури стало подовження вегетаційного періоду, поширення на північ теплолюбних видів рослин і тварин. Кліматичні зміни вплинули також на водний режим річок. У 2015–2016 рр. на багатьох річках Полісся зафіксовано мінімальні витрати, які до цього ніколи не спостерігалися. За умов зменшення зволоженості території частішими стали лісові пожежі. В окремих випадках, як це було у квітні 2019 р., вони охопили значні площі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню кліматичних змін присвячено численні наукові праці, які стосуються як змін, що вже відбулися, так і прогнозів на майбутнє [2; 4; 8]. У більшості цих праць на середину і другу половину XXI ст. прогнозується зростання посушливості території України, зміщення природних зон на північ. На нашу думку, найреальнішими є прогнози, висвітлені у працях Л.О. Горбачової [2], котрі можна тлумачити як доволі оптимістичні. Відповідно до отриманих результатів істотні зміни водності річок не відбудуться: на більшій частині території України вони перебуватимуть у межах 10%.

Окремою сферою, пов'язаною з піднятою проблемою, є стан лісів і боліт на Поліссі. Наявні публікації [3] свідчать про те, що площа боліт на Поліссі істотно зменшилася. Це відбулося внаслідок як природних, так і антропогенних чинників.

Згідно з дослідженнями П.П. Яворського [5; 6] є прямий і тісний кореляційний зв'язок між температурою повітря і площею лісових пожеж. Протягом останніх десятиліть простежується зростання кількості та площ лісових пожеж.

Значні лісові пожежі на Поліссі сталися в останні роки, зокрема у квітні 2019 р., проте це ще не відображено у наукових працях.

Методологія досліджень. Виконане дослідження спирається передусім на дані моніторингу гідрометслужби: як за кліматичними, так і за гідрологічними параметрами. У праці також використано дані, що містяться у звітах Державної служби з надзвичайних ситуацій України щодо лісових пожеж і пожеж на торфовищах. Крім того, використано дані дистанційного зондування Землі, а саме дані супутників Aqua, Terra і VIIRS. Відповідні відомості містяться на сайтах НАСА (https://worldview.earthdata.nasa.gov і https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map).

Виклад основного матеріалу. Різноманітні зміни, які нині відбуваються на Українському Поліссі, значною мірою зумовлені підвищенням температури повітря. Достовірні висновки про те, наскільки підвищилася температура в регіоні, можна отримати за даними спостережень на наявних метеостанціях. Варто враховувати щонайменше два чинники: тривалість спостережень і перенесення метеомайданчиків.

Найтриваліші спостереження, які відображають зміни клімату на Поліссі, виконуються у Києві. Фактично їх розпочато у 1812 р., проте репрезентативними вважаються лише дані з 1881 р. Протягом цього часу температура повітря тут помітно зросла: за лінійним трендом – приблизно на 2°С, за поліноміальним – більш як на 3°С. Беручи середнє значення, можна вважати, що температура повітря з кінця XIX ст. підвищилася на 2,5°С. Найвища середньорічна температура повітря в Києві спостерігалася у 2015 р., коли вона вперше перевищила 10°С, сягнувши значення 10,5°С. Подібне стосується значної частини країни (рис. 1).

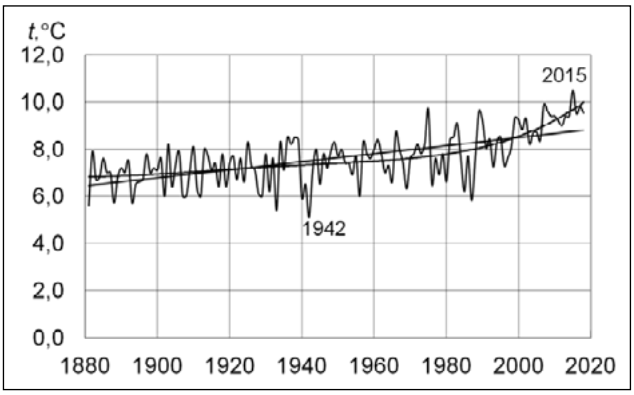


Рис. 1. Багаторічні зміни середньорічної температури повітря у м. Києві

Близькі результати щодо підвищення температури повітря отримано і за іншими метеостанціями, розташованими на півночі країни: у Ковелі, Сарнах та ін. Водночас тренд по м. Києву за однакові роки (зокрема після закінчення Другої світової війни) виявився дещо значнішим – ймовірно внаслідок впливу самого міста. У будь-якому разі підвищення температури повітря не викликає сумніву.

Інший важливий чинник, який впливає на багато інших, – кількість опадів. За наявними даними, чіткі зміни їх кількості з огляду на велику просторово-часову мінливість цього показника не простежуються. На одних метеостанціях спостерігається невелике збільшення опадів, на інших – зменшення (рис. 2).

Про зміни зволоженості території опосередковано свідчать дані щодо випаровування з водної поверхні. Найбільше воно залежить від температури повітря, його вологості, а також швидкості вітру. У північній частині України найбільш репрезентативними щодо випаровування є дані метеостанції Покошичі, розташованої на північному сході Чернігівської області. Важливою особливістю наявного тут метеомайданчика є те, що навколишня місцевість за більш як 60 років не зазнала істотних змін, зокрема не заросла деревною рослинністю.

Дані щодо випаровування на метеостанції Покошичі свідчать про наявність довготривалих

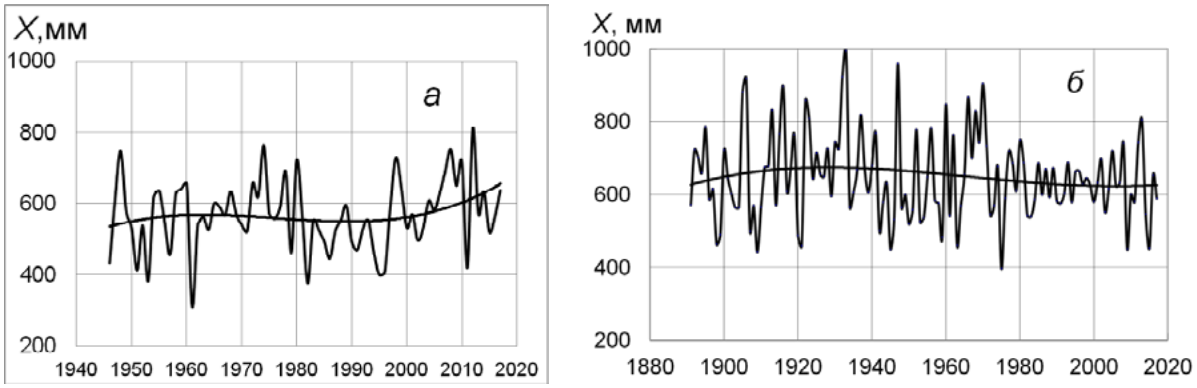


Рис. 2. Багаторічні зміни річної кількості опадів: а – у м. Луцьку, б – у м. Києві

змін, які можна вважати циклічними. Наприкінці 1980-х і на початку 1990-х рр. випаровування було порівняно невеликим; після цього почалася фаза його зростання (рис. 3).

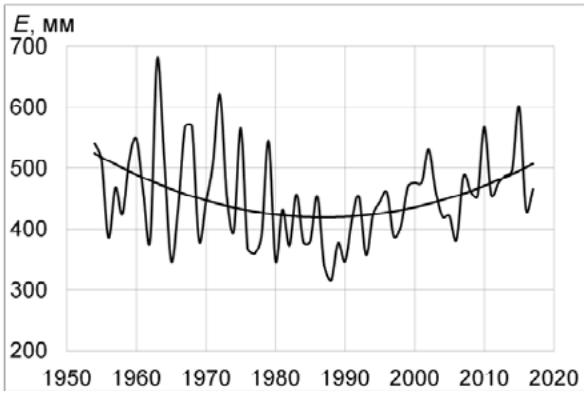


Рис. 3. Багаторічні зміни випаровування з водної поверхні протягом травня – вересня на метеостанції Покошичі

Кліматичні умови останніх років позначилися на водності річок. У 2015–2016 рр. на багатьох річках Полісся зафіксовано мінімальні витрати, які до цього не спостерігалися. Так, на посту Західний Буг – Литовиж 21–29 серпня 2015 р. спостережена витрата становила лише 3,50 м^3/с. Попередній мінімум, зафіксований у 1988 р., був істотно більшим – 6,21 м^3/с. Аналогічно на посту Стир – Луцьк витрата води 01–03 жовтня 2016 р. становила 3,45 м^3/с. Попередній мінімум (4,00 м^3/с) також був значно більшим.

Певною мірою зменшення витрат води відбулося внаслідок не лише природних, а й господарських чинників. Свого часу – насамперед у 1970-х роках – на Поліссі було споруджено велику кількість осушувальних систем. Зокрема, у Волинській області найбільшими стали Верхньоприп'ятська, «Верхів'я р. Стохід», Мельницька, у Рівненській – «Стубла», «Мельниця» та ін. Загальна площа осушених земель у 2010 р. у Волинській області сягала 416,6 тис. га, Рівненській – 390,4, Житомирській – 425,3 тис. га [1].

Завдяки меліорації зменшилися площі затоплення і підтоплення земель, проте почали спостерігатися певні негативні наслідки, зокрема висушування боліт і торфовищ.

У 1990-ті та наступні роки значна частина гідротехнічних споруд вийшла з ладу і була демонтована. Відповідно, можливість регулювання зволоженості істотно зменшилася. Увага до осушувальної меліорації зменшилася і через кліматичний чинник, адже підвищення температури повітря спричинило зменшення зволоженості території. Як наслідок, істотно почастішали пожежі торфовищ і лісу.

Дані ДСНС України щодо лісових пожеж і пожеж на торфовищах свідчать не лише про значне їх поширення, а й про залежність від природних умов, зокрема зволоженості. Зокрема, у посушливому 2015 р. кількість лісових пожеж у країні сягнула 2 213, а пожеж на торфовищах – 666 (табл. 1).

Таблиця 1

Кількість пожеж за роками відповідно до звітів ДСНС України

Явище	2015	2016	2017	2018
Лісова пожежа	2 213	941	2 362	1 258
Пожежа на торфовищі	666	310	307	225

У попередні роки, які були прохолоднішими і з більшою кількістю опадів, кількість пожеж була істотно меншою. Так, у 2013 р. зафіксовано 805 лісових пожеж, у 2014 р. – 1 359. До цього можна додати, що 2013 р. був останнім багатоводним роком у північній частині України, про що свідчать дані про витрати місцевих річок.

Загалом спостерігається прямий кореляційний зв'язок між зволоженістю території та кількістю пожеж, причому тісніший – із пожежами на торфовищах.

Значною мірою пожежі стаються внаслідок діяльності людини на тлі сприятливих для цього природних умов. Часто пожежі трапляються перед початком, а особливо після закінчення періоду інтенсивних сільськогосподарських робіт. В одних випадках підпалюється висохла трава й очерет, в інших – стерня.

Останні масштабні пожежі на Поліссі сталися у третій декаді квітня 2019 р. Про це свідчать дані, що містяться на згаданих вище сайтах НАСА. Перші осередки лісової пожежі на півночі

Таблиця 2

Перелік територій та об'єктів, на яких доцільно виконати ренатуралізацію

Розташування об'єкта та його назва	Площа, га	Річковий басейн	Характеристика об'єкта
Житомирська обл., Овруцький р-н, осушувальна система «Делета»	419	Струга	Руслова осушувальна система
Житомирська обл., Олевський р-н, осушувальна система «Замисловицька», ділянка 3 «Березина»	326	Перга	Руслова осушувальна система
Житомирська обл., Олевський р-н, осушувальна система «Замисловицька», ділянка 2, торфодільниця «Пояски»	950	Перга	Руслова торфорозробка
Житомирська обл., Овруцький р-н, родовище торфу «Граничне»	95	Словечна	Осушені ділянки торфорозробки
Рівненська область, Дубровицький р-н, торфорозробка «Милячи-Козаки»	167	Случ	Заплавна торфорозробка
Рівненська область, Сарненський р-н, осушувальна система «Страшево»	763	Случ	Заплавно-руслова осушувальна система
Рівненська область, Сарненський р-н, осушувальна система «Баран»	337	Случ	Заплавно-руслова осушувальна система
Житомирська обл., Овруцький р-н, верхове болото «Личмани»	1568	Грязіва, Желонь	Осушене верхове болото

Рівненської області зафіксовано 22 квітня 2019 р. Наступного дня лісова пожежа охопила прилеглі території Білорусі. Найбільших масштабів пожежа набула 24–25 квітня 2019 р., коли площа, охоплена вогнем, перевищила 100 тис. га. Рясні дощі, що випали згодом, зумовили значне зменшення масштабів цього лиха.

Наведені дані свідчать про доцільність посиленої уваги до зволоженості поліської зони, зокрема територій, осушених у минулі десятиліття. Поміж іншого, це відповідає Конвенції ООН щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням. Ренатуралізація екосистем передбачена також постановою Кабінету Міністрів України № 271-р від 30 березня 2016 р. «Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням».

Поліпшення зволоженості Полісся можливе шляхом відновлення зруйнованих гідротехнічних споруд. Тим самим осушувальні системи мають стати осушувально-зволожувальними. Більше того, окремі ділянки, на яких збереглися болота, слід сприймати як природні об'єкти, що потребують особливого захисту.

Відповідні дослідження фахівців ІВПіМ НААН [7] дали змогу виявити 38 меліоративних систем і торфорозробок, де доцільне повернення до умов, які передували осушенню. Загальна їх площа – близько 30,0 тис. га. Першочерговими щодо відновлення визначено вісім ділянок загальною площею 4,6 тис. га (табл. 2).

Технічний прогрес сприяв тому, що нині у меліоративному будівництві з'явилися нові матеріали та конструкції. До них, зокрема, належать шпунти з полімерних (ПВХ) матеріалів. Такі шпунти, що є аналогом сталевого шпунта Ларсена, є палями зі з'єднувальними замками для створення суцільної захисної стінки. Важливими перевагами ПВХ-шпунтів порівняно зі сталевими є менші вартість і вага. Отже, ці шпунти незрівнянно легше доставляти у важкодоступні місця, характерні для Полісся.

Уже є приклади застосування ПВХ-шпунтів для ренатуралізації боліт. Це, зокрема, здійснено щодо великого болота Єльня, розташованого у Вітебській області Білорусі. Заходи з ренатуралізації зазначеного болота показали позитивний вплив на лише на природу, а й на господарську сферу. Нині на цій території відновилися зарості лісових ягід (чорниці, лохини), збирання яких є важливою складовою частиною добробуту місцевого населення.

Головні висновки. Глобальні зміни клімату, зокрема підвищення температури повітря, позначилися на стані поліської зони України. У 2015–2016 рр. за умов посухи на багатьох місцевих річках зафіксовано мінімальні витрати води, які досі не спостерігалися. Певною це пов'язано і зі зменшенням водорегулюючої здатності боліт, значна частина яких була висушена у попередні десятиліття за часів масштабних меліоративних робіт. Зменшення зволоженості території спричинило зростання лісових пожеж, що часто відбуваються напередодні та наприкінці періоду інтенсивних сільськогосподарських робіт. Значні пожежі на Поліссі сталися 24–25 квітня 2019 р. За цих умов актуальним завданням стає поліпшення зволоженості території, зокрема ренатуралізація боліт.

Література

1. Вишневський В.І. Ріка Дніпро. Київ : Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.
2. Горбачова Л.О. Оцінка можливих майбутніх змін водного стоку річок України (на середину XXI століття). *Культура народів Причорномор'я*. 2014. № 267. С. 89–94.
3. Ільїна О.В. Болота Волині й антропогенні зміни. *Наукові праці УкрНДГМІ.* 2007. Вип. 256. С. 367–372.
4. Сніжко С., Яцюк М., Купріков І., Шевченко О., Струтинська В., Краковська С., Паламарчук Л., Шедеменко І. Оцінка можливих змін водних ресурсів місцевого стоку в Україні в XXI столітті. *Водне господарство України.* 2012. № 6 (102). С. 8–16.
5. Яворський П.П. Лісові пожежі і система заходів створення протипожежних заслонів у лісах України. *Наук. вісник НУБІП України*. 2014. Вип. 198. № 2. С. 71–78.
6. Яворський П.П. Аналіз пожежостійкості лісів України в умовах змін клімату. *Наук. вісник НУБІП України*. 2015. Вип. 216. № 1. С. 88–92.
7. Яцюк М.В., Шевчук С.А., Сидоренко О.О., Шевченко О.М. Ренатуралізація торфовищ Українського Полісся в умовах глобальних змін клімату. *Моніторинг та індикатори нейтрального рівня деградації земель в Україні*. Київ, 2018. С. 89–96.
8. Gnatiuk N., Krakovska S., Palamarchuk L., Bilozerova A. Climate change projections for Ukraine in the 21st century based on the best RCM ensembles. *EGU General Assembly* 2013, held 7–12 April, 2013 in Vienna, Austria, id. EGU2013-889.

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 630.233(477)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-8

ГІДРОЛОГІЧНІ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ НИЖНЬОДНІПРОВСЬКИХ ПІСКІВ

Грановська Л.М.
Інститут зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України
с. Наддніпрянське, 73483, м. Херсон
G_Ludmila15@ukr.net

На сьогоднішній день надмірне втручання людини у екосистему Нижньодніпровських пісків призводить до зниження рівня ґрунтових вод, виникнення ряду екологічних проблем. Виникає об'єктивна необхідність дослідження екологічних, гідрологічних і гідрогеологічної особливостей цих території та розробки напрямів збереження піщаних арен, особливо в умовах регіональних кліматичних змін. Значення Нижньодніпровських пісків для регіону значне, оскільки в цих умовах формуються прісні водні ресурси, які поповнюють підземні води неогенового водоносного горизонту Південного Степу України. Нижньодніпровські піски мають велике значення для розвитку будівельної галузі. Однак нераціональне використання цього природного ресурсу негативно впливає на екологічний стан територій та призводить до порушення природної рівноваги в екосистемах. Метою дослідження є обґрунтування природно-кліматичних особливостей та генезису утворення Нижньодніпровських пісків і розробка напрямів їх раціонального та еколого-безпечного використання. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження з комплексного освоєння Нижньодніпровських пісків було розпочато наприкінці XVIII століття. Обумовлено це було зростанням інтенсивності піщаних бур, які виникали внаслідок нераціонального використання піщаних масивів. Викладення основного матеріалу. Нижньодніпровські піски є унікальним природним утворенням, яке змінювалось під впливом антропогенної діяльності. Найбільш важливий фактор, який необхідно враховувати в процесі природокористування на цих територіях – це значення арен у формуванні прісних питних вод неогенового водоносного горизонту. Оскільки поповнення природних ресурсів підземних вод відбувається за рахунок притоку по основному неогеновому водоносному горизонту, інфільтрації атмосферних і поверхневих вод та внутрішньо-ґрунтової конденсації водяних парів у зоні аерації піщаних відкладів, широко розвинених на древніх терасах Нижнього Дніпра. Зменшення потужності піщаного шару зони аерації шляхом видобування піску для розвитку будівельної галузі призведе до незворотних процесів і, насамперед, до скорочення живлення підземних вод та зниження рівня ґрунтових вод на терасах Нижнього Дніпра. Крім того, зниження рівня ґрунтових вод негативно вплине на стан лісових насаджень, коренева система яких адаптована до сучасних гідрологічних і гідрогеологічних умов. За відкритого способу видобування піску на території піщаних арен утворяться глибокі озера, які будуть накопичувати як ґрунтову воду, так і атмосферні опади. Внаслідок інтенсивного випаровування води з їх поверхні, що пов'язано з глобальною зміною клімату, буде відбуватися зниження рівня ґрунтових вод і, як наслідок, зміна температурного режиму у бік його підвищення. За своїми природними, гідрогеологічним і гідрологічними особливостям і умовами утворення Олешківські піски є унікальним природним об'єктом, який слугує джерелом живлення питного неогенового горизонту прісної води, так і джерелом будівельних матеріалів, є складником природної екосистеми. Залишається актуальним наукове обґрунтування напрямів і площ відновлення та залісення нових ділянок території Нижньодніпровських арен, а виходячи з особливої цінності цих територій та їх величезної ролі у створенні і збереженні природних екосистем і водних систем, необхідно проводити подальшу роботу по розширенню природоохоронних територій, що охороняються Законом України «Про природно-заповідний фонд». *Ключові слова:* Нижньодніпровські піски, гідрологічні та гідрогеологічні особливості, підземні води, кварцовий пісок, видобування, неогеновий горизонт, природоохоронні території.

Hydrological and hydrogeological peculiarities of formation and usage of the Oleshky Sands. Hranovska L.M. Formulation of the problem. Today the excessive intrusion of human into the ecosystem of the Oleshky Sands results in the decrease of groundwater level, the emergence of a number of ecological problems. There is a rise of the objective necessity for the study of ecological, hydrological and hydrogeological peculiarities of these territories and the development of the directions for saving sand arenas, especially in the conditions of regional climatic changes. Actuality of the study. The value of the Oleshky Sands for the region is great, because in these conditions freshwater resources are formed, and they refill groundwater of the neogenic aquiferous horizon of the Southern Steppe of Ukraine. The Oleshky Sands has a great value for the development of the construction industry. However, irrational usage of this natural resource has a negative effect on the ecological state of the territories and leads to the disruption of natural balance in

the ecosystems. The goal of the study is to substantiate natural and climatic peculiarities and genesis of the formation of the Oleshky Sands, and the development of the directions of their rational and environmentally friendly usage. Analysis of the latest studies and publications. The studies related to the complex mastering of the Oleshky Sands have been started at the end of the XVIII century. It was caused by the rise of the intensity of sandstorms that occurred because of irrational usage of the sand masses. Presentation of the main material. The Oleshky Sands is the unique natural formation, which changed under the influence of anthropogenic activity. The most valuable factor that has to be taken into account in the process of environmental use on these territories is the value of the arenas in the formation of fresh drinking waters of the neogenic aquiferous horizon. Because refill of natural resources of groundwater takes place at the expense of the income by the main neogenic aquiferous horizon, the infiltration of precipitation and surface waters and intra-soil condensation of water vapor in the zone of aeration of the sandy deposits that are widely developed in the ancient terraces of the Low Dnipro. The decrease of the yield of the sandy layer of the aeration zone by the mining of sand for the development of the construction industry will lead to irreversible processes and, firstly, to the curtailment of nutrition of groundwater and to the decrease of the groundwater level in the terraces of the Low Dnipro. Besides, the decrease in the groundwater level will have a negative effect on the state of forests, the root system of those at the moment is adapted to the modern hydrological and hydrogeological conditions. At the open mining of sand on the territory of the sand arenas, deep lakes will be formed, which will accumulate both groundwater and precipitation. Owing to the intensive evaporation from their surface that is generally connected with the global change of climate, the decrease of the groundwater level will take place and, as a result, the change of temperature regime sideward warming. Conclusion. By the natural, hydrogeological and hydrological peculiarities and the conditions of formation, the Oleshky Sands is the unique natural object that is both a source for feeding the drinking neogenic horizon of freshwater and a source of building materials and in general it is a complex natural ecosystem. The prospects of application of the results of the study. The question of scientific substantiation of the directions and areas of renovation and reforestation of new plots of the territory of the Oleshky arenas remains actual, and based on the special value of these territories and their great role in the creation and preservation of natural ecosystems and water systems, it is necessary to conduct further work in the widening of environmental areas that are protected by the Law of Ukraine "About the Nature Reserve Fund". *Key words:* the Oleshky Sands, hydrological and hydrogeological peculiarities, groundwater, quartz sand, mining, neogenic horizon, environmental areas.

Постановка проблеми. Нижньодніпровські піски є унікальною природною системою, яка змінювалось під впливом антропогенної діяльності протягом багатьох років. Надмірне втручання людини в екосистему Нижньодніпровських пісків призвело до порушення природної рівноваги в ній, що негативно вплинуло на екологічній і гідрогеологічний стан території. Виникає об'єктивна необхідність дослідження екологічних, гідрологічних і гідрогеологічної особливостей цих територій та розробки напрямів збереження піщаних арен як джерела формування прісних підземних вод та умови збереження багатьох видів тварин і рослин, що утворюють унікальну природну екосистему Херсонщини.

Актуальність дослідження. Нижньодніпровські піски або Олішківські піски розташовані у Олешківському районі Херсонської області за 30 км на схід від міста Херсон та за 30 км від узбережжя Чорного моря. Це один із великих піщаний масив у Європі, який займає площу близько 210 тис. га. Складаються Нижньодніпровські піски з семі великих піщаних арен: Каховської, Козачелагерської, Чалбаської, Олешківської, Збур'ївської, Іванівської та Кінбурнської, площа яких змінюється від 10 до 65 тис. га, а висота досягає 40-45метрів.

Територія Нижньодніпровських пісків відноситься до південно-східної кліматичної зони України, яка характеризується переважанням східних північно-східних вітрів, відносно низькою вологістю повітря, малою хмарністю, незначною кількістю опадів і порівняно великими добовими і річними амплітудами коливаннями температури повітря. Ці основні ознаки придають клімату території риси засушливості і континентальності. Критичні температури поверхні піску, які можуть викликати навіть опіки (більше 50-70˚ С), повторюються майже в усі місяці вегетаційного періоду, включаючи і вересень. За цими ознаками цю частину території Херсонської області можна віднести до напівпустелі. Ознакою цього є те, що коренева система дерев або рослин не змикається, що і є однією із характеристик напівпустелі.

Значення Нижньодніпровських пісків для регіону велике, оскільки в цих умовах формуються прісні водні ресурси, які поповнюють підземні води. Залежно від кліматичних умов обсяг води, що утворюється за рахунок конденсації вологи з повітря, складає 100-300 мм у рік. Крім того, Нижньодніпровські піски мають велике значення для будівельної галузі регіону. Однак нераціональне використання цього природного ресурсу негативно впливає не тільки на збереження багатьох видів цінних флористичних і фауністичних екологічних комплексів, а й на збереження та поповнення прісних підземних вод, які використовуються для питного водопостачання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження питань комплексного освоєння та збереження Нижньодніпровських пісків було розпочато наприкінці XVIII століття. Обумовлено це було інтенсивними піщаними бурями, які виникали внаслідок нераціонального використання піщаних масивів. Результати досліджень щодо напрямів освоєння й раціонального використання сипучих пісків Лівобережного Нижньодніпров'я в різні часи опублікували у свої наукових працях вчені: Булатович В. (1887), Чухновський Г.М. (1994), Висоцький Г.Н. (1904, 1936), Опоков Є. (1926), Соболев С.С. (1932), Телешек К.Г. (1948), Гаврилов Б.І. (1952), Погребняк П.С. (1953), Доценко Л.С. (1960), Виноградов В.М. (1964), Котенко Т.І. (1994), Попков М. (1997), Рябцев М.П. (2012), Шевчук В.В. (2012), Сірик А.А. (2012) та інші вчені. Вони вивчали осо-

бливості геоморфологічних та ґрунтово-кліматичних умов території, які завжди значно ускладнювали не тільки збереження, але й освоєння Нижньодніпровських пісків.

Відкладені піски водами прадавнього Дніпра і сформовані на другій його терасі. Територія Нижньодніпровських пісків, відповідно проведеним науковим дослідженням комплексної експедиції 1932 року, включає сім великих піщаних масивів-арен: Каховська – 10,1 тис. га; Козачелагерська – 50,9; Олешківська – 64,8; Збур'ївська – 16,3; Чалбаська – 31,5; Іванівська – 19,1 і Прогнойська (Кінгсбурська коса) – 17,8 тис. га. Загальна площа піщаних масивів, разом з міжаренними супіщаними територіями, досягає 210,0 тис. га [1]. За даними Соболева С.С. та Гордієнко І.І. піщані ґрунти Лівобережного Нижньодніпров'я за гранулометричним складом 0-60 см шару складаються з наступних фракцій: середнього піску (частка 1,0-0,25 мм) − 28,0% , дрібного піску (0,25-0,05 мм) − 72,0%, піщаного пилу (0,05-0,01 мм) − 0,13% і глинистої фракції (частка < 0,01 мм) − 0,97% до маси сухого ґрунту.

Поряд із цим піщані ґрунти Нижнього Дніпра характеризуються і негативними фізичними властивостями: щільність будови досягає 1,55-1,65 г/см^3 і у профілі 0-100 см майже не змінюється, а питома маса його така ж, як у чистого кварцу – 2,65 г/см^3. Олешківські піски на 97,0-98,0% складаються з кварцу, а у 0-80 см шарі піску міститься: гумусу − 0,01-0,05%, валового азоту − 0,025, валового фосфору − 0,024 і валового калію − 0,02%. Найменша вологоємність складає 3,5-5,5% до маси абсолютно сухого піску, максимальна гігроскопічність − 0,33-0,48% , вологість в'янення − 0,45-0,70% [2; 3].

На сьогоднішній день не вирішеними залишаються питання дослідження особливостей генезису їх утворення та екологічних, гідрологічних та гідрогеологічних умов на території Нижньодніпровських пісків умовах регіональних кліматичних змін. Важливим аспектом є дослідження впливу Нижньодніпровських пісків на формування прісних підземних вод неогенового горизонту, а також питання впливу нераціонального використання пісків для будівельної галузі на збереження природної екосистеми Нижньодніпровських пісків.

Метою дослідження є визначення особливостей сучасних природно-кліматичних умов та генезису утворення Нижньодніпровських пісків і розробка напрямів їх раціонального та еколого-безпечного використання. Методика дослідження базується на системному підході до розглянутої проблеми з використанням методів аналізу, синтезу, історичного та монографічного, а також методів індукції та дедукції. Динаміка історичного формування та розвитку Нижньодніпровських пісків, а також існуючі екологічні проблеми на цій території досліджені на підставі даних літературних джерел, наукових публікацій, матеріалів Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції та Степового філіалу Українського науково-дослідного інституту лісоагромеліорації (УкрНДІЛГА) [4, 5].

Викладення основного матеріалу. Вздовж лівого берега нижньої течії Дніпра на 150 км від Каховки до Чорного моря розташовані Нижньодніпровські піски. Нижньодніпровські піски це одна із найбільших за розміром піщаних масивів у Європі і займає площу 161 200 га, а з міжаренними землями – 210 000 га (рис. 1) [6].

Арени: 1 –Каховська, 2 – Козачелагерська, 3 – Олешківська,
4 – Збур'ївська, 5 – Іванівська, 6 – Кінбурнська, 7 – Чалбаська

Рис. 1. Нижньодніпровські піски

Піщаний ґрунтовий покрив території підсилює різкість річної і, особливо, добової температури повітря і ґрунту, підвищуючи засушливість клімату і пов'язану з цим швидкість просочування вологи до рівня ґрунтових вод. Негативний вплив на рослинність здійснюють щорічні весняні вітри, які інколи досягають швидкості 20-25 м/сек. В період бур відносна вологість повітря знижується до 30-40%, а іноді – до 15%. У нинішньому своєму вигляді Нижньодніпровські піски з'явились недавно. Піски тут існували завжди, але їх просування стримував покрив степової рослинності. У XIX столітті сюди почали завозити овець, які знищили траву і звільнили піски, а вітрова ерозія сприяла їх поширенню на території населених пунктів.

За словами П. Костичева, який вивчав Олешківським піски у 1880-х роках, не більш ніж за сто років до того часу піски були суцільно закріплені рослинністю та деревами. Вівці знищили рослинність, вітрова ерозія, пожежі та вирубка лісів призвели до скорочення площі під рослинністю практично до нуля. За період з 1800 до 1830 року зникло майже 5 000 га лісу.

Думки, «… ніби поява пісків відбулась від зміни кліматичних умов місцевості», П. Костичев вважає не вірними [7]. У двадцятому столітті проблема знищення рослинного покриву на території Олешківських пісків загострилась, територія пустелі збільшувалась з кожним днем. Кліматичні умови сьогодні тут дуже суворі, особливо влітку – пісок нагрівається до 50-70 градусів за Цельсієм і горячи висхідні потоки розганяють дощові хмари. На території Олешківських пісків бувають піщані бури, під час яких спостерігається підйом пилу (піску) в повітря і осідання його на великій території регіону [8].

Дослідні роботи із закріплення пісків були розпочаті на початку XVIII століття, але масштабного характеру набули у 1830–1840 роках у зв'язку з активізацією лісорозведення та утворенням Олешківського лісництва. Період генерального межування та наділення селян землею (1859–1890 роки) став катастрофою для лісів, площа пісків значно збільшилася.

Відновлення лісу було продовжене тільки починаючи з 1920-х років. У 1953 році керівництвом країни било прийнято рішення про залісення Олешківських пісків і близько 100 тисяч гектарів пісків було засаджено різними породами дерев. Основу лісу складали масиви сосни звичайної та кримської. Однак при висадці лісів були допущені певні помилки, а саме: дерев було висаджено занадто багато, що призвело до зниження рівня ґрунтових вод, а у подальшому до їх засихання [5, 6].

На Нижньодніпровських пісках, здатних утримувати в собі не більше 4-6% вологи в умовах посушливого клімату, велику позитивну роль у розвитку природної і культурної рослинності відіграють підземні води. За даними Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції виділено такі горизонти підземних вод: верховодка, що має невелике поширення в місцях, де поблизу денної поверхні залягають локальні водотривкі прошарки; вільні ґрунтові води; пластові води, що залягають у четвертинних відкладах; артезіанські води першого горизонту, артезіанські води другого і третього горизонту.

На території, де ґрунтові води розташовані близько від поверхні землі, знаходиться велика кількість невеликих озер з відповідною болотною рослинністю. На глибині 300-400 метрів, під піщаними аренами, знаходиться прісне підземне озеро. Основне значення для рослинності має верхній горизонт вільних ґрунтових вод, який є продуктивним у тому випадку, коли знаходиться на глибині кореневої систем дерев і рослин [9].

Гідрологічне районування території Нижнього Дніпра має свої особливості: в межах Іванівської, Козачелагерської, Олешківської арен є ділянки, які потребують найбільш посиленої охорони ґрунтових вод, оскільки вони є накопичувачем ґрунтових вод за рахунок атмосферних опадів, в межах Чалбаської арени є ділянки, на яких води ізольовані від кореневих систем рослин або залягають на недоступній для рослин глибині.

Основним джерелом живлення вільних ґрунтових вод і верховодки, що мають безпосередній вплив на життя рослин, є атмосферні опади. Деяку частку в їх живлення вносить конденсація повітряної вологи, головним чином в холодний період року. Періодично вільні ґрунтові води можуть підживлюватись водами Дніпра. Це буває при високих весняних розливах. Найбільш глибоко ґрунтові води залягають на Каховські арені, найближче від поверхні – на Іванівській і Чалбаській.

Вчені рекомендують висаджувати дерева на тих аренах, де вільні ґрунтові води розташовані найближче від поверхні землі. За допомогою лісів в цих місцях можна знижувати рівні ґрунтових вод і запобігати загрозі виникнення підтоплення та заболочування.

Гідрогеологічні умови території Нижньодніпровських пісків тісно пов'язані з геологічними процесами на цій території. У зв'язку з переміщенням русла Дніпра в північно-західному напрямку утворились найбільш давні Каховська і Чалбаська арени. Передбачається, що Дніпро протікав у той час в напрямку Козачі Лагері – Михайлівна – Тендерська затока. Підтвердженням цього слугує наявність тут, крім Казачелагерської і Чалбаської арен, невеликих піщаних островів. Після Казачелагерської арени утворилась Олешківська арена, а потім наймолодші – Збур'ївська, Іванівська та Кінбурнська арени. Всі вони мають ухил до Дніпра, крім самої давньої і високої – Чалбаської.

Геологічна та гідрогеологічна будова Нижньодніпровських пісків в різних їх частинах неоднорідна. Неоднакова і глибина залягання вапняків під пісками, які зустрічаються на різних глибинах на всій терито-

рії. На понтичних вапняках в багатьох місцях збереглись найдавніші четвертинні червоно-бурі глини, на яких, як і на понтичних вапняках і кіммерійських глинах, залягають древні річкові відкладення. Знизу вони представлені пісками, вище – суглинками, які на другій терасі прикрити пісками. Потужність четвертинних відкладень змінюється від 1 до 100 м. Пересування річкових пісків відбувалось майже на всій площі. Сучасні еолові піски займають близько 70% площі Нижньодніпровських територій [9].

Найбільш важливий фактор, який необхідно враховувати при використанні Нижньодніпровських пісків, це значення арен у формуванні прісних вод неогенового водоносного горизонту. У ряді районів Херсонської області, перш за все в Каховському, Олешківському, Голопристанському, Скадовському і Каланчацькому, водопостачання населення питною водою повністю базується на підземних водах основного неогенового водоносного горизонту, який тісно пов'язаний з вапняковим. Поповнення природних запасів підземних вод відбувається за рахунок притоку по основному неогеновому водоносному горизонту, інфільтрації атмосферних і поверхневих вод та внутрішньогрунтової конденсації водяних парів у зоні аерації піщаних відкладів, широко розвинених на древніх терасах Нижнього Дніпра.

У результаті використання підземних вод відбувається зменшення їх позитивного балансу, а поповнення їх у теперішній час збалансовується за допомогою природних факторів, а саме: наявність піщаних масивів на території Лівобережного Нижньодніпров'я, їх висота, заліснення території та кліматичних факторів.

Особливу роль у водному балансі піщаних масивів відіграє внутрішньогрунтова конденсація водяних парів у зоні їх аерації, тобто у верхньому шарі сухих пісків, які залягають вище рівня ґрунтових вод. За даними М.П. Рябцева об'єм води, який формується за рахунок конденсації в зоні аерації (0,5-9,0 м) в межах Олешківського, Голопристанського, частини Скадовського і Каховського районів, на площі 1800 км складає 176 млн м /годину або 0,482 млн м/добу [9; 10].

Визначальним фактором тут є потужність піщаного шару, а саме: наскільки більш потужний цей шар, настільки більше конденсаційної вологи надходить на поповнення підземних вод. Тому зменшення потужності піщаного шару зони аерації шляхом добування піску призведе до незворотних процесів і, насамперед, до зменшення живлення підземних вод та зниження рівня ґрунтових вод на піщаних масивах. Наслідком останнього може стати зменшення живлення нижче розташованого основного неогенового горизонту, який зараз інтенсивно використовується для питного водопостачання. Крім того, зниження рівня ґрунтових вод також негативно вплине на стан лісових насаджень, коренева система яких у даний час адаптована до сучасних гідрологічних і гідрогеологічних умов. Як наслідок, зниження рівня ґрунтових вод створить умови для посилення процесів опустелювання та відродження «кочуючих» пісків. Тому питання, яке виникло на початку XXI століття, щодо подальшого ефективного використання піщаних ґрунтів і сипучих пісків, як і протягом XIX – XX століть, залишається важливою і недостатньо розв'язаною проблемою.

Протягом останніх років фіксується активний процес використання Нижньодніпровських пісків для галузі будівництва. Однак механізми регулювання цих технологічних процесів і місць видобування піску, на жаль, відсутній, що негативно впливає на екологічний стан Нижньодніпровської екосистеми. За відкритого способу добування піску на території піщаних арен утворяться глибокі озера, які накопичують як ґрунтову воду, так і атмосферні опади.

Внаслідок інтенсивного випаровування води з їх поверхні, що пов'язано в цілому з глобальною зміною клімату, відбувається зниження рівня ґрунтових вод і, як наслідок, відмічається підвищення температурного режиму. Останнє призводить до локальної зміни клімату на існуючих агроландшафтах Лівобережного Нижньодніпров'я і більш частішого прояву пилових піщаних бур. Тому на видобуток піску в усіх нині існуючих аренах необхідно накласти певні обмеження. Можливим, як виняток, варіантом видобування піску може бути прибережна територія Кінбурнської арени. Однак і тут необхідне державне втручання в процес видобування кварцового піску для будівельної галузі шляхом залучення науковців до обґрунтування обсягів, періодичності та конкретних місць добування кварцового піску.

Важлива роль Олешківських пісків у збереженні цінних флористичних і фауністичних природних комплексах, особливо на території Казачелагерської арени Нижньодніпровських пісків. Як зазначає Т.І. Котенко у наукових публікаціях «Публікації про охорону природи Степової зони України»: «Казачелагерська арена представляє собою найбільш добра збережену частину Нижньодніпровських пісків, на який мешкає велика кількість видів тварин і рослин, занесених у Червону книгу України. Тому для збереження цих видів необхідно створити в Нижньодніпровських пісках нові природоохоронні заказники» [11; 12].

З метою обмеження господарської діяльності в межах Нижньодніпровських пісків та збереження екологічного стану цієї території Указом Президента України у 2010 році було створено національний природний парк «Олешківські піски». Відповідно до статті 53 Закону України «Про природно-заповідний фонд України» метою створення парку є збереження цінних природних та історико-культурних комплексів і об'єктів Північного Причорномор'я, що мають важливе природоохоронне, наукове, естетичне, рекреаційне та оздоровче значення [13]. Нижньодніпровський парк «Олешківським піски» створено на площі

8020,36 гектарів на землях державної власності Голопристанського, Олешківського районів та Новокаховської міської ради Херсонської області.

Головні висновки. Значення Нижньодніпровських пісків для регіону велике, оскільки в цих умовах формуються прісні водні ресурси, які поповнюють підземні води питного неогенового горизонту. Залежно від кліматичних умов обсяг води, що утворюється в піщаних аренах за рахунок конденсації вологи з повітря складає 100-300 мм у рік. Враховуючи це необхідно не допустити катастрофічного зменшення потужності піщаного шару зони аерації під час видобування піску. Умовою збереження природних екосистем є регламентація розробок кварцового піску, наприклад на Кінбурнській косі, а саме: обґрунтування можливої відмітки вибірки кар'єру рівнем ґрунтових вод. Максимальна глибина розробки кар'єру повинна забезпечити збереження зони аерації потужністю не менше 1,5-2,0 м в зоні добування.

Перспективи використання результатів дослідження. Залишається актуальним наукове обґрунтування напрямів і площ відновлення та залісення нових ділянок території Нижньодніпровських арен, яке повинно проводитися не суцільними масивами, а локальними ділянками шляхом висаджування сосни та берези в місцях видобування піску на площах з високим рівнем ґрунтових вод. Виходячи з особливої цінності цих територій та їх величезної ролі у створенні і збереженні природних екосистем і водних систем, необхідно проводити подальшу роботу по розширенню природоохоронних площ, що охороняються Законом України «Про природно-заповідний фонд».

Література

1. Виноградов В.Н. Комплексное освоение Нижнеднепровских песков. Одесса: Маяк, 1964. 176 с.
2. Соболев С.С. Гидрогеологические и почвенные условия Нижнеднепровских песков и перспектива их освоения // Проблемы растениеводческого освоения пустынь. Л. 1935 (цит. по Гордиенко, 1969).
3. Гордиенко И.И. Олешковские пески и биогеоценотические связи в процессе их зарастания. К. : Наука, 1969. 243с.
4. Інформація про меліоративний стан і рівень ґрунтових вод на зрошуваних і прилеглих до них землях і в сільських населених пунктах в зоні впливу меліоративних систем Олешківського району Херсонської області. Таврійськ: КГГМЕ, 2017. 12 с.
5. Звіт про виконання науково-дослідної роботи на тему: «Доцільність видобування кварцового піску на території держлісфонду в Херсонській області». Цюрупінськ: ДП «СФ УкрНДІЛГА», 2013. 103 с.
6. Шевчук В.В., Сірик Н.М., Сірик А.А. Історія виникнення Нижньодніпровських пісків та лісорозведення на них / Таврійський науковий вісник, 2012. №81. С. 337-384.
7. Опоков Є. Атмосферні опади та вітри в районі Олешківських пісків // Матеріали по дослідженню ґрунтів України. Х., 1926. Т. 1. № 3. С. 7-8.
8. Погребняк А.В. Нижнеднепровские пески и проблемы их освоения / Природа, 1953. Т.8. С. 56-61.
9. Рябцев М.П. Скарб, який потрібно зберегти. Режим доступу: http://www.greenkit.net.
10. Доценко Л.С. О значении сухого слоя в испарении влаги из песков //Сб.тр.по агрономии, физике. 1960. Т. 8. С. 44-49.
11. Котенко Т.И., Подгайный М.Н., Роман Е.Г. О необходимости создания заповедного объекта на территории Казачьелагерской арены Нижнеднепровских песков // Оптимизация природно-заповедного фонда Украины. К. 1994. С. 90-92.
12. Котенко Т.І. Публікації про охорону природи Степової зони України". Серія: Conservation Biology in Ukraine. Київ, 2018. Вип. 9. 426 с. С.135-137.
13. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів № 363 від 30 вересня 2011 року «Про затвердження Положення про національний природний парк «Олешківськім піски». Режим доступу: http://search.ligazakon.ua.

УДК 574.2
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-9

ПАРАДИНАМІЧНІ ВЗАЄМОДІЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СПОРУД У ПРИБЕРЕЖНІЙ СМУЗІ МОРЯ

Воровка В.П.
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького
вул. Гетьманська, 20, 72319, м. Мелітополь, Запорізька обл.
geofak_mgpu@ukr.net

Парадинамічні взаємодії визначені як вид двосторонніх функціональних взаємодій, що проявляються між кількома контактуючими об'єктами чи середовищами шляхом речовинно-енергоінформаційного обміну. У статті наголошується на існуванні значного різноманіття парадинамічних взаємодій, які виникають в результаті будівництва та експлуатації вітроенергетичних споруд та ліній електропередач з довкіллям. Їх приуроченість до прибережної смуги Азовського моря ще більше урізноманітнюють ці взаємодії. Такі взаємодії проявляються з різними наслідками і часто непередбачувані для здоров'я людини і тварин. У статті здійснено спробу виявити прямі і зворотні взаємодії: перші відображують вплив вітрової турбіни чи іншої енергетичної споруди на довкілля та його окремі складові, а зворотні – вплив довкілля. Прямі взаємодії проявляються у вигляді інтерференції між вітряками, у впливі через шуми та вібрацію, механічний вплив на летючих тварин, вплив на людину через зміни естетичних якостей довкілля та ін. Зворотний вплив довкілля та його складових на споруди вітрових електростанцій та лінії електропередач першочергово проявляється у високій хімічній активності приморського середовища, прискореному ході корозійних процесів, зіткненні літаючих живих організмів зі спорудами тощо. Дослідження впливу вітрогенераторів та ліній електропередач на довкілля і навпаки в Україні є малочисельними або й взагалі мають гриф «для службового використання». Закритість інформації породжує чутки серед місцевого населення про можливі види «шкоди» від роботи вітряків та ліній електропередач. У зв'язку з цим необхідно «відкрити» вже наявні результати впливу, а за необхідності – налагодити систему регулярних інструментальних спостережень за довкіллям та живими організмами в зонах розміщення ВЕС та ЛЕП. Відкритість інформації спричинить зміну відношення місцевих жителів до джерел альтернативної електроенергетики. *Ключові слова:* парадинамічні взаємодії, приморське середовище, вітрогенератор.

The paradigmatic interactions of the wind power constructions in the coastal zone of the sea. Vorovka V.P. The paradigmatic interactions are defined as the kind of two-sided functional interactions which are manifested between several contacting objects or the environments by means of the materially-energy-informative exchange. The existence of the significant diversity of the paradigmatic interactions is emphasized in the article which arise as the result of the construction and the exploitation of the wind power constructions and the power lines with the environment. Their confinement to the coastal zone of the Sea of Azov diversifies more these interactions. Such interactions are manifested with the different consequences and often unpredictable for the health of the humans and the animals. The attempt is done in the article to identify the direct and the inverse interactions: the first one reflects the influence of the wind turbine or other energy structure on the environment and its individual components, and the inverse – the impact of the environment. The direct interactions are manifested as the interference between the windmills, in the influence through the noises and the vibration, the mechanical impact on the flying animals, the impact on the humans through the changes in the aesthetic qualities of the environment, etc. The inverse impact of the environment and its components on the construction of the wind power plants and the power lines are primarily manifested in the high chemical activity of the seaside environment, the accelerated move of the corrosion process, the collisions of the flying living organisms with the structures, etc. The investigation of the mutual influence of the wind turbines and the power lines with the environment in Ukraine is small or they generally have the stamp "for service use". The closeness of the information generates the rumors among the local population about the possible types of the "damage" from the work of the wind turbines and the power lines. In this regard, it is necessary to "open" already available results of the influence, and if it is necessary to emphasize the system of the regular instrumental observations of the environment and the living organisms in the zones of the location of the wind power plants and the powerlines. The openness of the information will cause the change of the attitude of the local inhabitants to the sources of the alternative power engineering. *Key words:* paradigmatic interactions, wind power constructions, zone of the Sea of Azov.

Постановка проблеми. Приморські території мають винятково важливе значення для розвитку промисловості, прибережної електроенергетики, промислового рибальства, рекреації і туризму, традиційного природокористування. Водночас вони зберігають біорізноманіття та урізноманітнюють ландшафти земної поверхні. Природні та антропогенні складові приморських смуг вступають у різноманітні і тісні парадинамічні взаємодії між собою з різними наслідками, часто непередбачуваними. Виявлення таких взаємодій і їх наслідків, зокрема між генераторами вітрових електростанцій та між лініями високовольтних передач, є проблемою, спроба висвітлення якої зроблена у статті.

Актуальність дослідження підтверджується інтенсивним розвитком джерел альтернативної електроенергетики у приморській смузі України. Приморська 40-50-кілометрова смуга суходолу характеризується потужним вітровим полем [3], який зараз намагаються використати енергетичні

компанії. Висока інтенсивність будівництва і введення в експлуатацію підтверджується фактами: якщо у 2006 році встановлена пікова потужність ВЕС в Україні становила 86 МВт, то вже у І кварталі 2019 року – 706 МВт [8]. Лише у прибережній смузі Азовського моря функціонує Ботієвська, Приморська та Новоазовська вітрові електростанції загальною потужністю понад 480 МВт пікової потужності. На Ботієвській та Приморській ВЕС триває встановлення вітрогенераторів більшої потужності.

Дослідження та обґрунтування впливу ВЕС та ЛЕП на окремі групи живих організмів (птахи, кажани, рептилії, риби, рослини) здійснюється більшою мірою до їх будівництва. Що ж стосується дослідження впливу вже функціонуючої ВЕС чи ЛЕП на довкілля, то такі роботи малочисельні, або й взагалі мають гриф «для службового використання».

Недостатня кількість інформації породжує чутки серед місцевого населення про можливі види «шкоди» від роботи вітряків та ліній електропередач: часто ми чуємо такі вислови як «бичок відійшов від берега та ловиться гірше», «мишей стало менше», «стала більше боліти голова», «корова стала менше давати молока» тощо.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями полягає в тому, що автором у даній статті проаналізовані парадинамічні взаємодії між вітроустановками та довкіллям, а також між лініями електропередач та довкіллям. Більшість останніх досліджень і публікацій з можливого впливу вітрогенераторів та ліній електропередач на довкілля та його окремих представників здійснено до початку їх будівництва, тобто на етапі обґрунтування будівництва. Такі публікації є, в тому числі для приморської смуги Азовського моря [1]. Щодо впливу вже існуючих ВЕС на довкілля, то наукова та офіційна інформація зустрічається [7], але її недостатньо для науковців та пересічних громадян України. Більшість наукових публікацій розміщена в іноземних журналах та на іноземних сайтах і недоступні для пересічного жителя.

У зв'язку з вищеозначеним, стаття присвячується виявленню парадинамічних взаємодій і впливів вже функціонуючих вітрових електростанцій та ліній електропередач на довкілля та його окремі складові у прибережній смузі моря.

Новизна. Встановлена наявність парадинамічних зв'язків між вітроустановками і довкіллям, а також між лініями електропередач і довкіллям у прибережній смузі Азовського моря.

Методологічне або загальнонаукове значення. У статті наголошується на необхідності об'єктивних досліджень різноманітних видів впливу вже існуючих вітрових електростанцій на довкілля та його окремі складові з метою уникнення появи слухів про негативний вплив на людину та довкілля.

Викладення основного матеріалу. Парадинамічні взаємодії – це такий вид двосторонніх функціональних взаємодій, які проявляються між кількома контактуючими об'єктами чи середовищами шляхом речовинно-енергоінформаційного обміну [2]. Ґрунтуються парадинамічні взаємодії на явищі контрастності, причому взаємодії тим сильніші, чим контрастніші контактуючі складові [4]. Фактично у парадинамічні взаємодії вступають усі наземні та підземні об'єкти, комплекси і середовища натурального та антропогенного походження. Так, парадинамічні зв'язки виникають у процесі функціонування, наприклад, між руслом річки і прибережним суходолом та між приморським суходолом і акваторією моря – через лінію берега, між лісосмугою та полем, між ґрунтом і повітрям, між забудовою та довкіллям, між ріллею та степовою ділянкою тощо. Так само виникають парадинамічні взаємодії між функціонуючими турбінами вітрових електростанцій та довкіллям, між лініями електропередач та довкіллям.

Парадинамічні взаємодії між вітрогенераторами та довкіллям проявляються локально у місцях їх розміщення. Вони поділяються на прямі і зворотні. Прямі впливи відображують вплив вітрової турбіни на довкілля та його окремі складові, а зворотні – вплив довкілля та його складових на енергоспоруду. Прямі проявляються у вигляді інтерференції між вітряками, у впливі через шуми та вібрацію, механічний вплив на летючих тварин, вплив на людину через зміни естетичних якостей довкілля та ін.

Вже на етапі будівництва передбачається розміщення вітрогенераторів на відстані не менше п'яти діаметрів оберту лопатей один від одного для уникнення явища інтерференції – взаємного впливу однієї турбіни на іншу. Два рядом розташовані вітрогенератори з діаметром колеса до 100 м внаслі-

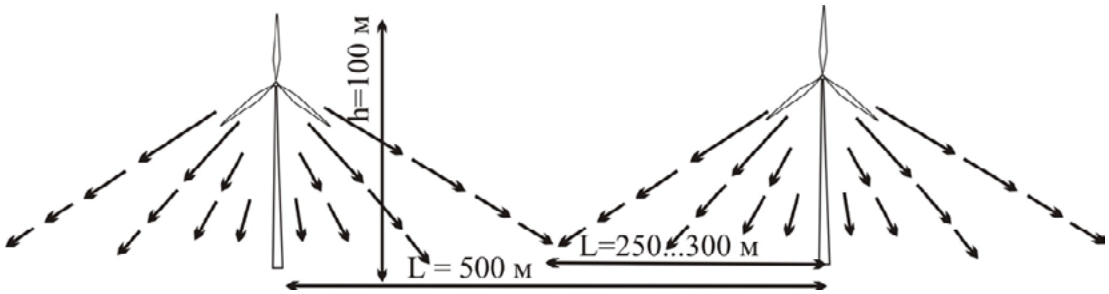


Рис. 1. Зони турбулентного та шумового впливу вітротурбін

док інтерференції здатні впливати один на одного на відстані до 500 м, створюючи зону вітрової тіні (рис. 1). Такий принцип дотримано під час будівництва Ботієвської ВЕС.

Функціонування вітроенергетичних установок супроводжується такими видами впливу як шум та вібрація. Шумовий вплив спричинений механічним шумом від коробки передач і генератора та аеродинамічним шумом від дії обертових лопатей. Аеродинамічні шуми у нових моделях турбін відчутні більше за механічні і визначаються показником у 35-40 дБ на відстані 350 м [6]. Тому обмеження шумового впливу вітрових електростанцій досягається їх віддаленістю від населених пунктів на понад 350 м. Функціонування вітрових електростанцій, її допоміжних і суміжних конструкцій часто супроводжується зміною або втратою місць існування живих організмів.

Відносно людини, Всесвітня організація охорони здоров'я засвідчує, що немає жодних доказів шумового впливу, нижчого за слуховий поріг, на фізіологічні чи психологічні особливості людини. Це саме підтверджується новітніми північноамериканськими та англійськими дослідженнями: шум від сучасних вітрогенераторів не призводить до шкідливих наслідків для здоров'я людини, яка проживає поряд. Причиною негативного впливу вітроустановок на психічний стан людини є в більшості випадків власне людина внаслідок переживання, спричиненого близькістю вітряків. У більшості випадків подразнення від шуму вітрогенераторів було пов'язане з негативним відношенням до візуального сприйняття вітряків у пейзажі.

Спорудження вітрових електростанцій негативно впливає на якість ландшафту та естетичний його вигляд . Вони сприймаються як нові, неприродні вертикальні споруди, які не гармоніюють з більшістю ландшафтів [6]. Особливо це стосується рівнинних степових ландшафтів, де конструкції висотою під 150 м добре помітні на значних відстанях.

Чутливість до нижньої частоти вібрації від роботи вітроенергетичних установок значно варіюється між людьми та живими організмами і натепер досліджена дуже слабо, проте рівень вібрації, що генерується вітровими турбінами, лежить нижче порогу сприйняття більшості організмів. Однак окремі організми, очевидно, досить суттєво реагують на вібраційний вплив ВЕС. Фактор турбування тварин, викликаний шумом, вібрацією або інфразвуковим впливом, може супроводжуватися зниженням успішності їх розмноження або виживання потомства, змушуючи переселятися в інші місця.

Це саме стосується птахів, особливо мігруючих їх видів і маршрутів їх міграції. Згідно зі статистикою, лопаті кожної встановленої турбіни є причиною загибелі не менш як чотирьох особин птахів на рік. Значні проблеми, пов'язані із зіткненням птахів (особливо хижих) були зареєстровані на вітрових електростанціях у декількох країнах [11]. Вітрогенератори можуть стати бар'єрами, які порушують екологічні зв'язки тварин з місцями харчування, зимівлі, розмноження та линяння.

Окремі американські лікарі [12] стверджують, що близькість вітроегенраторів викликає у деяких людей «синдром вітрогенератора», що проявляється у мігренях, запамороченні голови, стурбованості, тахікардії, тиску у вухах, а в окремих випадках навіть погіршує зір і травлення їжі.

У світі відомі приклади досліджень позитивного впливу роботи вітротурбін на мікроклімат та збільшення врожаю зернових культур і сої. Робота вітрогенераторів прискорює вихід вуглекислого газу з ґрунту, що сприяє фотосинтезу, і, відповідно, росту культур, прискорюючи обмінні процеси між хлібними злаками та прилеглим шаром повітря. Крім того, турбулентний потік висушує росу з поверхні культур і зменшує враження їх грибковими хворобами, а в продукції зернових культур зменшують вміст вологи .

Зворотний вплив довкілля та його складових на споруди вітрових електростанцій першочергово проявляється у високій хімічній активності приморського середовища, прискореному ході корозійних процесів, зіткненні літаючих живих організмів зі спорудами.

Зіткнення птахів з лопатями та спорудами вітротурбін є досить частим явищем: за різними оцінками, смертність сягає 28,5 тисяч особин на рік.

Європейськими експертами був виявлений значний рівень загибелі кажанів внаслідок механічних ушкоджень від безпосереднього контакту з конструкціями ВЕС, а також від баротравм (гемоторакс, зміщення шлунку, руйнація покривів та м'язів тощо), зумовлених вихорами від гвинтів. Лише на території Німеччини від негативного впливу ВЕС за рік гине ~250 тис. особин, що становить 10-12% від усіх померлих тварин. Серед них за останні 10 років близько 2 млн. кажанів стали жертвами інсультів, спричинених ВЕС (Матеріали міжнародного семінару "Wildtiere im urbane und suburbanen Siedlungsraum", Halberstadt, Germany, 11-14.04.2013). Частково такі дослідження були здійснені у Приазов'ї [1].

Відомий і вже наведений нами руйнівний хімічний вплив морської піни на споруди та механізми вітряків, а також на електричні мережі. Вона формується у зоні прибою та відкритій частині моря при вітрах понад 6 м/с. Незважаючи на фізико-хімічну природу, концентрація у піні органічної речовини у 20-30 разів вища за воду, що свідчить про високу метаболічну активність мікроорганізмів піни. Верхній шар води, де формується морська піна, характеризується скупченням мертвих та відмираючих водоростей і безхребетних, які піднімаються з дна та пелагіалі.

Процес накопичення відмерлих решток у поверхневому шарі води названий Ю.П. Зайцевим «антидощ трупів» [5]. У піні підвищена концентрація

бактерій, амонію, фосфатів, органічних сполук [9]. Як стабільна, так і динамічна піна під час штормів викидається на берег, інколи на відстань у сотні метрів, пошкоджуючи лінії електропередач та енергетичну інфраструктуру. У стабільній піні А.В. Цибань [10] виявила комплекси гетеротрофних мікроорганізмів, кількість яких у тисячі разів більша за їх вміст у пелагіалі. Так само на кілька порядків більший вміст водоростей. Біологічна активність піни підтверджується багатьма її стимуляційними та лікувальними властивостями.

Будівництво вітрових електростанцій супроводжується спорудженням нових ліній електропередач для транспортування додаткової кількості електроенергії. Парадинамічні взаємодії між ними та довкіллям проявляються, з одного боку, у формуванні потужних електромагнітних полів, пригніченні рослинного покриву, фізичному перешкоджанні міграції птахів, іонізації повітря коронними розрядами тощо. Зворотний вплив проявляється у руйнуванні ЛЕП падаючими деревами внаслідок їх обмерзання та обмерзання дротів в умовах підвищеної вологості прибережної смуги моря, руйнування хімічно активною морською піною тощо.

Потужні електромагнітні поля ЛЕП утворюються навколо фазних дротів лінії (рис. 2). Негативний вплив відбивається у першу чергу на біотичних складових геосистем, які знаходяться поблизу трас ліній електропередач надвисокої напруги. Електромагнітні поля надвисокої частоти (300 МГц і більше) здійснюють інформаційний вплив, який на сьогодні вивчений недостатньо. Для полів промислової частоти у 50 Гц ліній надвисокої напруги основним є тепловий вплив від електричних струмів, індукованих в тілі біологічного організму [7].

Електричні поля високої напруженості (50 кВ/м) спричиняють вібрацію волосяного покриву людини і тварин, при цьому виникають вкрай неприємні відчуття і передусім сильна сверблячка. За напруженості електричного поля 20-50 кВ/м спостерігається пошкодження тканини листя рослин, що пояснюється тепловим впливом струмів, які виникають від коронування виступаючих частин рослин. Такий вплив призводить до втрати клітинами вологи, засихання, стискання і в результаті – загибелі [7].

Найчутливішими до впливу електромагнітних полів системами організму людини і, найвірогідніше, багатьох видів тварин є нервова, імунна, ендокринна і статева. Під їх впливом виникають суттєві аномальні відхилення при передачі нервових імпульсів, що впливає на зміну вищої нервової діяльності, в тому числі й пам'яті у людей. Особливо висока чутливість до електромагнітних полів у нервової системи ембріона. Вкрай негативний вплив електромагнітні поля чинять на серцево-судинну та імунну системи людини і тварин з пригніченням процесів імуногенезу та ускладненням інфекційних процесів в організмі. В умовах тривалого багаторічного впливу електромагнітного поля має місце сумація біологічного ефекту з проявом віддалених у часі негативних наслідків, включаючи розвиток дегенеративних процесів центральної нервової системи, ракових захворювань крові (лейкоз), пухлин мозку, гормональних захворювань.

Найбільш чутливі до впливів електричного поля електропередач надвисокої напруги копитні тварини, копита яких є добрим ізолятором і відокремлює тіло тварини від землі. Тому наведений у тілі тварини потенціал може досягати 10 кВ, а імпульс струму в разі дотику нею до заземленого предмету (наприклад гілки куща) – 100-200 мкА. Такі струми безпечні для здоров'я, але викликають неприємні відчуття. Ця обставина змушує копитних тварин уникати трас високовольтних ліній. Подібні явища, пов'язані з наведенням високих потенціалів, також спостерігаються в організмі людини, що знаходиться під лінією електропередачі у взутті, яке ізолює її від землі.

Магістральні лінії електропередач створюють фізичне перешкоджання міграції птахів, особливо у весняно-осінній міграційний період. В межах Північно-Західного Приазов'я основні міграційні шляхи птахів приурочені до 20-40-кілометрової прибережної смуги Азовського моря. Тут же, уздовж берегової смуги та перпендикулярно їй сконцентровані магістральні лінії електропередач, які забезпечують електроенергією промислові центри і населені пункти півдня України.

Функціонування ЛЕП супроводжується виникненням коронних розрядів та іонізацією повітря. Такі розряди у вигляді корони виникають в умовах

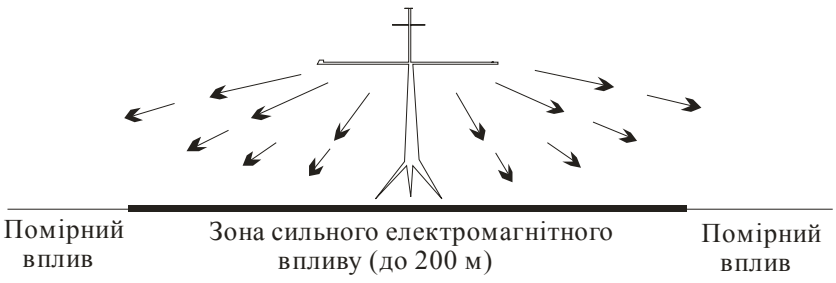


Рис. 2. Схема електромагнітного впливу ЛЕП на довкілля

атмосферного тиску у неоднорідному електричному полі з напруженістю від 30 кВ/см. Їх виникнення супроводжується значною втратою електроенергії. Коронні розряди підвищують іонізацію приморського повітря, підвищуючи вміст у ньому необхідних аероіонів. Серед негативних впливів коронних розрядів відмічені впливи на лінії зв'язку, які створюють значні шуми і перешкоджають передачі сигналу.

Зворотний вплив довкілля на ЛЕП проявляється у підвищеній хімічній активності приморського повітря та прискоренні корозії. Хімічний вплив відбувається як на власне електропровідник, так і на опору, на яку він підвішений. Часто на лінії електропередач впливають птахи через зіткнення з дротами, стовпами та спорудження гнізд.

Головні висновки. Споруди вітрових електростанцій та ліній електропередач з початку будівництва та упродовж експлуатації вступають у тісні парадинамічні взаємодії з довкіллям та його складовими. Ці зв'язки є надзвичайно різноманітними, характеризуються різною інтенсивністю та силою. Розташування у прибережній смузі Азовського моря ще більше урізноманітнює характер таких взаємодій. Але недостатній стан їх дослідженості або закритий характер таких досліджень спричинює появу хибної інформації та неоднозначне відношення у першу чергу місцевого населення до такого сусідства. Виявлення особливостей, сили і наслідків впливу енергетичних споруд та інфраструктури на довкілля та його складовими і навпаки є першочерговим науковим завданням та перспективою розвитку наукових досліджень за цим напрямом.

Перспективи дослідження. На майбутнє необхідно сформувати систему інструментальних досліджень за виявленими і ще не виявленими параметрами парадинамічних взаємодій між спорудами вітрогенераторів, ліній електропередач з довкіллям та з окремими його складовими з метою конкретизації їх інтенсивності і сили, а також можливих наслідків впливу на людину та інші живі організми.

Література

1. Волох А.М. Дослідження кажанів на території Українського Приазов'я за допомогою ультразвукового детектора в зоні впливу вітрової електростанції. *Бранта.* 2014. № 17. С. 76-95.
2. Воровка В.П. Біогенні процеси у Приазовській парадинамічній ландшафтній системі. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія.* 2017. Вип. 29, № 3-4. С. 25-31.
3. Воровка В.П. Оцінка вітроенергетичного потенціалу Північно-Західного
4. Приазов'я. *Географія та туризм.* 2012. Вип. 18. С. 255-260.
5. Воровка В.П. Приазовська парадинамічна ландшафтна система. Дис. … д. геогр. н.: 11.00.11 – конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів. Київ, 2018. 431 с.
6. Зайцев Ю.П. Морская нейстонология Київ, 1970. 264 с.
7. Москальчук Н.М. Вітрова енергетика – особливості оцінки впливу на навколишнє середовище. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсовикористання: науково-технічний журнал*. 2016. № 1 (13).С. 130-135.
8. Плачков І. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі. URL:http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-3/section-6.
9. Потужності відновлюваної електроенергетики у 2017 році зросли у два рази. http://uprom.info/. Національний промисловий портал. 2018-0127. Процитовано 29 травня 2019.
10. Зайцев Ю.П., Александров Б.Г., Миничева Г.Г. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев, 2006. 700 с.
11. Цыбань А.В. Бактериопланктон и бактерионейстон шельфовой области Черного моря. Киев, 1970. 272 с.
12. Guidelines on the Environmental Impact Assessment for Wind Farms. Belgrade, 2010, URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/eia/-documents/EIAguides/Serbia_EIA_windfarms_Jun10_en.pdf.
13. Wind Turbine Syndrome: A Report on a Natural Experiment. By Nina Pierpont MD PhD, K-Selected Books, Santa Fe, NM, 2009. 292 p., ISBN-13: 978-0-9841827-0-1.

УДК 631.4
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-10

ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИНОСУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ҐРУНТУ В СІВОЗМІНІ

Адамчук В.В.[1], Литвинюк Л.К.[1], Дем'янюк О.С.[2], Моргунов Е.І.[3], Кураєва І.В.[4], Войтюк Ю.Ю.[4]
[1]Навчально-науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
Національної академії аграрних наук України
вул. Вокзальна, 11, 08631, смт. Глеваха, Київська обл.
vvadamchuk@gmail.com, nnc-imesg@ukr.net
[2]Інститут агроекології та природокористування
Національної академії аграрних наук України
вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ
demolena@ukr.net
[3]Науково-виробниче підприємство
«Інститут аналітичних методів контроля»
пр. Науки, 46, корп. 3, 03680, м. Київ
chief@inam.kiev.ua
[4]Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
імені М.П. Семененка
Національної академії наук України
пр. Акад. Палладіна, 34, 03680, м. Київ
office.igmr@gmail.com, voitiuk_yulia@ukr.net

На прикладі досліджень за період 2011 – 2015 рр. з виносу валового вмісту хімічних елементів із ґрунту і поглинання їх зерновою і незерновою частинами урожаю показано, що необхідно враховувати не тільки NPK і макро-мікро елементи, а інші хімічні елементи, які наявні у ґрунті, так як вони приймають участь у внутрішньоґрунтовому агрохімічному процесі і поглинаються зерновою і незерновою частинами урожаю, а також впливають на стан родючості ґрунту. Аналітично-розрахунковим методом встановлено, що в Україні в результаті інтенсивного виносу із ґрунту хімічних елементів зерновою і незерновою частинами урожаю за період 2011–2015 рр. в комерційні сівозміні озима пшениця, кукурудза на зерно, соняшник, соя і ріпак на загальній площі 89157,2 тис. га в ґрунті, станом на кінець 2015 р., залишився запас N – 566,9 тис. т має місце дефіцит P – 2317.1 тис. т і K – 3918 тис. т. Окрім фосфору і калію за 2011–2015 рр. в Україні на загальній площі 89157,2 тис. га із ґрунту винесено хімічних елементів, тис. тонн: 3Li – 8.9; 4Be – 0.09; 9F – 367.5; 11Na – 90,3; 12Mg – 1000,6; 13Al – 2399,6; 14Si – 6067,6; 16S – 5222,8; 17Cl – 2388,2; 20Ca – 5455,3; 21Sc – 0,2; 22Ti – 50,61; 23V – 0.801; 24Cr – 0,62; 25Mn – 3370,8; 26Fe – 7740,2; 27Co – 0.04%; 28Ni – 455,4; 29Cu – 801,7; 30Zn – 1457,1; 31Ga – 0,05; 37 Rb – 1003.9; 38Sr – 1213.7%; 40Zr – 20,8; 41Nb – 0,074; 56Ba – 5,7; 57La – 0,7; 82Pb – 0,3, 83Bi – 0,01. Із загальної суми винесених хімічних елементів 55 460,6 тис. тонн за період 2011 – 2015 рр. винесено озимою пшеницею – 47,74% (26 479,4 тис. т), кукурудзою на зерно – 34,08% (18 904,7 тис. т), сою – 12,68% (7 037,2 тис. т), соняшником – 4,25% (2 358,5 тис. т) і ріпаком – 1,22% (680,8 тис. т), в тому числі винесено NPK зерном 6 479,8 тис. т та незерновою частиною урожаю 4 804,4 тис. т. Тому у разі неповернення незернової частини урожаю не будуть забезпечуватись умови для відновлення родючості ґрунту. *Ключові слова:* винос, хімічні елементи, комерційна сівозміна, дефіцит, незернова частина урожаю, відновлення, родючість ґрунту.

Research of carry out from soil chemical elements in crop rotation. Adamchuk V.V., Lytvyniuk L.K., Demianiuk O.S., Morhunov E.I., Kuraieva I.V., Voitiuk Yu.Iu. On example research on period 2011 – 2015 from carry out gross contents of chemical elements from soil and absorb then by grain and ungrain parts of harvest show thet it is necessary to take into account not only NPK and macro-micro elements. but another chemical elements, which are in soil. as they take part insoil agrochemical process and absorb grain and ungrain patt of harvest, take influence on statute of soil. By means of analytical-calculation method establish in Ukraine in the result of intensiv carry out from soil chemical elements by grain and ungrain parts of harvest in period 2011-2015 years in commercial crop rotation winter wheat, grain corn, sunflower, s and rape on general area 89157,2 thousand hectar in soil, on the end of 2015 year, leave reserve N – 566.9 thousand tons and have place deficit P – 2317,1 thousand tons and K – 3918 thousand tons. Therefore to continue agriculture on these area at first it is necessary remove deficit in soil P and K, and then increase they supported, or, according support soil fertility on achieve level and in thet time take into account content in soil another chemical elements. Beside P and K on term 2011-2015 yy. In Ukraine on gross area 89157,2 thousand hectar from soil carry out chemical element, thousand tons: 3Li – 8,9; 4Be – 0,09; 9F – 367,5; 11Na – 90,3; 12Mg – 1000,6; 13Al – 2399,6; 14Si – 6067,6; 16S – 5222,8; 17Cl – 2688,2; 20Ca – 5455,3; 21Sc – 0,2; 22Ti – 50,61; 23V – 0,801; 24Cr – 0,62; 25Mn – 3370,8; 26Fe – 7740.2; 27Co – 0,04; 28Ni – 455,4; 29Cu – 801,7; 30Zn – 1457,1; 31Ga – 0,05; 37Rb – 1003,9; 38St – 1213,7; 40Zr – 20,8; 41Nb – 0,074; 56Ba – 5,7; 82Pb – 0,3; 83Bi – 0,01. In whole

from common sum carry out chemical elements 55460,6 thousand tons in period 2011 – 2015 years carry out winter wheat – 47,74% (26 479,4 thousand tons), grain corn – 34,08% (18 904.7), soybean – 12,68 (70.37.2 thousand tons) and rape – 1,22% (9 680.8 thousand tons), in thet number carry out NPK by grain 6479.8 thousand tons and ungrein 4804,4 thousand tons. Therefore in case no return ungrain part of crop not provide condition for restore soil fertility. *Key words:* carry out, chemical elements, commercial crop, deficit, ungrein part of crop, return, soil fertility.

Постановка проблеми. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва призвела до незбалансованого вмісту хімічних елементів у ґрунтах України з перевищенням санітарно – гігієнічних допустимих норм вмісту хімічних елементів у ґрунтах, в навколишньому середовищі, продукції рослинництва, тваринництва і харчових продуктах, що призводить до захворювань тварин і людей. У зв'язку з цим набуло актуальності виробництво екологічно чистої сільськогосподарської продукції та покращення довкілля [1].

На цьому етапі ґрунти, забруднені хімічними елементами в результаті внесення мінеральних добрив низької якості (при внесенні калійних добрив в ґрунт потрапляє 58% Cl, а при внесенні фосфорних F – 0,01–0,02%, Zn – 0,005–0,025%, Cd – 0,005–0,007%, Pb – до 0,006%, Mn – 0,053–0,72%, Cu – 0,030–0,033%, Co – 0,0005%, Mo – 0,0002–0,0125%), хімічних регуляторів росту рослин і засобів захисту рослин, застосування біопрепаратів з різним вмістом макро- і мікроелементів, що спричиняє перевищенню вмісту мікроелемтів [1]. Всі ці хімічні елементи потрапляють в зернову і незернову частини урожаю. Окрім того, незернову частину урожаю використовують для перероблення на пелети, які використовують для опалення адміністративних приміщень та житлових будинків. Все це призводить до зниження родючості ґрунту, забруднення навколишнього середовища і зниження урожайності.

У зв'язку з цим пропонується новий підхід до вирішення проблеми родючості ґрунту шляхом визначення виносу хімічних елементів із ґрунту і поглинання їх зерновою і незерновою частинами урожаю та порівняння їх концентрації з ГДК (гранично допустима концентрація). На основі порівняння одержаних результатів зроблено висновок

Таблиця 1

Співвідношення зернової і незернової частини урожаю озимої пшениці, кукурудзи на зерно, сої, соняшника і ріпаку, %

№ з/п	Культури	Зернова частина	Незернова частина
1	Пшениця озима	50	50
2	Кукурудза на зерно	35	65
3	Соя	54	46
4	Соняшник	35	65
5	Ріпак	30	70

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 2

Співвідношення зернової і незернової частин валових урожаїв озимої пшениці, кукурудзи на зерно, соняшнику, сої і ріпаку в Україні за період 2011–2015 рр.

№ з/п	Культура; зернова і незернова частини урожаю	Сумарний статистичний вал зерна і розрахунковий вал незернової частини без кореневої системи, т
1	Пшениця озима:	
	– зерно	108078500
	– солома	108078500
2	Кукурудза на зерно:	
	– зерно	126575100
	– солома	235068042
3	Соя:	
	– зерно	15261400
	– солома	13000451
4	Соняшник:	
	– зерно:	49423700
	– солома	91786841
5	Ріпак:	
	– зерно	8929100
	– солома	20813566

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 3

Валовий винос хімічних елементів зерновою і незерновою частинами урожаю сільськогосподарськими культурами, кг/т

№ з/п	Хімічний елемент і його номер в таблиці Д.І. Менделєєва	Пшениця		Соя		Кукурудза		Соняшник		Ріпак	
		зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома
1	3Li									0,03	0,03
2	4Be									0,001	–
3	7N	2,5	4,5	8,1	28,9	2,5	4,6			5,0	5,3
4	9F	3,4	–								
5	11Na	0,08	–			0,027					
6	12Mg	1,11	0,7	14,6	6,6	1,04	1,4	1,91	–	–	2,8
7	13Al	4,1	–	43,6	–	10,2	–				
8	14Si	1,6	62,4			1,19	–				
9	15P	6,5	0,7	9,0	3,9	16,5	1,6	4,96	0,52	2,2	1,1
10	16S	7,4	21,3	65,0	–	9,0	–				
11	17Cl	7,9	–	4,0	–	7,3	–				
12	19K	15,0	6,4	19,5	31,3	6,5	1,26	1,82	9,04	5,0	2,5
13	20Ca	7,3	2,1	10,9	2,5	18,0	3,2	4,01	9,06	0,6	8,4
14	21Sc									0,02	0,001
15	22Ti							0,0001	–	4,5	0,5
16	23V							0,0002	–	0,08	0,005
17	24Cr							0,0003	–	0,06	0,005
18	25Mn	9,1	16,1	1,4	–	3,3	–	03045	–	0,6	0,5
19	26Fe	15,8	35,8	7,6	–	15,5	–				
20	27Co							0,0003	–	0,005	–
21	28Ni			0,24	–	0,7	–	0,004	–	0,05	0,003
22	29Cu	0,9	4,59	0,74	–	0,7	–	0,03	–	0,05	0,05
23	30Zn	5,5	–	2,4	–	3,9	–	0,03	–		
24	31Ga									0,006	–
25	37Rb	0,8	–	0,46	–	1,7	–				
26	38Sr	0,7	–	0,43	–	1,2	–				
27	40Zr							0,002	–	2,0	0,1
28	41Nb									0,008	–
29	56Ba									0,4	0,1
30	57La									0,03	0,02
31	82Pb									0,03	0,003
32	83Bi							0,0002	–		

Джерело: дослідження авторів

Примітка: Цифра перед хімічними елементами означає порядковий номер елемента в таблиці Д.І. Менделєєва. Це для того, щоб показати що насправді окрім N, P і K зернова і не зернова частини урожаю поглинають і інші елементи з різними порядковими номерами.

стосовно екологічного стану ґрунту, одержаної продукції, а також встановлено які хімічні елементи та яку їх кількість необхідно повернути у ґрунт.

Мета досліджень – визначити винос валового вмісту хімічних елементів із ґрунту комерційною сівозміною, яка включає озиму пшеницю, кукурудзу на зерно, сою, соняшник і ріпак.

Робоча гіпотеза – автори передбачають, що можливо визначити винос валового вмісту хімічних елементів із ґрунту зерновою і незерновою частинами урожаю за допомогою спектрального аналізу.

Об'єкт досліджень – орний шар ґрунту, в якому вирощують сільськогосподарські продукти.

Предмет досліджень – визначення залежності виносу валового вмісту хімічних елементів із ґрунту зерном і стеблом вирощуваних культур.

Методика досліджень. Експериментально-аналітичний. Алгоритм визначення виносу хімічних елементів був таким:

– визначення валового вмісту хімічних елементів у зерні і соломі з використанням спектральних аналізаторів, %;

– установка експериментальним шляхом співвідношення між зерновою і незерновою частинами урожаю сільськогосподарських культур, %;

– визначення виносу валових хімічних елементів однією тонною зерна і соломи, кг/т;

– визначення виносу валових хімічних елементів з 1 гектара, кг/га;

– визначення виносу валових хімічних елементів сівозміною сільськогосподарських культур, т;

Таблиця 4

Валовий винос хімічних елементів із ґрунту (кг/га) сільськогосподарськими культурами

№ з/п	Хімічний елемент і його номер в таблиці Д.І. Менделєєва	Пшениця	Соя	Кукурудза	Соняшник	Ріпак
1	3Li					0,23
2	4Be					0,0023
3	7N	10,49	65,00	65,12		14,16
4	9F	11,90				
5	11Na	0,28		0,16		
1	2	3	4	5	6	7
6	12Mg	6,35	41,94	21,22	3,73	14,89
7	13Al	15,46	85,46	60,24		
8	14Si	224,12		6,78		
9	15P		24,36	114,89	11,47	10,68
10	16S	101,24	127,42	53,72		
11	17Cl	29,5	7,79	43,34		
12	19K	55,72	91,04	52,38	37,07	24,75
13	20Ca	15,46	25,52	140,94	31,66	47,76
14	21Sc					0,049
15	22Ti	23,20			0,001	13,08
16	23V				0,0004	0,21
17	24Cr				0,0004	0,16
18	25Mn	88,88	2,76	19,49	0,09	4,03
19	26Fe	177,89	14,88	91,68		
20	27Co	25,64			0,0006	0,01
21	28Ni		0,47	4,10	0,008	0,14
22	29Cu	19,24	1,45	4,10	0,059	0,38
23	30Zn	19,24	4,7	23,01	0,059	
24	31Ga					0,014
25	37Rb	2,78	0,81	10,03		
26	38Sr	2,46	0,84	6,94		
27	40Zr				0,004	5,10
28	41Nb		0,47			0,018
29	56Ba					1,38
30	57La					0,017
31	82Pb					0,08
32	83Bi				0,0002	

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 5

Сумарний винос хімічних елементів урожаями озимої пшениці, сої, кукурудзи на зерно, соняшнику і ріпаку в Україні за період 2011–2015 рр.

№ з/п	Хімічний елемент і його номер в таблиці Д.І. Менделєєва	Винос хімічних елементів сільськогосподарськими культурам, тис. т					Разом, тис. т	Середній винос, т/га
		озима пшениця	кукурудза на зерно	соя	соняшник	ріпак		
		площа, тис. га						
		30723	21452,9	7802,2	25266,8	3912,3	89157,2	
		вал, тис. т						
		108075,3	126575,1	15261,4	49423,1	8929,1	180611,0	
		середня урожайність, т/га						
		3,52	5,90	1,96	1,96	2,28		
1	3Li					8,9	8,9	$9x10^{-5}$
2	4Be					0,09	0,09	$9x10^{-7}$
3	7N	756,6	1397,5	499,3		55,7	2709,1	0,0304
4	9F	367,5					367,5	0,004
5	11Na	86,5	3,8				90,3	0,001
6	12Mg	195,6	460,7	292,6	94,4	58,3	1000,6	0,01
7	13Al	443,1	1291,1	665,4			2399,6	0,027
8	14Si	6917,0	150,6				6067,6	0,068
9	15P	778,5	1850,7	458,1	292,9	42,5	3881,4	0,044
10	16S	3101,8	1139,1	991,9			5222,8	0,059
11	17Cl	853,8	923,9	610,5			2388,2	0,027
12	19K	2312,8	1118,9	704,5	929,7	96,7	3465,7	0,038
13	20Ca	1015,9	3030,6	198,8	1029,8	180,2	5455,3	0,061
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	21Sc					0,2	0,2	$2x10^{-5}$
15	22Ti				0,005	50,6	50,61	$6x10^{-4}$
16	23V				0,001	0,8	0,801	$8x10^{-6}$
17	24Cr				0,02	0,6	0,62	$6x10^{-6}$
18	25Mn	2723,6	417,7	213,7		15,8	3370,8	0,038
19	26Fe	5576,8	1961,9	201,5			7740,2	0,087
20	27Co					0,04	0,04	$4x10^{-7}$
21	28Ni		88,6	366,3	0,002	0,5	455,4	0,005
22	29Cu	593,4	88,6	112,9	5,8	1,0	801,7	0,009
23	30Zn	594,4	493,6	363,3	5,8		1457,1	0,016
24	31Ga					0,05	0,05	$5x10^{-7}$
25	37Rb	86,5	215,2	702,2			1003,9	0,011
26	38Sr	75,6	511,9	656,2			1213,7	0,014
27	40Zr				0,09	19,9	20,8	$2x10^{-4}$
28	41Nb					0,07	0,07	$7x10^{-7}$
29	56Ba					5,7	5,7	$6x10^{-5}$
30	57La					0,7	0,7	7x10
31	82Pb					0,3	0,3	$3x10^{-6}$
32	83Bi				0,01		0,01	$1x10^{-7}$
Разом		26479,4	18904,7	7037,2	2358,5	680,8	55460,6	0,622
Доля, %		47,74	34,09	12,69	4,25	1,22	100,00	

Джерело: дослідження авторів

– порівняння коефіцієнта поглинання хімічних елементів з ґрунту з гранично допустимими концентраціями.

Співвідношення між зерновою і незерновою частинами урожаю наведено в таблиці 1.

Дослідження з визначення валовогго вмісту хімічних елементів в зерновій і незерновій частинах урожаю проведено з застосуванням рентгенофлоуресцентних (ЕКСПЕРТ–3L і S1 TITAN^{LE}) і спектрального (СТЕА–2) аналізаторів.. Для аналізу стану ґрунтів з виносу хімічних елементів за період 2011–2015 рр. із статистичного щорічника України вибрано вал, урожайність і площу, на якій вирощували озиму пшеницю, кукурудзу на зерно, сою, соняшник і ріпак [2].

Середню кількість внесених органічних і мінеральних добрив за період 2011 – 2015 рр. прийнято як суму азоту, фосфору і калію в органічних і мінеральних добривах. При цьому коефіцієнт переводу органічних добривах в NPK відповідно становив: N – 0,055 т/га; P – 0,0124 т/га і K – 0,01396 т/га.

Результати досліджень. Співвідношення зернової і незернової частин валових урожаїв озимої пшениці, кукурудзи на зерно, соняшнику, сої і ріпаку в Україні за період 2011–2015 рр. наведено в таблиці 2.

У таблиці 3 наведено валовий винос хімічних елементів із ґрунту зерновою і незерновою частинами урожаю сільськогосподарськими культурами, кг/т.

Найбільший винос хімічних елементів з ґрунту (табл. 3) в зерні і соломі озимої пшениці, сої, кукурудзи на зерно, соняшнику і ріпаку, причому найбільша кількість хімічних елементів виноситься з ріпаком. За виносом хімічних елементів з ґрунту сільськогосподарські культури можна ранжувати у такій послідовності: N – соя, пшениця, кукурудза, P – кукурудза, соя, пшениця, соняшник, K – соя, пшениця, кукурудза, Mg – соя, кукурудза, Al – соя, кукурудза, Si – пшениця, S – соя, пшениця, Ca – соя, кукурудза, соняшник, Mn – пшениця, ріпак, Fe – пшениця. Таким чином, різні культури виносять не тільки N, P і K, а і інші хімічні елементи, які необхідно враховувати.

У таблиці 4 наведено валовий винос хімічних елементів із ґрунту сільськогосподарськими культурами, (кг/га).

Аналізуючи таблицю 4, нескладно дійти висновку, що основними культурами, які виснажують ґрунт шляхом виносу хімічних елементів є кукурудза на зерно, соя, пшениця, ріпак і соняшник. Слід відмітити, що основним чинником є урожайність, яка в даному випадку взята із Статистичного щорічника України за період 2011–2015 рр. Кількість хімічних елементів в таблицях 3 і 4 (32 елементи) не означає, що у ґрунті саме така кількість хімічних елементів і немає інших елементів.

Окрім того, при визначенні коефіцієнта поглинання хімічних елементів із ґрунту в рослину, дані цих таблиць необхідно порівняти з ГДК. На даний час відомо ГДК на 14 хімічних елементів, а необхідно ще обґрунтувати ГДК на 78 хімічних елементів. Доцільно розробити універсальну програму керова-

Таблиця 6

Зведені дані з внесення основних (N, P, K) хімічних елементів (згідно статистики) і розрахункові дані з їх виносу урожаями озимої пшениці, кукурудзи на зерно, сої, соняшнику і ріпаку за період 2011–2015 рр.

№ з/п	Сільськогосподарська культура	Внесено хімічних елементів, (згідно статистики), тис. т	Винесено хімічних елементів (розрахунок), тис. т/%	В тому числі, тис. т/%		Різниця між внесеними і винесеними хімічними елементами, ± тис. т.
				зерном	соломою	
1	Озима пшениця	N 1744,8	756,6/43,4	270,2/35,7	486,4/64,3	988,2
		P 380,9	778,5/204,4	702,5/90,2	75,9/7,8	-396,6
		K 428,9	2312,8/539,2	1621,1/70,1	691,7/29,9	- 1883,9
2	Кукурудза на зерно	N 1179,9	1397,8/113,6	316,4/22,6	1081,4/77,4	- 217,9
		P 266,0	1850,7/635,8	1474,6/79,6	376,1/20,4	- 1584,7
		K 299,5	1118,9/373,6	822,7/73,5	296,2/26,5	- 819,4
3	Соя	N 429,1	499,3/106,4	123,6/24,7	375,7/75,3	-70,2
		P 96,7	458,0/473,6	407,3/88,9	50,7/11,1	- 361.3
		K 108,9	704,5/646,9	297,6/42,2	406,9/57,8	- 595,6
4	Соняшник	P 313.3	292,8/93,5	245,1/83,7	47,7/16,3	20,5
		K 352,7	929,7/263,6	89,9/9,7	829,7/90,3	- 596,9
5	Ріпак	N 215,2	55,6/85,8	44,6/80,2	11,0/19,8	159,6
		P 48,5	42,5/87,6	19,6/47,3	22,9/52,7	6,0
		K 54,6	96,6/176,9	44,6/46,2	52,0/53,8	- 42,0

Джерело: дослідження авторів

ного внутрішньогрунтового агрохімічного процесу, яка придатна для всіх систем землеробства в різних ґрунтово-кліматичних зонах України, за участю інженерів, фізиків, агрономів, агрохіміків, селекціонерів, хіміків, медиків, спеціалістів з автоматизації та телекомунікації. Це дасть можливість, оцінити екологічний стан ґрунту, коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту продуктами рослинництва в системі «людина – ґрунт – рослина – тварина –довкілля». Дані таблиць 3 і 4 можна використовувати при плануванні сівозміни з питань виносу хімічних елементів із ґрунту та необхідної кількості внесення хімічних елементів у ґрунт під ту чи іншу культуру.

Для визначення фактичного валового вмісту хімічних елементів у ґрунті необхідно застосовувати лазерні аналізаторів, які дають можливість визачати всі хімічні елементи у ґрунті від водню до урану. В зв'язку з цим необхідно розробити лазерний аналізатор щоб визначати валовий вміст хімічних елементів у ґрунті і в продуктах рослинництва в режимі "on-line".

В таблиці 5 наведено сумарний винос хімічних елементів урожаями озимої пшениці, сої, кукурудзи на зерно, соняшнику і ріпаку в Україні за період 2011–2015 рр.

Із таблиці 5 випливає, що в загальному виносі хімічних елементів з ґрунту за кількістю переважають залізо, кремній, кальцій, сірка, фосфор, калій, марганець, азот, алюміній, хлор, цинк, стронцій, рубідій, магній та інші наявні хімічні елементи, вміст яких не враховується при плануванні сівозмін і урожаю, а також те, що немає обґрунтованих ГДК по відношенню не тільки до зазначених хімічних елементів, а і до інших елементів таблиці Д.І. Менделєєва.

У таблиці 6 наведено зведені дані з внесення основних (N, P, K) хімічних елементів (згідно статистики) і розрахункові дані з їх виносу урожаями озимої пшениці, кукурудзи на зерно, сої, соняшнику і ріпаку за період 2011–2015 рр.

Винос P і K із ґрунту за період 2011–2015 рр. (табл. 6) перевищує внесені P і K (згідно статистики) в 2-6 разів (окрім ріпаку). Валовий обсяг винесених NPK зерном сільськогосподарських культур становить – 6 479,8 тис. т (57,42%), а незерновою частиною урожаю – 4 804,4 тис. т. (42,58%).

Не повернення у ґрунт винесених P і K призводить до зниження родючості ґрунту, тому спочатку необхідно усунути дефіцит у ґрунті P і K, а потім підвищувати їх вміст, або принаймні підтримувати родючість на досягнутому рівні.

Стосовно виносу із ґрунту незерновою частиною урожаю, то солома наведених культур виносить N більше в 2-3 рази (окрім ріпаку), а зерно виносить P більше в 2,5–8 разів (окрім ріпаку) ніж його було внесено та K в 0,9–2,8 разів, ніж його було внесено.

У зв'язку з цим нескладно прийти до висновку, що доцільно заборонити використовувати незернову частину розглянутих культур для опалення і інших потреб, а доцільно повертати її у ґрунт, адже використання соломи на опалення і інші цілі не забезпечує повернення у ґрунт винесених хімічних елементів, що призводить до зниження родючості ґрунту і забруднення навколишнього середовища.

Головні висновки. За результатами проведених досліджень зроблені наступні висновки:

1. Аналітично-розрахунковим методом встановлено, що в Україні в результаті інтенсивного виносу із ґрунту хімічних елементів зерновою і незерновою частинами урожаю за період 2011–2015 рр. в комерційні сівозміні озима пшениця, кукурудза на зерно, соняшник, соя і ріпак на загальній площі 89 157,2 тис. га в ґрунті, станом на кінець 2015 р., залишився запас N – 566,9 тис. т і має місце дефіцит P – 2317.1 тис. ті K – 3918 тис. т. Тому для продовження землеробства на цих площах спочатку необхідно усунути дефіцит у ґрунті P і K, а потім підвищувати їх вміст, або, принаймні, підтримувати родючість на досягнутому рівні з врахуванням вмісту у ґрунті інших хімічних елементів.

2. Окрім фосфору і калію за 2011–2015 рр. в Україні на загальній площі 89157,2 тис. га із ґрунту винесено хімічних елементів, тис. тонн: 3Li – 8.9; 4Be – 0.09; 9F – 367.5; 11Na – 90,3; 12Mg – 1000,6; 13Al – 2399,6; 14Si – 6067,6; 16S – 5222,8; 17Cl – 2388,2; 20Ca – 5455,3; 21Sc – 0,2; 22Ti – 50,61; 23V – 0.801; 24Cr – 0,62; 25Mn – 3370,8; 26Fe – 7740,2; 27Co – 0.04; 28Ni – 455,4; 29Cu – 801,7; 30Zn – 1457,1; 31Ga – 0,05; 37 Rb – 1003.9; 38Sr – 1213.7; 40Zr – 20,8; 41Nb – 0,074; 56Ba – 5,7; 57La – 0,7; 82Pb – 0,3, 83Bi – 0,01.

3. В цілому із загальної суми винесених хімічних елементів 55 460,6 тис. тонн за період 2011–2015 рр. винесено озимою пшеницею – 47,74% (26 479,4 тис. т), кукурудзою на зерно – 34,08% (18 904,7 тис. т), соєю – 12,68% (70 37,2 тис. т), соняшником – 4,25% (2 358,5 тис. т) і ріпаком – 1,22% (680,8 тис. т), в тому числі винесено NPK зерном 6479,8 тис. т та незерновою частиною урожаю 4804,4 тис. т. Тому у разі неповернення незернової частини урожаю не будуть забезпечуватись умови для відновлення родючості ґрунту.

4. Необхідно обґрунтувати ГДК на 78 хімічних елементів, оскільки вони є в складі ґрунту різних ґрунтово-кліматичних зон України, що дасть можливість визначити ґрунти, які придатні для екологічного землеробства і одержати продукцію з вмісту хімічних елементів в межах ГДК.

5. Доцільно розробити універсальну програму керованого внутрішньогрунтового агрохімічного процесу, яка придатна для всіх систем землеробства в різних ґрунтово-кліматичних зонах України, за участю інженерів, фізиків, агрономів, агрохіміків, селекціонерів, хіміків, медиків, спеціалістів з автоматизації та телекомунікації.

6. Спрямувати НДР у землеробстві на визначення валового вмісту хімічних елементів у ґрунті перед початком вирощування сільськогосподарських культур, перед застосуванням біологічних препаратів, після збирання урожаю, а також визначення коефіцієнту поглинання валового вмісту хімічних елементів кінцевими продуктами і порівняння його з ГДК. Для цього необхідно розробити лазерний аналізатор для визначення валового вмісту хімічних елементів у ґрунті в процесі руху агрегату.

Література

1. Лошаков В.Г. Развитие учения о севооборотах в РГАУ – МСХА К. А.Тимирязева // Земледелие. № 2. 2017. С. 3–9.
2. Статистичний щорічник України за 2015 рік. Київ : Державна служба статистики України, 2016. С. 302, 311, 313, 323, 326.

УДК 579.262:665.7
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-11

БІОСОРБЦІЙНИЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦІЇ ПЕСТИЦИДІВ У ҐРУНТАХ

Хохлов А.В., Хохлова Л.Й., Купчик Л.А., Титаренко М.В.
Відділ екологічної хімії
Інституту сорбції та проблем ендоекології
Національної академії наук України
вул. Генерала Наумова, 13, 03164, м. Київ
ispe@ispe.kiev.ua, techsorb@ukr.net

Запропоновано новий підхід до вирішення проблем біоочищення забруднених пестицидами середовищ, що полягає в створенні біосорбційних комплексів, в яких мікроорганізми-деструктори закріплюються на носіях не інертних, а сорбційно-активних до забруднювача та мікроорганізмів. Показано, що біосорбційні композити на основі рослинних матеріалів ефективні для детоксикації пестицидів різного хімічного складу. Встановлено оптимальні умови модифікування спеціалізованих біосорбційних комплексів деструктивної дії відносно органічних забруднювачів. Визначено структурні, біокаталітичні та деструктивні властивості одержаних біосорбційних композитів. Досліджено взаємозв'язок функціонального сорбційного зв'язування пестицидів біосорбційними комплексами та деструкції сорбованих пестицидів мікроорганізмами-деструкторами, що іммобілізовані на їх поверхні. Найбільш ефективним є застосування в якості носія комплексного сорбційного матеріалу на основі рослинної сировини. Іммобілізовані клітини мікроорганізмів-деструкторів на сорбційному носії мають клітинні титри в межах від 10^3 до 10^7 кл/г. Показано, що такий біосорбційний комплекс має сорбційну активність до забруднювача та до мікроорганізмів – деструктрів. Деструктивна активність такого комплексу відносно пестицидів становить до 90% у водних та ґрунтових системах. Доведено, що природна мікрофлора адаптована до природних кліматичних умов, є стабільною та володіє синергізмом. Крім того, повернення мікробного комплексу в природне середовище надає йому селективні переваги. Вивчено закономірності перетворення компонентів в гетерогенній системі ґрунт – біосорбент – рослина. Відзначено технологічні особливості отримання біосорбційних препарату-детоксиканта комплексної дії. Надані рекомендації по практичному використанню біоактивних сорбційних комплексів для знешкодження пестицидів. Очищення і знешкодження пестицидів різного призначення здійснюється після закінчення їх функціональної дії. *Ключові слова:* рослинні відходи, біосумісність, біосорбційні комплекси, мікроорганізми-деструктори, деструкція, пестициди, продукція землеробства.

Biosorption composite for detoxification of pesticides in soil. Khokhlov A.V., Khokhlova L.Y., Kupchik L.A., Titarenko M.V.
A new approach to solving the problems of bio-cleaning of media polluted with pesticides has been proposed, which consists in creating biosorption complexes where microorganisms-destructors are fixed on carriers not inert, but sorption-active to the pollutant and microorganisms. It has been shown that biosorption composites based on plant materials are effective for detoxifying pesticides of different chemical composition. The optimal conditions for the modification of specialized biosorption complexes of destructive action with respect to organic pollutants are established. The structural, biocatalytic and destructive properties of the obtained biosorption composites are determined. The interrelation of the functional sorption binding of pesticides by biosorption complexes and the destruction of sorbed pesticides by destructive microorganisms immobilized on their surface was studied. The most effective is the use as a carrier of a complex sorption material based on vegetable raw materials. Immobilized cells of microorganisms-destructors on sorption carriers have cell titers ranging from 10^3 to 10^7 cells / g. It has been shown that such a biosorption complex has sorption activity to the pollutant and to microorganisms – destructors. The destructive activity of such a complex relative to pesticides is up to 90% in water and soil systems. It is proved that the natural microflora is adapted to the natural climatic conditions, is stable and has synergism. In addition, the return of the microbial complex to the natural environment has selective advantages. The laws governing the transformations of the components in an inhomogeneous soil – biosorbent – plant system are studied. The technological features of obtaining a biosorption detoxicant of complex action are noted. Recommendations on the practical use of bioactive sorption complexes for the detoxification of pesticidesare given. Purification and detoxification of pesticides of different purposes are carried out after the end of their functional action. *Key words:* vegetable waste, biocompatibility, biosorption complexes, microorganisms-destructors, destruction, pesticides, agricultural products.

Постановка проблеми. На сучасному етапі історичну перспективу людства визначає екологічний фактор. Хімічні речовини, до яких належать пестициди, являють собою ксенобіотики, тобто речовини чужі по відношенню до природного середовища, що не входять в природний біотичний кругообіг. Інтенсифікація сільського господарства, перехід до індустріальних методів виробництва, створення великих агропромислових і тваринницьких комплексів, широкий розмах меліоративного будівництва та хімізації сільськогосподарських угідь із метою сталого нарощування продовольчого фонду країни вимагають особливо уважного і дбайливого ставлення до ґрунту. Пестициди (гербіциди, інсектициди, фунгіциди) є отрутохімікатами. Головна їхня властивість і роль – знищувати різні форми життя: бур'яни, грибки, бактерії, комахи, гризуни. Тепер загальноприйнятим стала назва «пестициди» (або ж засоби

захисту рослин). На всіх рівнях виробництва, транспортування, застосування, зберігання та утилізації пестициди забруднюють навколишнє середовище. Більшість пестицидів є синтетичними хімікатами з токсичними властивостями. Підтвердженням того, що пестициди небезпечні, може служити, зокрема, їх визначення в «Довіднику про пестициди» [1].

Хімічні засоби надають лише тимчасову допомогу, оскільки з часом сприяють виробленню стійкості до постійно застосовуваних засобів. Це викликає необхідність використання нових, ще сильніших речовин, які паралельно посилюють негативний вплив на ґрунт, воду, повітря, якість продукції, на корисну флору і фауну, тим самим прискорюючи процес порушення біологічної рівноваги в природному середовищі [2; 3].

Хімізацію, що інтенсивно розвивається в сільському господарстві, можна оцінювати з двох позицій: як економічно вигідну і як екологічно небезпечну для навколишнього середовища і для самої людини. Забруднення біосфери хімічними сполуками, що використовуються в землеробстві є однією з негативних проблем сучасності. Спеціальними дослідженнями було показано, що в деяких регіонах небезпека забруднення ґрунтів, внаслідок хімізації землеробства, накопичення пестицидів у ґрунті після функціонального застосування за призначенням, взаємодія їх з ґрунтовою мікрофлорою, може бути вищою, ніж забруднення за рахунок викидів промислових підприємств. Охорона ґрунтів, їх раціональне використання, розробка та впровадження новітніх технологій очищення та відновлення забруднених ксенобіотиками ґрунтів мають першорядне значення для економічного і соціального розвитку країни.

У світовій практиці застосовують фізичні, хімічні, електрокінетичні методи очищення довкілля. Слід зазначити, що ці засоби найчастіше малоефективні і надмірно дорогі [4; 5]. З метою відновлення деградованих і забруднених ґрунтів використовують цілий ряд агротехнологічних заходів. Підтверджено [6] перспективу застосування фітотехнологій для відновлення ґрунтів.

У багатьох роботах підкреслюється значення ґрунтових мікроорганізмів у розкладанні пестицидів. Доведено [7; 8; 9], що практично всі хімічні сполуки, що застосовуються в якості пестицидів, утилізуються мікроорганізмами. Переваги використання біологічних методів дезактивації пестицидів над фізико-хімічними обумовлюється тим, що мікроорганізми мінералізують пестициди в природному циклі кругообігу речовин без від'ємного впливу на екосистему.

Максимального результату в біодеструктивних процесах можна досягти, використовуючи окремі штами-деструктори або асоціації мікроорганізмів виділених з ґрунтів, що тривалий час піддавалися впливу забруднювачів і тому пристосувалися до виживання в нових умовах. В результаті використання мікроорганізмів-деструкторів відбувається не тільки очищення ґрунту від ксенобіотиків, але й підвищення родючості ґрунту, відновлення основних функцій. Саме мікроорганізми здійснюють у ґрунті розкладання рослинних і тваринних залишків, перетворюючи їх в нові органічні речовини, які при взаємодії з мінеральними компонентами надають ґрунту специфічні властивості. Високі концентрації забруднювача згубні для мікроорганізмів-деструкторів, що обмежує застосування мікробіологічного методу очищення ґрунтів.

Актуальність досліджень. Для вирішення проблеми доцільно застосування сорбенту, що забезпечує швидку локалізацію забруднення, а мікроорганізми-деструктори, іммобілізовані на його поверхні, здатні здійснювати подальшу ремедіацію забрудненої території. Розробка принципів спільного використання сорбентів і мікроорганізмів-деструкторів для очищення ґрунту, забрудненого ксенобіотиками, встановлення параметрів одержання біосорбційного комплексу та його застосування в біотехнології буде сприяти ефективному та якісному відновленню забруднених ґрунтів. Крім того, відновлення забруднених ґрунтів біологічними методами вимагають набагато менше витрат для свого застосування, ніж відомі небіологічні технології. Отже, проведення досліджень по розробці і застосуванню на практиці біосорбційного комплексу для очищення ґрунту від пестицидів є надзвичайно важливим. Актуальність розробки комплексних технологій, спрямованих на відновлення основних функцій ґрунтів і підвищення їх родючості, пов'язана з рішенням великої народно-господарської проблеми, що має державне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання впливу пестицидів на ґрунтові мікроорганізми і їх мікробна деструкція складають значну частину зарубіжних та вітчизняних досліджень в області грунтової мікробіології. На основі аналітичного огляду наукової літератури обґрунтовано необхідність та перспективність проведення досліджень по створенню біосорбційних комплексів, в яких мікроорганізми-деструктори іммобілізовані на носіях, які сорбційно активні до забруднювача (пестициду) та біосумісні з мікроорганізмами.

За даними аналізу результатів досліджень щодо впливу пестицидів на мікроорганізми ґрунту та вивчення здатності мікроорганізмів розкладати пестициди відмічено відсутність даних про формування мікробного ценозу ґрунту при високому рівні його забруднення пестицидами (у зонах розташування складів із непридатними для використання пестицидами). Головним чином роботи проводились по визначенню впливу різних пестицидів на загальну чисельність, видовий склад і структуру ґрунтових організмів та їх чутливості до пестициду [10; 11]. Вплив різних пестицидів на грунтові мікроорганізми і їх мікробна деструкція досліджені в працях

сучасних вітчизняних вчених [12; 13]. Дослідження з пошуку мікроорганізмів-біодеструкторів пестицидів раніше були проведені і відображені в роботі А.В. Колупаєва [14].

Однією з актуальних завдань є створення біопрепаратів на основі штамів-деструкторів ксенобіотиків, виділених з аборигенної мікрофлори. Створення біопрепаратів (включаючи біосорбційні комплекси) та розробка технології їх застосування для ремедіації ґрунтів, забруднених пестицидами, в умовах взаємодії з аборигенної мікрофлорою і під впливом природних і антропогенних факторів, становить значний науковий та практичний інтерес.

Мета роботи. Комплексне дослідження сорбційних, деструктивних (щодо пестицидів) та інших фізико-хімічних властивостей біологічно модифікованих сорбентів на основі рослинних матеріалів для очищення ґрунтів віл забруднення пестицидами. Відновлення ґрунтів в агропромисловому комплексі з метою підвищення їх продуктивності та отримання високоякісної та екологічно безпечної аграрної продукції.

Матеріали й методи досліджень. Методологічною базою досліджень були використані праці вітчизняних і зарубіжних дослідників з питань виділення з аборигенної мікрофлори забруднених пестицидами ґрунтів мікроорганізмів-деструкторів пестицидів і оцінки їх деструктивних властивостей. Вивчено умови іммобілізації клітин на сорбентах різного типу, біотехнологічних методів вирощування мікробної біомаси, технічних прийомів внесення біосорбційних композитів для ремедіації ґрунтів, забруднених пестицидами. Застосування зазначених методів, а також аналіз фактичного матеріалу дозволив забезпечити об'єктивність отриманих висновків і результатів.

Об'єктами досліджень були рослинні відходи, вуглецеві матеріали, природні мінеральні сорбенти, біосорбційні комплекси, пестициди, грунти, продукція землеробства.

Відбір зразків ґрунту та їх мікробіологічний аналіз проведено за загально прийнятими методиками ґрунтової мікробіології. Чисельність ґрунтових мікроорганізмів різних груп визначали методом висіву граничних розведень суспензії ґрунту на селективні поживні середовища. Виділені авторами із ґрунту культури мікроорганізмів відносяться до родів Pseudomonas, Bacillus, Penicillium, Emericella, Coniophora, Rhizobium.

Досліджувались зразки ґрунту, відібрані на дослідному полі в межах діяльності агрофірми «Мир» (с. Мирівка Кагарлицького району) та у зоні розташування складу пестицидів (Миколаївська область, Першотравневий район). Виділення мікроорганізмів, потенційних деструкторів пестицидів, здійснювали методом накопичувальних культур із ґрунтів (чорноземів), забруднених пестицидами.

Природна мікрофлора адаптована до природних кліматичних умов, є стабільною та володіє синергізмом. Крім того, повернення мікробного комплексу в природне середовище надає йому селективні переваги. Експерименти проводили на мінеральному середовищі складу (г/л): K_2HPO_4 – 0,5; $NaNO_3$ – 0,5; $(NH_4)_2SO_4$ – 0,5; $MgSO_4$ x $7H_2O$ – 0,2; $CaCl_2$ x $2H_2O$ – 0,01; $FeSO_4$ x $7H_20$ – 0,01; в дистильованій воді. В якості єдиного джерела вуглецю та енергії використовували пестициди: бетанес – (фенмидифам); карібу – (трифлусульфурон-метил); пірамін – турбо – (хлорідазон); нурел-Д –(хлортефіс циперметрин); ПХБ – (поліхлорований біфеніл).

Кожен зразок забрудненого ґрунту вносили в качалочну колбу, що містила поживне середовище та пестицид, і в умовах перемішування при температурі 25-30^{0}С проводили вирощування мікроорганізмів. Потім культуральну рідину (КР) пересівали в свіже середовище того ж складу та проводили повторне культивування в присутності пестициду. Після 3 вирощування суміш мікробних клітин висівали на щільні поживні середовища (на основі агар-агару), які використовували в подальших дослідах для іммобілізації МО-деструкторів на поверхні сорбенту-носія. Дослідження процесу деструкції пестицидів здійснювали на забруднених ґрунтах та у водному середовищі при внесені мікроорганізмів-деструкторів у вигляді культуральної рідини та іммобілізованих на сорбенті.

Визначення кількості пестицидів у ґрунті проводили методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) та газорідинної хроматографії на базі промислової лабораторії. Метод ВЕРХ у поєднанні з газовою хроматографією дозволяє вирішити практично всі завдання, і саме ці два методи знайшли найбільше поширення в сучасній екологічній аналітичній хімії.

Біодеструктивну спроможність сорбенту з іммобілізованими мікроорганізмами-деструкторами пестицидів контролювали за зниженням концентрації забруднюючої речовини (пестициду) та накопиченням біомаси в системі. Ступінь деструкції пестициду при дії біосорбційного комплексу також оцінювали за допомогою редокс-індикатора ТТХ-трифенілтетразолійхлорид.

Про розмноження мікроорганізмів-деструкторів при деструкції пестициду свідчить виникнення червоного кольору, що вказує на утворення відновленого трифенілформазана (ТФФ) під дією мікробної дегідрогенази, що виділяється при біодеструкції пестицидів. Якісну оцінку здатності мікроорганізмів руйнувати пестициди проводили при візуальному спостереженні за зміною рівня дегідрогеназної активності мікроорганізмів та розмірами зони їх зростання.

Виклад основного матеріалу. Ґрунт є приймальником пестицидів, де вони розкладаються і звідки постійно переміщаються в рослини та навколишнє середовище. Деякі пестициди можуть існувати багато років після внесення. Очищення ґрунту

від пестицидів являє собою самий важкий випадок внаслідок складності властивостей і різноманітності типів ґрунтів і концентрацій накопичених пестицидів. Очищувати забруднений ґрунт необхідно відразу після того, як констатовано забруднення для того, щоб звести до мінімуму можливість забруднення пестицидами поверхневих і підземних вод.

Доведено, що практично всі хімічні сполуки, що застосовуються в якості пестицидів, утилізуються мікроорганізмами. Іммобілізації мікробних клітин-деструкторів забруднення на поверхні сорбційного носія підвищує їх деструктивну ефективність. Метод адсорбції на поверхні сорбційного матеріалу є одним з найбільш простих та поширених засобів іммобілізації мікробних клітин. Перспективними сорбентами для використання їх в якості носія мікробних клітин є вуглецеві матеріали як окремо так і в комплексі з певними мінеральними та рослинними сорбційними матеріалами. Авторами запропоновано новий підхід до вирішення проблем біоочищення забруднених пестицидами середовищ, що полягає в створенні біосорбційних комплексів, в яких мікроорганізми-деструктори закріплюються на носіях не інертних, а сорбційно-активних до забруднювача та мікроорганізмів.

Дослідження проводили на модельних та реальних системах ґрунт – вода – пестициди. В якості пестицидів застосовано пірамін-турбо (хлорідазон) та нурел-Д (хлортефіс циперметрин), що вносили в систему в різних кількостях. Як носії микроорганізмів досліджено матеріали: каолін, вермікуліт, піролізат деревини та рослинні сорбенти (торф, подрібнена солома пшениці, буряковий жом, багаса). Вивчення здатності біосорбційного матеріалу розкладати та знешкоджувати пестициди перевіряли в умовах лабораторної моделі. Контроль за ефективністю дії біосорбенту-детоксиканту здійснювали шляхом визначення залишкового вмісту пестициду у водному середовищі, на носії та у ґрунті.

У таблиці 1 наведені сорбційні характеристики носія для іммобілізації мікроорганізмів-деструкторів (МОД) пестицидів та мікробіологічна активність біосорбційного комплексу з МОД.

Кращу поглинальну здатність до пестицидів мають носії на основі рослинної сировини. Сорбційну ємність сорбенту-носія перевіряли на суміші пестицидів у вигляді водної емульсії пестицидного препарату концентрацією 1 мг/л. Досліджено взаємозв'язок сорбційного зв'язування та деструктивної спроможності комплексу. Іммобілізація на поверхні сорбенту мікроорганізмів-деструкторів забруднення дає змогу одержати сорбуючий матеріал біодеструктивного типу. Ефективний сорбент-носій мав спрямовану адсорбційну здатність та був біосумісним.

Найбільш ефективним сорбентом-носієм мікроорганізмів-деструкторів пестицидів є композит складу: солома пшениці подрібнена + торф + буряковий жом. Іммобілізація мікроорганізмів-деструкторів (МОД) пестицидів на рослинному носії активізує деструктивну здатність мікроорганізмів та в декілька разів перевищує в порівнянні з мінеральними сорбентами-носіями (рис.1).

Кожна складова несе свою функцію. Солома – активний поглинач органічного забруднювача, носій МО та джерело ферменту (жовта лаказа, що ініціює деструктивний процес); торф – консервант МО, джерело органічного постачання; буряковий жом (або багаса-відходи цукрового виробництва) – джерело полісахаридів та ефективний утримувач вологи (1/5). Іммобілізовані клітини мікроорганізмів-деструкторів на сорбційному носії мали клітинні титри в межах від 10^3 до 10^7 кл/г. Деструктивна активність такого комплексу відносно пестицидів становила до 90%.

Ефективність деструктивної дії біосорбційного матеріалу виявлена при обробці ґрунту, забрудненого пестицидом. Модифікаційні зміни в структурі пестицидів під дією мікроорганізмів оцінювали по параметрам ІЧ-спектрів (рис. 2). Якісні та кіль-

Таблиця 1

Сорбційна ємність відносно пестициду матричного сорбційного матеріалу для іммобілізації мікроорганізмів-деструкторів та мікробіологічна активність комплексу

Адсорбент	Хлоридазон		Хлортефіс	
	Сорбційна ємність сорбенту, г/г	Активність комплексу, мг сухої біомаси	Сорбційна ємність сорбенту, г/г	Активність комплексу, мг сухої біомаси
Каолін	0,02	Немає росту	0,06	Немає росту
Вермікуліт	0,03	Немає росту	0,08	Немає росту
Подрібнена пшенична солома	20,8	0,14	29,4	0,18
Торф осоковий	14,6	0,07	18,1	0,11
Піролізат деревини	0,6	0,02	0,34	Немає росту
Буряковий жом	9,0	0,09	7,6	0,07
Композит: солома пшениці – 50%, торф – 20%, буряковий жом – 30%	22,9	0,21	36,2	0,32

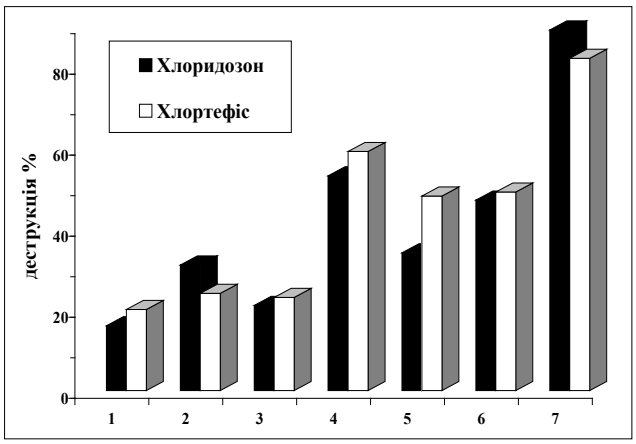
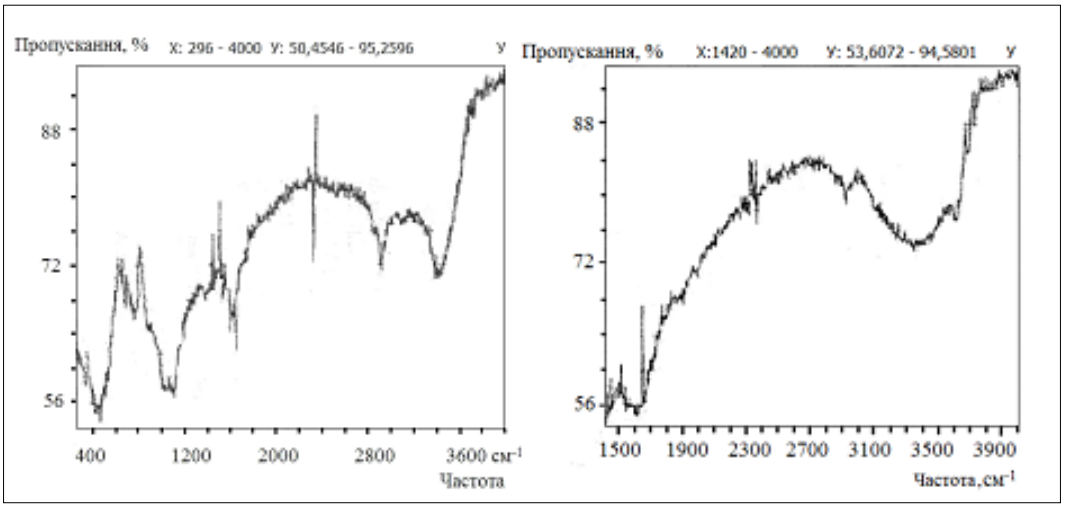


Рис. 1. Вплив типу матричного сорбційного матеріалу на деструктивну активність МОД : 1-МОД в культуральній рідині; 2-МОД на вуглецевій матриці (піролізат деревини); 3-МОД на каоліні;4- МОД на соломі (пшениця); 5-МОД на торфі; 6-МОД на буряковому жомі; 7-МОД на композиті (солома + торф + буряковий жом)

кісні зміни в ІЧ-спектрах свідчили про перебудову структури пестициду. Дослідження зразків ґрунту (етанольних екстрактів) методом високоефективної рідинної хроматографії визначили зниження початкової концентрації пестициду в ґрунті до 30% протягом 30 днів та повну перебудову структури забруднювача за більш тривалий час.

Найбільш сприятливі умови для деградації пестицидів складаються на грунтах, слабо кислих і нейтральних (pH 6-7), яким є чорнозем. Незважаючи на те що мікроорганізми можуть розвиватися в широкому діапазоні вологозабезпечення ґрунтів, оптимальна вологість для них становить 50-70% від повної вологоємності. Таку вологість забезпечує складова композиту-буряковий жом. Лабораторно-вегетаційні досліди виявили, що при введенні біосорбційного детоксиканту в забруднений пестицидами ґрунт пригнічуюча дія пестицидів знижується, в результаті чого зелена маса рослин збільшується.



1 *2*

Рис. 2. ІЧ-спектри ґрунтів, забруднених пестицидами: 1 – до обробки; 2 – після обробки біосорбційним детоксикантом

Таблиця 2

Деструктивна активність біосорбційного комплексу та мікроорганізмів-деструкорів у вільному стані відносно пестицидів у водному середовищі (вміст пестицидів мг/100мл води)

Час від початку обробки	Варіант внесення МО-деструктора			
	МОД у вільному стані (культуральна рідина)		МОД іммобілізовані на сорбційному матеріалі (композиті)	
	хлорідазон	хлортефіс	хлорідазон	хлортефіс
Вихідний	50,0	30	50,0	30,0
через 10 днів	49,2	25	44,0	21,0
через 30 днів	42,0	19	32,0	12,0
через 40 днів	38,0	18	24,0	8,0
через 50 днів	36,5	17,4	21,0	4,0
через 60 днів	34,5	16,2	18,1	2,0
через 80 днів	25,0	15,4	10,2	1,5
через 100 днів	24,0	15,0	4,2	0,9
через 120днів	21,0	14,9	0,8	0,4

Практична доцільність розробленої біосорбційної технології із застосуванням препарату підтверджена актами виробничих випробувань на полях агропромислового комплексу та на особливо забруднених ґрунтах на території покинутого несанкціонованого складу неіндентифікованих пестицидів.

Отримані результати були використані для створення практичних рекомендацій по застосуванню біосорбційного препарату-детоксиканту комплексної дії.

Щодо застосування біосорбційнго препарату, його ефективність як детоксиканту залежить від способу внесення. Очищення і знешкодження пестицидів різного призначення здійснюється після закінчення їх функціональної дії. Основна частина розрахункової дози вноситься рядковим внесенням. Передбачається обов'язковий рясний полив після внесення. В сильно зволожених умовах, а також в умовах зрошення полив не обов'язковий.

При внесенні в основний прийом важливо вибрати правильну глибину загортання. Вона повинна здійснюватися саме в той шар ґрунту, де розміщується основна маса коренів культури. Необґрунтовані дози внесення біосорбційнго препарату можуть вплинути на природний біоценоз ґрунту. Препарат вноситься в забруднений ґрунт в розрахунку 0,2-0,3 кг на 1 м^2 ґрунту. При його використанні не відбувається мінералізація ґрунту, оскільки він є екологічно чистим продуктом.

Терміни застосування: квітень – посів сільгоспкультур; травень – обробка сходів пестицидами (гербіцидами); червень – 1 декада – обробка культур пестицидами (фунгіциди, інсектициди та ін.); 2-3 декада – обробка біосорбційним детоксикантом Препарат застосовують як детоксикант накопичених в ґрунті пестицидів, нівелює їх шкідливий вплив на сільськогосподарські культури. Біосорбційний препарат-детоксикант може використовуватися під будь-які культури і на будь-яких типах ґрунтів.

Головні висновки. Вивчено умови одержання біосорбційного детоксиканту пестицидів цілеспрямованої комплексної дії.

Виділено специфічний деструктивний мікробний комплекс відносно пестицидів шляхом селекції в умовах періодичного культивування на сорбційних матеріалах різної природи (вуглецеві, природні мінеральні та рослинні матеріали, сільгоспвідходи). Обґрунтована перспективність застосування адаптованої аборигенної природної популяції мікроорганізмів при створенні сорбційних біокомплексів, враховуючи її стійкість, стабільність, широкий діапазон дії, синергізм і селективні переваги.

Досліджено взаємозв'язок функціонального сорбційного зв'язування пестицидів біосорбційними комплексами та деструкції сорбованих пестицидів мікроорганізмами-деструкторами, що іммобілізовані на їх поверхні. Показано, що біосорбційний комплекс повинен мати сорбційну активність до забруднювача та до мікроорганізмів – деструктрів. Найбільш ефективним є застосування в якості носія комплексного сорбційного матеріалу на основі рослинної сировини. Іммобілізовані клітини мікроорганізмів-деструкторів на сорбційному носії мають клітинні титри в межах від 10^3 до 10^7 кл/г. Деструктивна активність такого комплексу відносно пестицидів становить до 90% у водних та ґрунтових системах.

Розроблено технологічну схему застосування біосорбційного препарату-детоксиканту комплексної дії.

Література

1. М.П Секун, В.М. Жеребко та ін. Довідник із пестицидів.К. : Коло-біг. 2007. 360 с.
2. О.В.Тертична, І.М. Городиська. Оцінка впливу забруднення стійкими пестицидами на формування мікробіоценозу ґрунту // Науковий вісник Національного аграрного університету. К., 2006. Вип. 100. С. 281-287.
3. В.О. Мандрик Управління відтворенням порушених земель: вибір інструментів екологічної політики / В.О. Мандрик // Вісник аграрної науки. 2000. № 11. С. 117-121.
4. Наукові основи сталого розвитку агроекосистем України. Екологічна безпека агропромислового виробництва. Т. 1. Монографія / За ред.О.І. Фурдичка. К. : ДІА. 2012. 352 с
5. Пестициди та агрохімікати України: практичний довідник для фахівців сільського господарства. Д. : Арт-Прес. 2006. 319 с.
6. Н.О. Горбатенко. Пестициды: структура и процессы деградации // Успехи биологической химии. 2006. Т. 4. С. 323-348.
7. О.С. Игнатовец. Деградация сим-триазиновых гербицидов бактериями рода Pseudomonas / О.С. Игнатовец, Т.И. Ахрамович, В.Н. Леонтьев [и др.] // Микробиология. Труды БГ. 2008. Т 3. С. 61-64.
8. Коломієць Н.Д., Матусевич Г.Д.,Моклячук Л.І., Кавецький В.М. Дослідження персистентності гербіцидів Півот та Стомп у ґрунті та рослинах // Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2001. Т 2. спец.вип. 3 (12). С. 89–95.
9. О. Н. Горбатова. Триазиновые пестициды: структура, действие на живые организмы, процессы деградации / О.Н. Горбатова, А.В. Жердев, О.В. Королева // Успехи биологической химии. 2006. Т.46. № 2. С. 323-348.
10. В.А. Калюжин. Утилизация техногенных органических соединений аборигенной микрофлорой / В.А. Калюжин // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 328. С. 200-201.
11. О.С.Игнатович, В.Н Леонтьев. Механизм разложения прометрина бактериями рода Pseudomonas. Докл. НАН Беларуси. 2008. 3. С. 82-86.
12. Патент №88046 UA Біосорбційний матеріал деструктивного типу для очищення водних та грунтових середовищ від пестицидів. Хохлов А.В., Стрелко В.В., Хохлова Л.Й. Опубл. 25.02.2014. Бюл. № 4.
13. Н.Д. Ананьева. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н.Д. Ананьева. М. : Наука. 2003. 223 с.
14. А.В. Колупаев, Т.Я. Ашихмина, И.Г. Широких Реакция почвенных микромицетов на пестицидное загрязнение / А.В. Колупаев, Т.Я. Ашихмина, И.Г. Широких // Иммунология, аллергология, инфектология. 2009. № 2. С. 50-51.

УДК 616-076+616.993
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-12

ЛАБОРАТОРНА ДІАГНОСТИКА ЗБУДНИКІВ МАЛЯРІЇ У НЕЕНДЕМІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ: США, КИТАЇ, КРАЇНАХ ЄВРОПИ

Павліченко В.І.
Запорізький державний медичний університет
пр. Маяковського, 26, 69000, м. Запоріжжя
pavlichenko.victor@gmail.com

У статті розглянуто результати дослідження поширення імпортованої малярії у неендемічних країнах: США, Китаї та країнах Європи. У США щорічно реєструється близько 1 500 випадків, у Китаї протягом 2011–2015 рр. у 31 провінції загалом зареєстровано 17 745 випадків, із яких 15 840 (89%) були завезені з Африки та Південно-Східної Азії. Країни Європи теж страждають від цієї хвороби. Європейський центр профілактики та контролю захворювань (ECDC) опублікував епідеміологічний звіт, у якому повідомлено про 8 231 випадок за період із 2012 по 2016 рр. Левова частка (95,22%) цих захворювань припадає на 11 країн, серед яких за абсолютними показниками домінують Франція та Велика Британія, а за темпами приросту – Португалія та Швеція. Нині у лікарів неендемічних регіонів виникають значні труднощі діагностування хвороби через низьку щільність збудників і зміну їх морфології від хіміопрофілактики, відсутність імунітету у пацієнтів, що призводить до важких проявів хвороби, а також обмежений досвід лаборантів щодо ідентифікації видів через порівняно невелику кількість аналізів у їхній практиці. Порівнюючи методи діагностики малярійних патогенів, компетентна мікроскопія, як і раніше, у всьому світі визнається золотим стандартом, оскільки вона забезпечує визначення майже всіх видів і корекцію лікування, але її використання повинно відповідати рекомендаціям Інституту клінічних і лабораторних стандартів (CLSI). Сьогодні малярію у людей спричинюють шість збудників: Plasmodium falciparum, P. vivax, P. malariae, P. knowlesi, P. ovale curtisi і P. ovale wallikeri, з яких за допомогою мікроскопії складно діагностувати P. knowlesi, а P. ovale curtisi та P. ovale wallikeri – неможливо. Водночас саме ці два підвиди мають тривалий латентний період і тому значно збільшують ризик реінтродукції ovale-малярії у звільнених від неї регіонах. *Ключові слова*: мікроскопія, малярія, збудники, міжнародні стандарти, неендемічні країни, реінтродукція.

Laboratory diagnostics of malaria causal agents in non-endemic environments: USA, China, European countries. Pavlichenko V. The article describes the results of the study of imported malaria cases spread in non-endemic countries: USA, China and European countries. Some 1 500 cases have been confirmed in the United States every year. 17 745 cases have been registered in 31 provincials of China during 2011–2015, 15 840 (89%) of which were shipped from Africa and Southeast Asia. European countries are also suffering from this disease. The European Center for Disease Prevention and Control (ECDC) has published an epidemiological report, which informed 8 231 cases from 2012 to 2016. The lion's share (95.22%) of these diseases affects 11 countries, among which absolute figures are dominated by France and the UK, while growth rates are dominated by Portugal and Sweden. To date, doctors in non-endemic regions have considerable difficulties to diagnose the disease due to low causal agents density, alteration of their morphology from chemoprevention, patients immunity reduction, resulting in severe disease onset, as well as laboratory assistants limited experience in identifying species because of small number of analyzes performed in their practice. Competent microscopy diagnostic testing is still globally recognized as a gold standard because it provides the identification of almost all types and the treatment correction, but only made according to CLSI (The Clinical and Laboratory Standards Institute) guidelines. Nowadays, six causal agents cause malaria in humans: Plasmodium falciparum, P. vivax, P. malariae, P. knowlesi, P. ovale curtisi and P. ovale wallikeri. P. knowlesi is difficult to diagnose by microscopy diagnostic testing, but P. ovale curtisi and P. ovale wallikeri – impossible to diagnose by this method. However, these two subtypes have a long latency period and therefore significantly increase the risk of reintroduction of ovale malaria in the regions released from it. *Key words*: microscopy, malaria, causal agents, international standards, non-endemic countries, reintroduction.

Постановка проблеми. Майже у 87 країнах світу малярія продовжує бути ендемічною та провідною причиною захворюваності та смертності населення [1]. Ці регіони щорічно відвідують мільйони мешканців міжконтинентальних територій із ризиком імпорту малярії до своїх, вільних від неї країн, тому вкрай важливо мати можливість проводити швидке і точне лабораторне тестування збудників хвороби для забезпечення належного та своєчасного лікування.

На проблему діагностики малярії для клініцистів в ендемічних і неендемічних регіонах вказують фахівці американських академічних центрів [2]. Наприклад, для лікарів неендемічних регіонів діагностику хвороби ускладнюють: низька щільність

збудників і зміна їх морфології через хіміопрофілактику, відсутність імунітету у пацієнтів, що призводить до важких проявів хвороби, а також обмежений досвід лаборантів щодо ідентифікації видів через порівняно невелику кількість аналізів у їхній практиці.

В ендемічних районах виникають інші труднощі. Наявність імунітету у місцевих жителів часто призводить до безсимптомного перебігу хвороби, тому лихоманка і септичний шок, що виникають за інших причин, можуть діагностуватися як наслідок важкої малярії. У зв'язку з цим лікування дітей до п'ятирічного віку від малярії, якої у них насправді немає, тільки сприяє поширенню стійкості збудника до антималярійних препаратів [2].

У світовій практиці використовують сукупність трьох головних методів діагностики малярії: світлову мікроскопію, імунохроматографічні швидкі тести та молекулярно-генетичну діагностику. Мікроскопія у всьому світі визнана золотим стандартом, тому що забезпечує ідентифікацію майже всіх видів і корекцію лікування. За допомогою імунохроматографії можна швидко виявити тільки наявність збудників хвороби, тому ВООЗ рекомендує її використання в ендемічних районах. Молекулярно-генетична діагностика дозволяє ідентифікувати будь-якого збудника малярії, але вона дуже вартісна і використовується здебільшого в дослідних установах розвинених країн.

Сьогодні малярію у людей спричинюють шість збудників: Plasmodium falciparum, P. vivax, P. malariae, P. knowlesi, P. ovale curtisi і P. ovale wallikeri, з яких за допомогою мікроскопії важко діагностувати P. knowlesi, а P. ovale curtisi та P. ovale wallikeri – неможливо, тому що вони морфологічно не відрізняються. Та, незважаючи на це, мікроскопія все одно залишається золотим стандартом діагностики малярії у всіх країнах, і головна увага нашої статті приділяється саме цьому методу.

Актуальність дослідження. В Україну щорічно імпортують малярію іноземні студенти, туристи, військовослужбовці, моряки, льотчики, робітники та мігранти. За період із 2012 по 2018 рр. у країні було зафіксовано 377 випадків малярії, несвоєчасна діагностика якої призвела до декількох летальних наслідків [3; 4].

Європейський центр профілактики та контролю захворювань (ECDC) опублікував 28 лютого 2019 р. епідеміологічний звіт про випадки малярії у 31 країні Європи за період з 2012 по 2016 рр., в якому було повідомлено про 8 231 випадок, 6 (0,072%) з яких не підтвердилися. Левова частка (95,22%) цих захворювань припадає на 11 країн, серед яких за абсолютними показниками домінують Франція та Велика Британія, а за темпами приросту – Португалія та Швеція (табл. 1). Встановлено, що 99,8% цих випадків пов'язані з міграційними процесами, що і призвело до значного поширення малярії в Європі [5].

Про глобальні міграційні процеси людства можна мати достатню уяву, ознайомившись лише з оглядом MüllerM. etal., які повідомляють, що тільки у 2012 р. Малайзію відвідали близько 25 млн туристів [6]. Серед них були 1 002 067 мандрівників із 14 країн Європи, 327 065 – з США та Канади і 573 674 – з Австралії та Нової Зеландії. Хоча відомо, що прибережні та міські райони Малайзії ВООЗ оголосила вільними від малярії, лісові та сільські території залишаються ендемічними, тож мешканці міжконтинентальних територій ризикують тут інвазуватися P. falciparum, P. knowlesi, P. malariae чи P. vivax, мікроскопічна діагностика яких, особливо P. knowlesi, потребує дуже кваліфікованого досвіду [7].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Науковці «Українського інституту досліджень МОЗ України» у 2010 р. вперше порушили питання про доцільність і значення впровадження міжнародних стандартів у сферу української медичної лабораторної діагностики, показали проблеми української медичної законодавчої бази та навели міжнародні стандарти серії

Таблиця 1

Поширення імпортованої малярії у деяких країнах Європи за даними Європейського центру профілактики та контролю захворювань

№	Країна	Кількість випадків малярії (2016 р.)	Темпи приросту з 2012 по 2016 рр. (%)
1	Франція	2 447	32,19
2	Велика Британія	1 574	14,22
3	Німеччина	961	74,41
4	Італія	888	38,31
5	Іспанія	755	79,33
6	Бельгія	311	50,97
7	Нідерланди	245	26,28
8	Португалія	197	177,46
9	Швеція	154	81,17
10	Греція	121	27,36
11	Данія	102	52,23
	Разом	7 755	59,44

Джерело: адаптовано та доповнено автором

ISO з лабораторної медицини [8]. Встановлено, що із 40 національних стандартів лабораторної діагностики в Україні запроваджено лише 20 ISO. Тому для поліпшення стану лабораторної медицини у державі було залучено 13 установ і прийнято наказ МОЗ України № 96 від 10 лютого 2010 р. «Про реформування лабораторної служби України» [9].

За даними МОЗ, у 5 731 медичній лабораторії України щорічно виконується близько 760 млн лабораторних досліджень, але за рахунок зниження їх якості 190 млн (25%) з них є незадовільними, що призводить до неправильної діагностики хвороб, призначення недоцільного та неповного лікування хворих і невиправданих витрат [10].

Використовуючи міжнародний досвід Всеукраїнська Асоціація клінічної хімії та лабораторної медицини розробила та внесла до затвердження у 2015 р. дуже важливий національний стандарт України, гармонізований з міжнародними та європейськими нормативними документами, ДСТУ EN ISO 15189:2015 «Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності» (EN ISO 15189:2012, IDT)» [11].

Висвітлюючи матеріали конференції з менеджменту якості медичних лабораторій, яка відбулася 16–17 лютого 2017 р., прес-служба МОЗ України повідомила, що вони стануть передумовою акредитації медичних лабораторій [12]. Окрім цього, пріоритетним напрямом своєї діяльності МОЗ вважає формування відповідної нормативно-правової бази, а єдиним та основним стандартом для медичних лабораторій держави є міжнародний стандарт ДСТУ EN ISO 15189:2015, котрий і надалі необхідно впроваджувати та гармонізувати на національному та регіональних рівнях.

Станом на 27 січня 2018 р. з понад 5 000 медичних лабораторій нашої держави лише 3 акредитовані за стандартом ISO 15189. У МОЗ вважають, що до цих наслідків призвели недостатній рівень інформованості та практичних знань лабораторних працівників. Загалом, медичні лабораторії України за міжнародними оцінками відповідають вимогам міжнародних стандартів лише на 50–60%. Щоб покращити це становище, МОЗ України підписало меморандум з Американською спілкою клінічних патологів, які будуть надавати науково-практичну допомогу українським фахівцям. Завдяки цьому українські лабораторії працюватимуть за міжнародними стандартами [13].

Слід відзначити, що запровадження цих настанов не убезпечує лабораторії від помилок, але дозволяє їх виявляти та попереджувати їх повторення у майбутньому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Спеціалісти Американського інституту підвищення кваліфікації (*American Proficiency Institute)* провели ретроспективне дослідження за 1999–2008 рр. з виявлення та ідентифікації збудників малярії у 36 лабораторіях США, котрі виконували певний рівень діагностичного тестування [14]. Як відомо, для вибору найбільш ефективної терапії клініцистам вкрай необхідна інформація про вид та паразитемію Plasmodium. Виявилось, що з усіх лабораторій лише половина в змозі виконати необхідну повну діагностику малярії, але і в них виявлені помилкові позитивні результати діагностики від 4,0% до 11,3% та неправильна ідентифікація видів: P. falciparum (11,2%), P. vivax (21,7%), P. malariae (22,5%) та P. ovale (100,0%).

Суттєве поширення імпортованої малярії відбулося в Італії, де лише за 2011–2015 рр. було повідомлено про 3 633 випадки малярії (89% із підтвердженим діагнозом) [15]. Співробітники університетської клініки Парми провели порівняльне дослідження за 2013–2017 рр. трьох методів діагностичного тестування збудників малярії – мікроскопію, імунохроматографічний аналіз і молекулярно-генетичний – і виявили розбіжності в ідентифікації видів лише у двох випадках. Завдяки аналізу зразків крові 288 пацієнтів з підозрою на малярію шляхом мікроскопії наявність збудників було підтверджено у 87 (30,2%): 73 P. falciparum, 2 P. vivax, 8 P. ovale, 1 P. vivax / P. ovale, 1 P. malariaeта 2 Plasmodium spp. Молекулярне дослідження виявило ДНК збудників ще у двох пацієнтів і дискримінувало P. ovale spp. на P. ovale curtisi та P. ovale wallikeri. Таким чином, поширеність імпортованої малярії у Пармі протягом 2013–2017 рр. становила 30,9%, серед загальної кількості пацієнтів з імпортованою малярією 64 (71,9%) були іноземцями, а 17 (28,1%) – італійцями. Що стосується імунохроматографічного методу, то він мав меншу чутливість і його можна використовувати за певних умов як додаток до мікроскопії [15].

За даними національного спостереження, у Великій Британії протягом 1987–2015 рр. було зареєстровано 52 242 випадки малярії, серед яких особливу увагу було звернено на завезення P. ovale spp. (6,04%) та P. malariae (1,61%), розповсюдження яких вважається заниженим [16].

На поширеність, захворюваність і смертність від малярії у світі та Україні, клінічні особливості різних форм малярії, сучасні методи діагностики, лікування та профілактики малярії звертають увагу ряд вітчизняних науковців [17–20].

Відзначаючи низький рівень первинної діагностики хвороби, Н.І. Хомутянська та В.М. Фролов повідомляють, що у 2011 р. в Харкові до інфекційної лікарні було госпіталізовано 9 пацієнтів [17]. Методом паразитоскопії виявлено P. falciparum у 5 випадках, P. vivax – у 2, P. ovale + P. falciparum – в 1, P. vivax + P. falciparum – в 1 тощо. На жаль, попередній правильний діагноз був встановлений лише в 4 випадках (44,44%).

Також проведено ряд досліджень вітчизняних науковців, пов’язаних із вивченням впливу глобальної зміни клімату на екологію, фенологію та біологію

переносників малярії [21; 22]. За даними К.І. Бодні та Л.М. Потапової, підвищення середньої температури з 1981 по 2005 рр. на території Харківської області у січні на 10,8°С, у лютому – на 11,1°С та у березні – на 10,4°С призвело до збільшення популяцій найбільш ефективних переносників збудників малярії: Anophelesatroparvus на 17,3% та An. maculipennis на 21%. Також зросли у цьому регіоні чисельність їх преімагінальних стадій (на 40–50%) і їх епідеміологічно небезпечних самиць (у 1,5–2 рази), що значно підвищує ризик реінтродукції малярії [21–23].

Значний тягар малярії зафіксовано у Китаї, де у 31 провінції протягом 2011–2015 рр. загалом зареєстровано 17 745 випадків, із яких 15 840 (89%) були імпортовані з Африки та Південно-Східної Азії [24].

Детальний аналіз завізної малярії у провінцію Хенань за 2010–2017 рр. виявив 1 372 випадки, 132 з них спричинив P. ovale spp., імпорт якого збільшився за цей період з 0,0% до 10,1% [25]. За допомогою молекулярної діагностики P. ovale spp. було сегреговано на P. ovale curtisi – 52/132 (39,4%) та P. ovale wallikeri – 77/132 (58,3%).

Аналогічні дослідження проведені у провінції Шаньдунь у 2015–2017 рр., де також особливу увагу приділено збудникам P. ovale spp.: P. ovale curtisi – 48/76 (63,2%) та P. ovale wallikeri – 28/76 (36,8%), які мають тривалий латентний період, що значно ускладнює діагностику імпортованих випадків малярії у неендемічних країнах та підвищує ризик реінтродукції [26].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою нашої роботи було проведення порівняльного дослідження імпортованих випадків малярії у неендемічному середовищі та труднощів їх лабораторної діагностики у різних країнах.

Новизна дослідження полягає у наведенні міжнародних стандартних операційних процедур із мікроскопічної діагностики збудників малярії (CLSI) та стану їх використання різними лабораторіями світу – США, Європи, Китаю.

Виклад основного матеріалу. Зважаючи на щорічну реєстрацію близько 1 500 випадків малярії, науковці з медичних закладів Атланти провели ґрунтовне загальнонаціональне дослідження стану лабораторної діагностики збудників у лабораторіях США [27]. Вони анкетували 278 співробітників різних лабораторій із 46 (78%) штатів. За фахом серед респондентів були мікробіологи, гематологи, патологоанатоми, науковці клінічних лабораторій і медичні технологи. 85% із них повідомили, що їхні лабораторії здійснюють діагностичне тестування збудників малярії 24 год на добу та 7 днів на тиждень, а також через 6–24 год після отримання зразка ідентифікують види. Натомість 15% опитуваних спеціалістів повідомили, що проводили тестування лише у 8–12-годинний робочий день.

Загалом, з усіх досліджених лабораторій лише у 3,35% мікроскопічне діагностування проводилося у повній відповідності з рекомендаціями Інституту клінічних і лабораторних стандартів (CLSI) [28]. Цей Інститут розробляє та поліпшує рекомендації щодо діагностики малярії, які містять такі критерії:

1. Наявність діагностичних можливостей 24 год на добу, 7 днів на тиждень.

2. Приготування не менше трьох товстих і трьох тонких мазків із кожного отриманого зразка.

3. Використання лише фарби Giemsa для остаточного діагнозу.

4. Експертиза принаймні 300 полів із використанням об'єктива 100 × під олійною імерсією.

5. Обстеження принаймні 10 полів на тонкому мазку для визначення відсотка паразитемії (Центр контролю та профілактики захворювань [CDC] рекомендує підраховувати від 500 до 2 000 еритроцитів на тонкому мазку для пацієнтів у Сполучених Штатах, які можуть мати більш низький рівень паразитемії).

6. Негайний звіт про результати мікроскопії [28].

Із використанням цих критеріїв (CLSI) у 2017 р. у США знову було проведено дослідження з метою надання оновленої оцінки діагностики малярії у 175 лабораторіях [29]. Нині встановлено, що лише 12% з них відповідали лабораторним рекомендаціям CLSI.

В огляді Antinori S. et al. [30] описана характеристика 16 завезених у різні країни, в т. ч. і країни Європи (Фінляндію, Іспанію, Нідерланди, Францію, Німеччину), випадків knowlesi-малярії, де у всіх пацієнтів (100%) попередній мікроскопічний діагноз був хибним. Діагностували здебільшого malariae-малярію та інколи falciparum-малярію. Під час використання молекулярно-генетичної діагностики у всіх пацієнтів констатували knowlesi-малярію.

В Україні цей тип малярії досі не зареєстровано, але її діагностика, лікування та профілактика детально розглянуті у монографії В.П. Малого [20].

Аналіз якості лабораторної діагностики збудників ovale-, -malariae, -vivax і falciparum-малярії наводить М.В. Відманова [31]. Так, у Самарській області за 2008–2013 рр. було обстежено на малярію 7 223 пацієнти, але експертна первірка препаратів крові показала, що у 1 334 (18,46%) випадках діагностика хвороби була недостовірною. Як вважає автор, одна третина препаратів була неправильно діагностована через недостатність знань лаборантів із морфології малярійних паразитів, а дві третини препаратів експерти визнали непридатними для діагностики, бо вони були зроблені з порушенням методики та мали дефекти. По-перше, це препарати «товстої краплі», які загалом мали менше 200 полів зору достатньої товщини (10–15 лейкоцитів) із рівномірним гемолізом і забарвлених при pH=7,0±0,2. По-друге, це дефекти, що були допущені під час виготовлення препаратів для диференційної діагностики збудників малярії: підготовки предметного скла, приготування фарби Романовського-Гімзи та «тонкого мазка», фарбування препаратів.

Наслідками такої лабораторної діагностики можуть бути: невдале або несвоєчасне лікування, розвиток небезпечних для життя ускладнень із летальним результатом.

В Україні рекомендації з мікроскопічного тестування збудників малярії наведені у монографії О.А. Голубовської та співавт. [19]. Вони цілком узгоджені з рекомендаціями CLSI, адаптовані та доповнені авторами.

У Китаї для діагностики збудників використовують всі три методи, причому, як зазначено вище, молекулярна діагностика особливо важлива при тестуванні ovale-малярії, яку викликають 2 підвиди з різним латентним періодом: P. ovalecurtisi – 97,5 днів (max 1 265 днів) і P. ovale wallikeri – 31 день [25].

Наукові дослідження щодо імпортування, діагностики та доказів наявності латентного періоду у P. ovale spp. значно збільшують загрозу захворюваності та ризик реінтродукції ovale-малярії в неендемічні країни [15; 16; 25; 26].

Головні висновки. Проаналізовано поширення імпортованої малярії в неендемічному середовищі, пов'язане з трансконтинентальними міграційними процесами людства, та наведено проблеми її діагностики для лікарів.

Показано, що, незважаючи на труднощі мікроскопічної ідентифікації P. knowlesi та P. ovale spp., вона залишається золотим стандартом лабораторної діагностики.

Досліджено стан мікроскопії малярійних патогенів у неендемічних країнах і його відповідність міжнародним стандартам (CLSI).

Наголошено, що отримані докази наявності тривалого латентного періоду у P. ovale spp. значно збільшують загрозу захворюваності та ризик реінтродукції ovale-малярії у звільнених від неї регіонах.

Література

1. World Health Organization. *World malaria report*. 2018.
2. Bronzan R.N., McMorrow M.L., Kachur S.P. Diagnosis of malaria: challenges for clinicians in endemic and non-endemic regions. 2008. *Mol. Diagn. Ther*. 12. P. 299–306. DOI: https://doi.org/10.1007/BF03256295.
3. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2016 рік. URL: http://www.dsns.gov.ua/.
4. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік. URL: https://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v--Ukrayini-za-2015-rik.html.
5. European Centre for Disease Prevention and Control. Malaria. *ECDC. Annual epidemiological report for 2016*. Stockholm : ECDC, 2019.
6. Müller M. Schlagenhauf P. Plasmodium knowlesi in travellers, update 2014. *International Journal of Infectious Diseases*. 2014. Vol. 22 P. 55–64. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijid.2013.12.016.
7. Malaysian Guidelines for Management of Malaysia. Ministry of Health: Malaysia. *Management guidelines of malaria in Malaysia*. 2014. 59 p.
8. Коваленко О.О., Толстанов О.К. Міжнародні стандарти та українська клінічна лабораторна медицина. *Україна. Здоров'я нації*. 2010. № 4 (16). С. 92–99.
9. Про реформування лабораторної служби України : наказ МОЗ України № 96 від 10 лютого 2010 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/ v0096282-10.
10. Концепція управління якістю клінічних лабораторних досліджень : наказ МОЗ України № 696 від 18 серпня 2010 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0696282-10.
11. ДСТУ ENISO15189: 2015 «Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності». Наказ ДП «УкрНДНЦ» № 61 від 22 червня 2015 р. URL: http://ukrndnc.org.ua/files/2015/07_07/№61_22.06.2015.
12. Устінов О.В. На Україну чекає акредитація медичних лабораторій. *Прес-служба «Українського медичного часопису»* (2017.03.20). URL: http://www.moz.gov.ua.
13. Українські лабораторії працюватимуть за міжнародними стандартами. *Прес-служба МОЗ*. URL: http://moz.gov.ua/article/news/ukrainski-laboratorii-pracjuvatimut-za-mizhnarodnimi-standartami.
14. Edson D.C., Glick T., Massey L.D. Detection and Identification of Malaria Parasites: A Review of Proficiency Test Results and Laboratory Practices. *Laboratory Medicine.* 2010. V. 41. № 12. P. 719–723. DOI: 10.1309/LM0KC4BEYHGDSZCU.
15. Calderaro A., Piccolo G., Montecchini S. et al. High prevalence of malaria in a non-endemic setting: comparison of diagnostic tools and patient outcome during a four-year survey (2013–2017). *Malaria Journal*. 2018.17. P. 63. URL: https://doi.org/10.1186/s12936-018-2218-4.
16. Nabarro L.E.B., Nolder D., Broderick C. Geographical and temporal trends and seasonal relapse in Plasmodium ovale spp. and Plasmodium malariae infections imported to the UK between 1987 and 2015. *BMC Med*. 2018. Nov 27;16 (1). P. 218. DOI: 10.1186/s12916-018-1204-6.
17. Хомутянська Н.І., Фролов В.М. Малярія: клініко-епідеміологічна характеристика в сучасних умовах, діагностика, лікування, профілактика (клінічна лекція). *Український медичний альманах*. 2012. Т. 15, № 3. С. 216–221.
18. Єршова І.Б., Осипова Т.Ф., Мочалова Г.О., Калапала Б. Малярія (клінічна лекція). *Актуальная инфектология.* 2014. № 2 (3). С. 97–109.
19. Голубовская О.А., Шкурба А.В., Колос Л.А. Малярия : монография. Киев, 2015. 288 с.
20. Малый В.П. Малярия – диагностика, лечение, профилактика : монография. Харьков, 2015. 324 с.
21. Бодня Е.И., Потапова Л.Н. Влияние глобального изменения климата на видовой состав и численность кровососущих двукрылых и клещей как переносчиков зооантропонозных заболеваний. *Міжнародний медичний журнал*. 2016. № 4. С. 91–93. URL: www.imj.kh.ua.
22. Павліченко В.І., Приходько О.Б., Ємець Т.І., Малєєва Г.Ю. Біологічні аспекти малярії: переносники. *Питання біоіндикації та екології*. 2017. Вип. 22. № 2. С. 130–143.

23. Павліченко В.І. Сучасні біологічні дослідження збудника триденної малярії. *Екологічні науки*. 2019. № 1 (24). Т. 1. С. 126–129. DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-22.
24. Lai S. et al. Malaria in China, 2011–2015. *Bulletin World Health Organization.* 2017. V. 95 (8). P. 564–573. DOI: http://dx.doi.org/10.2471/ BLT.17.191668.
25. Zhou R., Li S., Zhao Y. et al.Characterization ofPlasmodium ovalespp. imported from Africa to Henan Province, China. *Scientific Reports.* 2019; 9. P. 2191. Published online 2019 Feb 18. DOI: 10.1038/s41598-019-38629-0.
26. Sun H., Li J., Xu C. et al. Increasing number of imported Plasmodium ovale wallikeri malaria in Shandong Province, China, 2015–2017. *Acta Tropica*. 2019 Mar; 191. P. 248–251. doi: 10.1016/j.actatropica.2019.01.015. Epub 2019 Jan 16.
27. Abanyie F.A., Arguin P.M., Gutman J. State of malaria diagnostic testing at clinical laboratories in the United States, 2010: a nationwide survey. *Malaria Journal*. 2011; 10. P. 340. Published online 2011 Nov 10. DOI: 10.1186/1475-2875-10-340.
28. Clinical and Laboratory Standards Institute. Laboratory diagnosis of blood-borne parasitic diseases; approved guideline. 2000. *CLSI document M15-A*. V. 20 № 12. 36 p. URL: https://clsi.org/media/1467/m15a_sample.pdf.
29. Prestel C., Tan K.R., Abanyie F. et al. Malaria Diagnostic Practices in U.S. Laboratories in 2017. *Journal of Clinical Microbiology.* 2018. Jul 26. № 56 (8). pii: e00461-18. DOI: 10.1128/JCM.00461-18.
30. Antinori S., Galimberti L., Milazzo L., Corbellino M. Plasmodium knowlesi: The emerging zoonotic malaria parasite. *Acta Tropica.* 2013. 125. P. 191–201.
31. Видманова М.В. Оценка качества лабораторной диагностики малярии в Самарской области. *СанЭпидемКонтроль.* 2015. № 2. С. 126–132.

УДК 574.24
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-13

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ЕКТОПАРАЗИТІВ ПТИЦІ ЗА БРОЙЛЕРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Тертична О.В., Свалявчук Л.І.
Інститут агроекології і природокористування
Національної академії аграрних наук України
вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ
svaliavchuklarisa@ukr.net

Проведено ретроспективний аналіз вітчизняних і закордонних наукових праць щодо поширення й екологічних наслідків масового розмноження паразитичних кліщів у птахогосподарствах. Проведено дослідження на наявність паразитичної акарофауни у репрезентативному птахогосподарстві Київської обл. із м'ясною технологією виробництва та підлоговим утриманням промислової птиці на глибокій підстилці. Результати виконаних досліджень упродовж 2010–2018 рр. за умовною шкалою демонструють ступінь закліщеності пташиним червоним кліщем як критерій щільності ектопаразитів у пташниках із бройлерним і батьківським поголів'ям птиці. Проаналізовано динаміку формування популяцій паразитичних кліщів порівняно з аналогічними даними попередніх років досліджень, внаслідок чого було виявлено, що впродовж 2016–2018 рр. ступінь закліщеності ектопаразитами є нижчим, ніж у 2010–2012 рр. У конкретних умовах пташника висвітлено морфо-біологічні ознаки, характер розмноження, фенологію розвитку *Dermanyssus gallinae* DeGeer, 1778 на основі чого було проаналізовано екологічні особливості ектопаразита, від яких залежить ступінь закліщеності птахогосподарства, а саме: технологія і термін утримання промислової птиці, показники мікроклімату (+20…+25ºС, 75% вологості, скорочений світловий день), санітарно-епідеміологічний стан, відсутність механічних пошкоджень стін, підлоги, фотоперіод у пташнику і клімат навколишнього природного середовища. *Ключові слова:* ступінь закліщеності, пташиний червоний кліщ, бройлерне виробництво, підлогове утримання птиці.

Ecological features of formation ectoparasites populations in poultry broiler production. Tertychna O., Svaliavchuk L. It was conducted a retrospectiveanalysisoflocalandforeignscientificworksondistributionandenvironmentaleffectsofmassreproductionofparasiticmitesinpoultryfarms. The research was conducted for the presence of parasitic acarofauna in the representative poultry farm of the Kyiv region with meat production technology and floor keeping of industrial poultry on deep litter. As a result of the research carried out during 2010–2018, on a conditional scale, was shown the degree of poultry red mite as a criterion for the density of ectoparasites in poultry houses with broiler and parent stock of poultry. It was analyzed the dynamics of formation of populations of parasitic mites in comparison with similar data of previous years of researches, as a result of which it was found that during 2016–2018 the degree of ectoparasites is lower than in 2010–2012. In the specific conditions of the poultry house is shown morpho-biological signs, the nature of reproduction, the phenology of development *Dermanyssus gallinae* DeGeer, 1778 based on what was analyzed ecological features poultry red mite on which depends the degree of the density of ectoparasites in the poultry farming,namely: technology and the term for the maintenance of industrial poultry, microclimate indicators (+20...+25ºC, 75% humidity, shortened light day), sanitary and epidemiological condition, the absence of mechanical damage to the walls, floors, photoperiod in the poultry house and the climate of the environment. *Key words*: degree of the density of ectoparasites, poultry red mite, broiler production, keeping poultry on the floor.

Постановка проблеми. Птахогосподарства з м'ясною технологією виробництва, в яких на виробничих площах у штучних умовах утримується велика кількість птиці, є потужними агроекосистемами та завдають значний екологічний вплив на навколишнє природне середовище в зонах їх розташування [1]. На птахопідприємствах формуються оптимальні умови для існування та розвитку різноманітних біологічних об'єктів, що є джерелом небезпечних мікроорганізмів і членистоногих, які утворюються та поширюються у процесі вирощування промислової птиці.

Однією з важливих проблем сучасного птахівництва, яку вивчають вітчизняні та зарубіжні науковці, є поширення синантропних видів комах і паразитичних кліщів [2–8]. Особливу увагу привертають ектопаразити класу *Arachnida*, всі етапи життєдіяльності яких так чи інакше екологічно пов'язані зі свійськими птахами та технологічними умовами промислових птахогосподарств. Ценотичні закономірності й екологічні особливості їх формування є маловивченними питаннями та потребують більш поглиблених досліджень. Вивчення екологічних аспектів функціонування, формування, структури та взаємодії ектопаразитів в умовах промислового виробництва бройлерної продукції є актуальними завданнями сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вітчизняних та іноземних птахогосподарствах ектопаразити курей характеризуються багаточисельним і різноманітним за систематичним положенням видовим складом безхребетних, які належать до типу Членистоногих – *Arthropoda*, класу комах – *Insecta* і павукоподібних – *Arachnida* [9]. На птиці промислового напряму найчастіше паразитують: пташині червоні кліщі *Dermanyssus gallinae* DeGeer,

1778, що належать до ряду *Parasitiformes*, надродини *Gamasoidea*, родини *Dermanyssidae*. Цей ектопаразит спостерігається в різних кліматичних зонах нашої країни [10]. У європейській науковій літературі паразитування ПЧК почали описувати понад 30 років тому.

Загальновизнано, що паразитична акарофауна належить до переліку біологічних агентів, що негативно впливають на розвиток птахівництва загалом [11; 12]. Із цим ектопаразитом активно борються Норвегія, Швейцарія, Македонія та країни ЄС. Ектопаразит завдає шкоди не тільки здоров'ю птиці, а також і працівникам птахофабрик. Цикл розвитку цього гематофага може складати за оптимальних умов всього 6 днів, дорослий кліщ може жити без їжі (без птиці) 5–10 місяців. У Світі *D. gallinae* DeGeer, 1778 реєструють у регіонах до 60° північної широти, де він становить значну загрозу для курей. Значно поширений курячий кліщ у країнах Африки, Близького Сходу та Азії, Європи та США [13].

Дослідники провідних науково-дослідних інститутів Великої Британії, Швейцарії та Франції у 2015 р. дійшли таких висновків: генетична пластичність виду *D. gallinae* DeGeer, 1778, його постійна інвазія у великих птахогосподарствах може бути потенціалом для паразитування на інших видах хазяїв (кішках, собаках, кролях, конях і гризунах). За результатами досліджень колективу авторів з університету Ковентрі (Велика Британія), у 2015 р. було спрогнозовано зростання щільності кліща до 50 тис. на одного птаха в умовах кліткового утримання, а подекуди й до 500 тис. Невеликі популяції кліща можуть спричиняти істотний негативний вплив та бути переносником трансмісивних хвороб. Будь-який кліщ є потенційним переносником кількох патогенних мікроорганізмів. В іноземній літературі описано випадки ураження кліщем людини, внаслідок якого виникає дерматит [14]. Особливо важливими є питання біобезпеки та ветеринарного благополуччя птиці з огляду на здатність кліща бути переносником багатьох хвороб: віспи-дифтериту птахів, пастерельозу курей, кліщового паралічу птахів, хвороби Ньюкасла, збудника лихоманки Ку і резервуаром збудника риккетсіозу Бернета, а також заражати курей спірохетами та бути переносниками деяких вірусів (у т. ч. енцефаліту курей).

М.В. Богач, О.С. Сіренко, А.А. Міщенко, А.М. Машкей, О.В. Пономаренко, А.П. Коломацький висвітлили питання розповсюдження та локалізації ектопаразитів при виробництві птахопродукції [2; 10]. Курячий кліщ є особливо поширеним на півдні України, де завдає значних збитків птахівництву, інколи нападає і на домашніх ссавців.

У наукових працях Т.І. Фотіної, Л.В. Нагорної запропоновано лікарські препарати для боротьби з ектопаразитами птиці, розглянуто ветеринарні та паразитологічні питання впливу акарицидів на *D. gallinae* DeGeer, 1778 [15].

Тому слід зазначити, що в Україні, а також у 26 країнах світу як із високим, так і з низьким розвитком птахівництва, проблема паразитування пташиного червоного кліща постає достатньо гостро, деякі наукові погляди на це питання суперечать один одному, що є підставою для подальших екологічних досліджень.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Мета роботи – дослідити ступінь закліщеності репрезентативного птахогосподарства Київської обл. із м'ясною технологією вирощування і підлоговим утриманням птиці та виявити екологічні закономірності формування ектопаразитозів *D. gallinae* DeGeer, 1778 у пташниках із утриманням бройлерної птиці, морфо-біологічні особливості паразитичних кліщів внаслідок впливу на них антропогенних та абіотичних чинників.

Об'єкти та методи досліджень. Експериментальні дослідження проводили на промисловому птахопідприємстві бройлерного виробництва ТОВ «Комплекс Агромарс» (с. Гаврилівка, Вишгородського р-ну, Київської обл.) та на його батьківському птахопоголів'ї (с. Катюжанка, Вишгородського р-ну та с. Рудня Броварського р-ну Київської обл.) із підлоговим утриманням птиці. Для визначення ступеню закліщеності здійснювали відбір проб підстилкового матеріалу у пташниках методом конверту. Проби відбирали стерильною лопаткою в поліетиленові пакети із застібкою ZipLock [16].

Дослідження проб на наявність ектопаразитів проводили м'якою вигонкою за допомогою еклектора [17]. Чисельність особин вираховувалася у 25 г підстилки. Видовий склад акарофауни досліджували під світловим бінокулярним мікроскопом МБС-9. Камеральну обробку зібраного матеріалу здійснювали за відповідними визначниками [18; 19].

Було обстежено 15 пташників із різним віковим утриманням курчат-бройлерів – від 15 до 43 доби вирощування; батьківське птахопоголів'я із початковим (56 діб) і кінцевим (399 діб) етапами вирощування птиці.

Виклад основного матеріалу. Обстеження підстилки на птахофермах ТОВ «Комплекс Агромарс» виявило низьку закліщеність ектопаразитами. Кліщі були представлені такими життєвими формами, як яйце, протонімфи, дейтонімфи й імаго виду *D. gallinae* DeGeer, 1778.

Ступінь закліщеності визначали за умовною шкалою Фролова (табл. 1, табл. 2).

Відповідно до даних, наведених у табл. 2, ступінь закліщеності впродовж 2010–2012 рр. та 2016–2018 рр. має суттєву різницю у загальній кількості екземплярів внаслідок використання різних методик відбору й обчислення чисельності ектопаразитів. У першому випадку (2010–2012 рр.) обчислювалася загальна кількість імаго на 100 см^2,

а у другому (2016–2018 рр.) – загальна кількість імаго у 25 г підстилки.

Значне зниження чисельності популяцій *D. gallinae* DeGeer, 1778 пов'язане з підлоговим утриманням і терміном вирощування птиці, її харчовим раціоном, майже відсутніми щілинами та дерев'яними конструкціями у пташнику, використанням нових інсектоакарицидів, до яких не виникла резистентість у ектопаразитів, належним санітарним станом і систематичним екологічним моніторингом птахогосподарства.

Таким чином, показано, що ступінь закліщеності ектопаразитами у птахогосподарствах насамперед залежить від технології та терміну утримання птиці. Показники мікроклімату, санітарно-епідеміологічний стан, відсутність механічних пошкоджень стін, підлоги, фотоперіод у пташнику та клімат навколишнього природного середовища є також основними факторами для розмноження та поширення *D. gallinae* DeGeer, 1778 у штучній системі птахогосподарств.

У пташниках, де вирощувалися бройлери, окрім паразитичних кліщів, було виявлено різні стадії життєвого циклу кліщів-сапрофагів надродини *Acaroidea* (яйця, личинки різного віку линяння, дорослих особин і гіпопусів). Акароїдні кліщі є еврибіонтними та живуть на субстратах органічного походження як тваринного, так і рослинного.

У підстилці було виявлено значну кількість гіпопусів – це проміжна рухлива стадія життєвого циклу акароїдних кліщів, що переживає несприятливі для нього умови (висока вологість субстрату, низька температура повітря, а часто – погіршення якості їжі, збільшена щільність популяції), які відновлюють свій життєвий цикл за сприятливих умов. Максимальна щільність акароїдних кліщів і їх гіпопусів в 1 см^3 спостерігалася на 16 добу вирощування і становила 64 особини на 1 см^3. У пташниках із 33 добою вирощування щільність особин становила 1 288 особин на 1 см^3, що у 20 разів більше, ніж у попередньому варіанті. Стрімке збільшення життєвих форм акароїдних кліщів спостерігається у зв'язку зі збільшенням терміну утримання птиці та кількості її побічної продукції у пташнику.

Дослідження морфо-біологічних особливостей паразитичних кліщів внаслідок впливу на них антропогенних та абіотичних чинників проводилися у лабораторних умовах.

Відповідно до технологічних норм виробництво бройлерів обмежує термін вирощування птиці до 45 днів, із різним чергуванням фотоперіоду та температурного режиму, від +33ºС для добового молодняка до +21ºС для дорослої птиці. Тривалість світлового дня в першу добу висадки курчат становить 24 год, температура підстилки має бути близько +32ºС, а вологість – в межах 30–60% для птиці віком до 7 діб. З другої доби вирощування завідувач ферми зменшує тривалість світлового дня із 24 до 23 годин і надалі вводить 6-тигодинну світлову програму.

За допомогою лабораторних досліджень було з'ясовано, що сприятливими факторами для масового розмноження пташиного червоного кліща

Таблиця 1

Умовна шкала ступеня закліщеності птахогосподарств

Показник	10 см² підстилки (2016–2018 рр.)	100 см² підстилки (2010–2012 рр.)	25 г підстилки (2016–2018 рр.)
Ступінь закліщеності	Дуже високий > 50 екз.; Високий – 25–50 екз.; Середній – 10–25 екз.; Низький – 5–10 екз.; Дуже низький – до 5 екз.	Дуже високий > 500 екз.; Високий – 250–500 екз.; Середній – 100–250 екз.; Низький – 50–100 екз.; Дуже низький – до 50 екз.	Дуже високий > 100 екз.; Високий – 50–100 екз.; Середній – 25–50 екз.; Низький – 10–25 екз.; Дуже низький – до 5 екз.

Таблиця 2

Ступінь закліщеності бройлерного підприємства Київської обл.

Показник	Рік					
	2010	2011	2012	2016	2017	2018
Бройлерне виробництво (15–45 доба вирощування)						
Загальна кількість екземплярів *D. gallinae* DeGeer, 1778 у підстилці	412	375	354	11	8	5
За умовною шкалою	високий	високий	високий	низький	низький	дуже низький
Батьківське птахопоголів'я (56–399 доба утримання)						
Загальна кількість екземплярів *D. gallinae* DeGeer, 1778 у підстилці	705	612	387	23	17	13
За умовною шкалою	дуже високий	дуже високий	високий	низький	низький	низький

у птахогосподарстві є температури +20…+25ºС, 75% вологості та скорочений світловий фотоперіод, оскільки це нічні факультативні паразити. Фенологія метаморфозу ектопаразита за сприятливих умов складає 6–12 днів, а існування імаго – до 8 місяців без поживи.

Основними екологічними абіотичними факторами для поширення та збільшення чисельності особин *D. gallinae* DeGeer, 1778 у птахогосподарствах є високі температура та вологість.

Для дослідження впливу температурного фактора на пташиного червоного кліща особин розміщували в холодильнику за температури +5…+7ºС впродовж 24 год, після чого кліщі не гинули, а впадали в анабіоз і ставали менш рухливими, а за температури, близької до оптимальної (+21…+25ºС), імаго та личинки характеризувалися високою рухливістю.

З'ясовано, що температури, у 3–5 рази нижчі за оптимальні, не призводять до гибелі ектопаразита, а лише створюють для нього несприятливі умови, які викликають стан анабіозу.

Відповідно до проаналізованих літературних джерел було з'ясовано, що лімітуючим фактором для зменшення чисельності популяцій *D. gallinae* DeGeer, 1778 є діоксид вуглецю, і тому через відсутність органів зору у кліщів цього виду добре розвинені органи дихальної системи. Вуглекислий газ можна використовувати як пастки-атрактанти, завдяки яким у кліщів збільшується рухливість і вони починають тікати із середовища, перенасиченого діоксидом вуглецю. Але використання цього методу у птахогосподарствах є небезпечним, оскільки рівень CO_2 має сягати 50–60%.

За допомогою газоаналізатора ИГМ-12 [20] проводилися заміри діоксиду вуглецю у пташниках бройлерного виробництва у літньо-осінні сезони, але перевищення ГДК не спостерігалося, і тому вуглекислий газ не виявився лімітуючим фактором контролю чисельності популяцій курячого кліща в умовах бройлерного виробництва.

Таким чином, наведені результати досліджень екологічних особливостей кліщів виду *D. gallinae* DeGeer, 1778 дають підстави стверджувати, що у вирощуванні бройлерної птиці є ряд факторів які перешкоджають масовому розмноженню та високій закліщеності у птахогосподарствах, а саме:

– відносно короткий період вирощування птиці – 43–45 діб;

– підлогове утримання птиці – 7 гол/м^2 (батьківське птахопоголів'я) та 17 гол/м^2 (бройлерне птахопоголів'я);

– температурний режим, який після 7-го дня з t повітря +31ºС спадає з кожним наступним днем на 1ºС до позначки +21ºС;

– вологість підстилки 30–60%;

– світловий день, який триває до 18 год;

– частота обробок пташника акарицидами;

– відсутність дерев'яних конструкцій, механічних пошкоджень (щілин) у стінах і підлозі;

– задовільний ветеринарно-санітарний стан;

– систематичний екологічний моніторинг птахогосподарства.

Результати проведених досліджень свідчать, що *D. gallinae* DeGeer, 1778 характеризується своїми швидкими адаптаційними властивостями до середовища, в якому він існує, проходженням швидкого життєвого циклу за сприятливої температури, вологості, освітленості та здатністю існувати без поживи до 8 місяців.

Головні висновки. Показано ступінь закліщеності *D. gallinae* DeGeer, 1778 як критерій щільності ектопаразитів у птахогосподарствах із бройлерним і батьківським птахопоголів'ям (за підлогового утримання птиці) впродовж 2010–2018 рр.. Проаналізовано динаміку формування популяцій паразитичних кліщів порівняно з аналогічними даними попередніх років досліджень. У конкретних умовах пташника висвітлено морфобіологічні ознаки, характер розмноження, фенологію розвитку *D. gallinae* De Geer, 1778, на основі чого було проаналізовано його екологічні особливості.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень, наведені у роботі, є актуальними для виробництва продукції птахівництва із м'ясною технологією за підлогового утримання птиці. Оскільки основними чинниками формування значної чисельності ектопаразитів є їх адаптивні властивості до умов мікроклімату пташника й акарицидів, короткий життєвий цикл і тривала фаза анабіозу, рекомендується систематично проводити екологічний моніторинг птахоферм і враховувати еколого-біологічні особливості ектопаразита. Поглиблення аутекологічних і синекологічних досліджень пташиного червоного кліща у сучасному птахівництві є запорукою біобезпеки у промисловому птахогосподарстві та необхідною умовою ведення екобезпечного виробництва птахопродукції.

Література

1. Герман В.В. Екологічна безпека при виробництві тваринницької продукції. *Агроекологічний журнал.* 2009. № 2. С. 5–8.
2. Богач М.В., Сіренко О.С. Кровосисні членистоногі домашньої птиці як можливі переносники збудників хвороб. *Ветеринарна медицина України.* 2012. Вип. 96. С. 266–267.
3. Машкей А.М., Міщенко О.О., Сумакова Н.В., Євтушенко А.В., Сіренко О.С., Євтушенко І.Д. Видове різноманіття кровосисних членистоногих у природних та господарчих біоценозах України. *Ветеринарна медицина.* 2012. Вип. 96. С. 187–188.
4. Чернєй Л.С. Масове розмноження жуків-чорнотілок (Coleoptera, Tenebrionidae) на птахофабриках. *Сучасне птахівництво.* 2009. № 3 (76). С. 3–5.
5. Ященко С.В., Тертична О.В., Мінералов О.І. Видовий склад і розповсюдження ектопаразитів птиці в птахівничих господарствах. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва.* 2011. Вип. 6 (88). С. 45–49.
6. Axtell R., Arends J. Ecology and management of arthropods pests of poultry. *Annual Review of Entomology*. 1990. Vol. 35. P. 101–126.
7. Sparagano O., George D., Harrington D. Biology, epidemiology, management and risk related to the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Annual Review of Entomology.* 2014. Vol. 59. P. 447–466.
8. Valiente Moro C., De Luna C., Tod A., Guy J., Sparagano O., Zenner L. The poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*): a potential vector of pathogenic agents. *Exp Appl Acarol.* 2009. Vol. 48. P. 93–104.
9. Акбаев М.Ш., Василевич Ф.И. и др. Паразитология и инвазионные болезни животных. Москва, 2008. 775 с.
10. Машкей А.М., Сумакова Н.В., Сіренко О.С., Пазущан Т.С. Поширення ектопаразитарних захворювань сільськогосподарської та свійської птиці в лісостеповій зоні України та АР Крим. *Ветеринарна медицина.* 2014. Вип. 99. С. 144–147. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ vetmed_2014_99_45.
11. Chauve C. The poultry red mite *Dermanussus gallinae* (De Geer, 1778): current situation and future prospects for control. *Veterenary Parasitology*. 1998. Vol. 9. № 3. P. 239–245.
12. Мищенко А.А. Основные задачи и проблемы защиты сельскохозяйственных животных от вредных членистоногих. *Ветеринарна медицина* : міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2008. Вип. 89. С. 280–283.
13. Tertychna O.V., Svaliavchuk L.I., Boroday V.P. Ecological and epidemiological aspects of the spread of poultry red mite population. *Environment & Health.* 2017. № 1 (81). P. 23–27.
14. Тертична О.В., Свалявчук Л.І. Перспективи екологічних досліджень *Dermanyssus gallinae* (DeGeer, 1778) у птахівництві. *Агроекологічний журнал.* 2016. № 3. С. 142–147.
15. Фотіна Т.І., Нагорна Л.В. Особливості корекції популяції червоного кліща в умовах птахогосподарств України. *Ефективне птахівництво*. 2013. № 11. С. 36–39.
16. Сіренко О.С., Євтушенко А.В., Машкей А.М., Сумакова Н.В., Філатов С.В. Методи відбору проб членистоногих (кліщів, комах) для діагностики ектопаразитозів свійської птиці : затв. наук.-метод. радою Держ. вет. та фітосан. служби України(протокол № 1 від 21 грудня 2012 р.). Харків, 2012. 26 с.
17. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. Москва, 1971. 424 с.
18. Брегетова Н.Г. Гамазовые клещи (Gamazoidea). Краткий определитель. Москва, 1956. 243 с.
19. Захваткин Ю.А. Акарология – наука о клещах: история развития, современное состояние. Систематика : учебное пособие. Москва, 2012. 192 с.
20. Руководство по эксплуатации газоанализатора ИГМ-12-2-А пропан, МРБП.413347.004ТУ. 2010. 39 с.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

УДК 577.151.6:582.573.16
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-14

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ КОМПОНЕНТІВ ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ HORDEUM VULGARE L.

Казначєєва М.С., Данилків О.М.
Центральноукраїнський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка
вул. Шевченка, 1, 25006, м. Кропивницький
kazna4eeva@gmail.com, danilkiv_o@ukr.net

У статті розкрито значення прооксидантно-антиоксидантної системи для організму рослин і тварин. Визначено особливості її функціонування у тканинах рослин, залежність балансу вмісту прооксидантів та антиоксидантів у тканинах організму від впливу екологічних факторів середовища. Наголошено на недостатньому рівні систематизації наявної інформації про роль прооксидантно-антиоксидантної системи у забезпеченні стійкості рослин до патогенів. Експериментальним шляхом виявлено рівень і джерела генерації супероксиданіонрадикалу як основного прооксиданту; фонову та стимульовану концентрацію малонового діальдегіду як першочергового продукту перекисного окиснення ліпідів та активність цитохромоксидази як ключового ферменту, що є маркером рівня пошкодження мембран прооксидантами. Досліджено активність основних ферментних антиоксидантів: супероксиддисмутази, каталази, глютатіонпероксидази. Виявлено рівень основних низькомолекулярних антиоксидантів: аскорбінової кислоти, глютатіону. Здійснено порівняльний аналіз всіх перерахованих показників у тканинах зернівок Hordeum vulgare різних за рівнем стійкості до хвороб сортів. Виявлено, що у високостійкого сорту відзначається як підвищений рівень генерації супероксиданіонрадикалу, так і найвища активність ферментних антиоксидантів і високий рівень низькомолекулярних антиоксидантів. Рівень пошкодження мембран тканин Hordeum vulgare високостійкого сорту незначний, про що свідчить найнижча концентрація малонового діальдегіду порівняно з результатами, встановленими для середньо- і малостійкого сорту. Протилежне значення показників виявлене у тканинах малостійкого сорту. З проведеного дослідження сформульовано висновки про взаємозалежність рівня стійкості сорту Hordeum vulgare до хвороб і вмісту прооксидантів та антиоксидантів у його тканинах. *Ключові слова:* прооксиданти, антиоксиданти, стійкість сорту рослин до хвороб, Hordeum vulgare.

Research of the component of the proxidant and antioxidant system of Hordeum vulgare L. Kaznachieieva M., Danylkiv O. The value of the prooxidant-antioxidant system for the organism of plants and animals is revealed. The features of its functioning in plant tissues are noted. The dependence of the balance of the content of prooxidants and antioxidants in the body tissues from the influence of environmental factors of the medium is noted. It is emphasized that there is insufficient level of systematization of available information about the role of the prooxidant-antioxidant system in ensuring the resistance of plants to pathogens. Experimentally found: the level and sources of superoxide anion radical generation as the main prooxidant; background and stimulated concentration of malonic dialdehyde as the primary product of lipid peroxidation and cytochrome oxidase activity as a key enzyme marker of the level of membrane damage by prooxidants. The activity of the main enzyme antioxidants: superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase was studied. The level of basic low molecular weight antioxidants: ascorbic acid, glutathione has been revealed. A comparative analysis of all of these parameters in the tissues of Hordeum vulgare differing in the level of resistance to diseases of the varieties is carried out. It was found that in the tissues of plants variety with high level resistance to the diseases there is marked high level of generation of superoxide anion radical, and the highest activity of enzyme antioxidants and high level of low molecular weight antioxidants. The level of damage to the membranes of the barley grains tissues of high resistance to the diseases is small, as evidenced by the lowest concentration of malondialdehyde in comparison with the results established for medium and low-level resistance varieties. The opposite value of the indicators was found in the barley grains tissues of a labile to diseases variety. As a result of the study, conclusions were drawn on the interdependence between the level of resistance of the barley strain to diseases and the content of prooxidants and antioxidants in its tissues. *Key words:* prooxidants, antioxidants, plant resistance to diseases, Hordeum vulgare.

Постановка проблеми. Зміна величин показників ПАС характеризує всі фізіологічні та патологічні процеси рослинного організму, тому її кількісна оцінка є особливо актуальною в умовах погіршення екологічної ситуації внаслідок антропогенного забруднення біосфери. Розуміння механізму імунозахисту рослин і ролі в ньому компонентів ПАС відкриває перспективи їх використання і модифікації для

підвищення захисних сил організму, окреслює нове коло досліджень у галузі імунології, селекції, біотехнології та генної інженерії. В умовах несприятливої екологічної ситуації актуальним залишається кількісний вміст низькомолекулярних антиоксидантів і продуктів ВРПО, які надходять до нашого організму з продуктами харчування рослинного походження. Дослідження ролі АФО у протиінфекційному захисті тварин, процесах окисного вибуху, механізмах старіння й апоптозу відкрило перспективи пошуку аналогів у рослинному світі.

Мета дослідження – дослідити зміни показників стану прооксидантно-антиоксидантної системи тканин зернівок Hordeum vulgare L. залежно від їх рівня стійкості до хвороб.

Актуальність дослідження. Дослідження механізмів, які забезпечують підтримку високого імунного статусу рослин, є особливо актуальним в умовах несприятливої екологічної ситуації, що визначає створення імунного дефіциту не лише у людини та тварин, але й у рослин і викликає необхідність вивчення компонентів і факторів стійкості та ПАС рослинних об'єктів.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

1. Дослідити стан компонентів прооксидантної ланки тканин зернівок ячменю різних за рівнем стійкості сортів до хвороб.

2. Дослідити стан компонентів антиоксидантної ланки тканин зернівок ячменю різних за рівнем стійкості сортів до хвороб.

3. Встановити зв'язок між показниками стану ПАС і рівнем стійкості сорту рослин до хвороб.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з роботами K. Apel і H. Hirt у нормально функціонуючій клітині є певний баланс між активацією та дезактивацією Оксигену, тому кількість його активних форм залишається на безпечному рівні, однак ушкодження рослинних тканин під дією стресових чинників зазвичай призводить до активації Оксигену, порушується баланс між утворенням і руйнуванням АФО [1]. Значення АФО у процесах ВРПО та механізми АОЗ розкрито у працях Л.В. Хрипача, Ю.А. Ревазової, Ю.Е. Колупаева, В.А. Костюка, В.В. Бараненко, Ю.В. Карпець та інших дослідників [2–9]. Загальноприйнятим є твердження, що основною мішенню АФО є клітинні мембрани, ліпіди яких зазнають ферментативного та вільнорадикального перекисного окиснення, яке першочергово пошкоджує молекули поліненасичених жирних кислот [7]. Генерація АФО рослинною клітиною відбувається у відповідь на дію екологічних стресорів абіотичного походження [1–3]. У роботах T. Kawano [8], I. Heiser, E. Elstner [9], C.H. Foyer, G. Noctor [10] відзначено посилення загальної продукції АФО рослинами при вторгненні патогенів (бактерій, грибів, мікоплазми) й описані механізми реакції надчутливості. О.П. Дмитрієв і Ж.М. Кравчук говорять про значення АФО у формуванні набутої системної стійкості рослин до патогенів як сигнальних інтермедіатів активації генів ферментів, що беруть участь у синтезі АО та фітоалексинів [11]. На сучасному етапі розробкою проблеми АФО та АОЗ рослинних організмів займається британська школа біохімії, яку очолює Dr Nicholas Smirnoff [7]. Згідно з роботами О.Г. Полєської найбільше значення для рослинної клітини має синглетний кисень, супероксиданіонрадикал, гідроген пероксид і гідроксил радикал [12]. Загалом питання про значення АФО та АО в рослинній клітині не є однозначними та вичерпними і потребують ретельного дослідження і систематизації.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Недослідженими є зв'язок стійкості рослин і їх адаптації до умов існування у плані зміни величин показників ПАС; роль окремих компонентів ПАС у забезпеченні стійкості рослин до хвороб, біохімічних і молекулярних механізмів цієї стійкості.

Новизна. У роботі вперше здійснено комплексний аналіз компонентів прооксидантної та антиоксидантної ланки тканин зернівок Hordeum vulgare L. Визначено рівень і джерела генерації супероксиданіонрадикалу, виявлено зв'язок між рівнем стійкості до хвороб різних сортів Hordeum vulgare L. і значеннями показників ПАС, обґрунтовано роль окремих ланок ПАС у захисті рослин від патогенів.

Методологічне або загальнонаукове значення. На основі проведених досліджень експериментально виявлено найбільш значущі показники стану ПАС, які можуть бути використані для встановлення стійкості рослин до хвороб. Обґрунтовано можливість розширення посівних площ ячменю сорту «Созонівський» в агрокліматичних умовах Кіровоградської області. На основі результатів дослідження здійснено розширення посівів ячменю сорту «Созонівський» як високостійких до хвороб (рішення науково-технічної ради Кіровоградського інституту АПВ НААНУ).

Результати, отримані в роботі, використовуються в наукових дослідженнях кафедри біології та методики її викладання та в навчальному процесі природничо-географічного факультету Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка під час викладання курсів «Фізіологія рослин», «Біохімія», «Екологія».

Виклад основного матеріалу. Кількісний аналіз компонентів стану ПАС тканин ячменю здійснювали на зернівках рослин таких сортів: «Созонівський» (високостійкий сорт – 9 клас стійкості), «Вакула» (СС – середньостійкий сорт – 7 клас стійкості) та «СН-28» (малостійкий сорт – 5 клас стійкості). Кожна дослідна група включала 10 проб.

Методи дослідження. Визначення біохімічних показників здійснювали згідно із загальноприйня-

тими методиками: концентрацію $\bullet O_2^-$ (нмоль$\bullet O_2^-$/г·с) досліджували спектрофотометричним НСТ-тестом [13], концентрацію МДА (мкмоль/кг) визначали за реакцією з 2-тіобарбітуровою кислотою у кислому середовищі, активність СОД (ОД активності) визначали кінетично за швидкістю 50%-го інгібування аутоокиснення адреналіну, активність каталази (мкмоль/г·хв) – методом О.М. Баха та С.М. Зубкової, активність GSH-пероксидази (ОД активності) – реактивом Елмана, концентрацію АК (ммоль/кг) – титруванням за Тільмансом, концентрацію GSH (ммоль/кг) – за допомогою реактиву Елмана, активність цитохромоксидази (ОД активності, індофенольна одиниця за хв. на г тканини) – за методом W. Straus [14].

Результати дослідження значення показників стану ПАС тканин зернівок ячменю наведені в табл. 1.

Спектрофотометрично визначений фоновий рівень $\bullet O_2^-$ виявився найвищим у тканинах зернівок ячменю сорту «СН-28», що достовірно переважає показник «Вакули» в 1,40 рази ($p_{2,3}< 0,05$) та показник «Созонівського» в 2,12 рази ($p_{1,3}< 0,05$).

Стимуляція дріжджами призвела до зростання рівня $\bullet O_2^-$ на 309,23%, 32,97% та 104,20% відповідно до порядку сортів «Созонівський», «Вакула» та «СН-28», а стимуляція NaF – на 676,92%, 50,55% і 5,79%. Таким чином, отримано співвідношення міжсортового порівняння показників рівня $\bullet O_2^-$ після стимуляції тканин розчином NaF – 3,69 : 1 : 1,01 ($p_{1,2,3}< 0,05$). Стимуляція дріжджами призвела до зміни встановленого співвідношення – 2,20 : 1 : 2,79 ($p_{1,2,3}< 0,05$) відповідно до вищеперерахованого порядку сортів.

Встановлена перевага фонового та стимульованого рівня МДА в зернівках ячменю сорту «СН-28» в 1,44, та 1,04 рази порівняно із сортом «Вакула» ($p_{2,3}< 0,05$), та в 2,53 і 1,5 рази порівняно із сортом «Созонівський» ($p_{1,3}< 0,05$).

Достовірна різниця вмісту $МДА_0$, та $МДА_{1,5}$ сорту «Вакула» та «Созонівський» склала 1,76 та 1,44 рази ($p_{1,2}< 0,05$). Таким чином, міжсортове порівняння показника Δ МДА можна представити у вигляді такого співвідношення – 2,84 : 1,94 : 1 ($p_{1,3}< 0,05$, $p_{2,3}< 0,05$).

Результати визначення неферментних АО свідчать, що вміст АК в зернівках ячменю змінюється закономірно до зміни рівня стійкістю сорту рослин до хвороб.

Так, вміст АК високостійкого сорту «Созонівський» в 1,09 рази вищий порівняно з «Вакулою» ($p_{1,2}< 0,05$) та в 2,02 рази порівняно з «СН-28» ($p_{1,3} < 0,05$). Різниця міжсортового порівняння показників «Вакули» та «СН-28» склала 1,85 рази ($p_{2,3}< 0,05$). Порівняння концентрації GSH можна звести до такого відношення: 1,05 : 1 : 0,87 ($p_{2,3}< 0,05$, $p_{1,3}< 0,05$) відповідно до сортів «Созонівський», «Вакула» та «СН-28».

Результатом проведених досліджень стало виявлення зв'язку між рівнем стійкості сорту ячменю до хвороб та активністю ферментів АОЗ. Так, активність каталази в зернівках ячменю сорту «Созонівський» вища, ніж у «Вакули», в 1,22 рази ($p_{1,2}< 0,05$). Активність каталази в зернівках сорту «СН-28» зменшується в 1,47 рази ($p_{1,3}< 0,05$) порівняно із сортом «Созонівський» та в 1,21 рази порівняно з «Вакулою» ($p_{2,3}< 0,05$).

Біохімічний аналіз показав перевагу активності СОД зернівок ячменю сорту «Созонівський» над показником «СН-28» та «Вакули» у 1,65 та 1,34 рази відповідно ($p_{1,2}< 0,05$). Активність СОД зменшується

Таблиця 1

Порівняння показників стану компонентів ПАС зернівок ячменюрізних сортів за рівнем стійкості до хвороб

№	Показники стану ПАС	Сорти рослин		
		«Созонівський»	«Вакула»	«СН-28»
1	НСТ тест (фоновий рівень), нмоль$\bullet O_2^-$/г·с	0,065 ± 0,021*	0,091±0,009**	0,138±0,012***
2	НСТ тест (стимуляція дріжджами), нмоль$\bullet O_2^-$/г·с	0,266 ± 0,048*	0,121±0,042**	0,337±0,053***
3	НСТ тест (стимуляція NaF), нмоль$\bullet O_2^-$/г·с	0,505 ± 0,077*	0,137±0,008**	0,146±0,008***
4	$МДА_0$, мкмоль/кг	10,03 ± 0,65*	17,67±0,68**	25,39±1,11***
5	$МДА_{1,5}$, мкмоль/кг	27,69 ± 1,12*	39,79±2,73**	41,52±0,45***
6	Δ МДА, %	187,61 ± 24,50	128,45 ± 18,35**	66,10 ± 6,89***
7	Аскорбінат, ммоль/кг	0,083 ± 0,01*	0,076±0,01**	0,041±0,004***
8	GSH, ммоль/кг	50,65 ± 0,68	48,05 ± 0,1**	42,00±0,53***
9	Каталаза, мкмоль/г·хв	0,28 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,19 ±0,01***
10	СОД, ОД	0,39 ± 0,02*	0,29 ± 0,01**	0,23 ±0,01***
11	GSH-пероксидаза, ОД	5,09 ± 0,05*	4,53 ± 0,09**	3,78 ±0,02***
12	Цитохромоксидаза, ОД	0,346 ± 0,006*	0,276±0,005**	0,268±0,009***

*Примітки: * – $p_{1,2}< 0,05$ при порівнянні значень показників сорту «Созонівський» і «Вакула»; ** – $p_{2,3}< 0,05$ при порівнянні значень показників сорту «Вакула» і «СН-28»; *** – $p_{1,3}< 0,05$ при порівнянні значень показників сорту «СН-28» і «Созонівський».*

в 1,24 при переході від сорту «Вакула» до «СН-28» ($p_{2,3} < 0,05$).

Встановлено збільшення активності GSH-пероксидази при переході від малостійкого до хвороб сорту «СН-28» до «Вакули» та «Созонівського» у 1,12 та 1,35 рази відповідно ($p_{2,3} < 0,05$, $p_{1,3} < 0,05$). Активність цитохромоксидази у тканинах сорту «Созонівський» є в 1,29 рази вищою порівняно із сортом «СН-28» ($p_{1,3} < 0,05$) та в 1,25 рази порівняно із «Вакулою» ($p_{1,3} < 0,05$).

Отже, завдяки проведеному біохімічному аналізу зернівок ячменю виявлено закономірність, за якою значення більшості досліджуваних показників стану ПАС зростають зі збільшенням стійкості сорту до хвороб.

Головні висновки: 1) Стійкість сорту до хвороб залежить від таких показників стану прооксидантно-антиоксидантної системи рослин: рівня генерації $\bullet O_2^-$, вмісту малонового діальдегіду, аскорбінової кислоти, глутатіону, активності супеорксиддисмутази, глутатіонпероксидази, цитохромоксидази. 2) Тканини зернівок Hordeum vulgare L. характеризуються посиленням обох ланок прооксидантно-антиоксидантної системи відповідно до підвищення рівня стійкості сорту до хвороб із незначним переважанням прооксидантної активності.

Перспективи використання результатів дослідження. Зміна величин показників ПАС супроводжує всі фізіологічні та патологічні процеси, тому є об'єктом дослідження клінічної медицини, геронтології та привертає увагу вчених до проблеми ПАС. Перспектива використання і модифікації окремих компонентів АОЗ для підвищення захисних сил організму відкриває нове коло досліджень у галузі імунології. Створення сортів посиленої стійкості та підвищеного вмісту антиоксидантів є перспективним напрямом селекції, біотехнології та генної інженерії.

Література

1. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Plant Biol.* 2004. Vol. 55. P. 373–399.
2. Хрипач Л.В., Ревазова Ю.А. Роль свободнорадикального окисления в повреждении генома факторами окружающей среды. *Вестник РАМН.* 2004. № 3. С. 16–18.
3. Колупаев Ю.Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія : Біологія.* 2007. Вип. 3 (12). С. 6–26.
4. Костюк В.А., Потапович А.И. Биорадикалы и биоантиоксиданты. Минск : БГУ, 2004. 179 с.
5. Колупаєв Ю.Є., Карпець Ю.В. Активність супероксиддисмутази і каталази у колеоптилях пшениці за дії пероксиду водню і нагрівання. *Физиология и биохимия культ. растений.* 2007. Т. 39. № 4. С. 319–325.
6. Бараненко В.В. Супероксиддисмутаза в клетках растений. *Цитология*. 2006. Т 48. № 6. С. 465–474.
7. Smirnoff N. Antioxidants and reactive oxygen species in plants. New York : Blackwell Publishing, 2005. 302 p.
8. Kawano T. Roles of the reactive oxygen species generating peroxides reaction in plant defense and growth induction. *Plant Cell. Repts.* 2003. Vol. 21. № 9. P. 829–837.
9. Heiser I., Elstner E. Biochemical mechanisms of plant defense a central role for reactive oxygen species. *Plant Prot. Sci*. 2002. Vol. 38, Spec Issue 1. P. 76–86.
10. Foyer C.H., Noctor G. Oxidant and antioxidant signaling in plants: a reevaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant, Cell and Enviroment.* 2005. Vol. 28. P. 1056–1071.
11. Дмитрієв О.П., Кравчук Ж.М. Активні форми кисню та імунітет рослин. *Цитология и генетика.* 2005. № 39 (4). С. 64–75.
12. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. Москва : КДУ, 2007. 140 с.
13. Цебржинский О.И. Дифференцированное спектрофотометрическое определение продукции супероксида в тканях НСТ-тестом. *Актуальні проблеми сучасної медицини*. Вип.1. 2002. Т. 2. С. 96–97.
14. Посібник з експериментально-клінічних досліджень в біології та медицині / під ред. І.П. Кайдашева, О.В. Катрушова, В.М. Соколенко, О.І. Цебржинського. Полтава, 1996. 271 с.

УДК 628.31
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-15

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЧИЩЕННЯ ЦИРКУЛЮЮЧОЇ ВОДИ ВІД ЦІАНІД-ІОНІВ

Василенко І.А.[1], Скиба М.І.[1] , Чупринов Є.В[2].
[1]ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»
пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро
InnaV@i.ua, margaritaskiba88@gmail.com
[2] Криворізький металургійний інститут
Національної металургійної академії України
вул. Степана Теліги, 5, 50006, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.
itchupa@gmail.com

У статті розглянуто актуальне екологічне питання – забруднення атмосферного повітря та водних об'єктів крупних промислових центрів від коксохімічних виробництв, що зосереджені у східній частині України. Підприємства чинять негативний вплив не лише у зоні свого розташування, але і розповсюджують забруднення на прилеглі території – забруднені викиди у повітрі розносяться на відстань 20–25 км. Дніпропетровська область є промисловим центром України, тому питання забруднення атмосферного повітря та водних об'єктів постає особливо гостро. При охолодженні коксового газу у градирнях з нього вимивається багато отруйних речовин, наприклад, феноли, аміак, сірководень, синильна кислота, ціаніди та родоніти. Вони накопичуються в оборотній воді, яка циркулює між кінцевим газовим холодильником і градирнею. Загальне водоспоживання коксохімічного підприємства сягає близько 700 млн м^3 води. При цьому, близько 10% недостатньо очищених стічних вод викидаються у водойм. Тому, перелічені небезпечні речовини потрапляють і у водне середовище також. Для вирішення проблеми запропоновано застосувати методи математичного моделювання для очищення циркулюючої води від ціанід-іонів, що дозволяють підібрати ефективний і економічно вигідний режим очищення. Запропоновано використовувати розроблений програмний продукт для підбору ефективного і економічно вигідного режиму очищення стічних вод. Для використання програми не потрібно мати спеціальні знання, досить бути впевненим користувачем ПК. Тому її можна використовувати на підприємстві (з метою прогнозування процесів очищення), у дослідній лабораторії (з метою проведення аналізу процесів та удосконаленні математичних і практичних результатів), під час навчальних занять (з метою наглядної демонстрації перебігу процесу та виконання науково-дослідних робіт на основі математичного розрахунку). Передбачається, що дослідження, які були проведені, потребують подальшого розвитку. Необхідно звернути увагу на інші, не менш небезпечні складові, цих технологічних вод і виконати для них подібні розрахунки. *Ключові слова:* коксохімічне підприємство, забруднення, атмосферне повітря, стічні води, охолоджуюча вода, ціанід-іони, математичні моделювання.

Mathematical model of purification of circulating water from ion cyanide. Vasylenko I.A., Skiba M.I., Chyprinov E.V. The article deals with the actual environmental issue – pollution of atmospheric air and water objects of large industrial centers from coke plants located in the eastern part of Ukraine. Enterprises have a negative impact not only in the area of their location, but also spread pollution on the adjacent territory – polluted emissions in the air are spread over a distance of 20–25 km. Dnipropetrovsk region is an industrial center of Ukraine, therefore the issue of air pollution and water bodies pollution is particularly acute. When cooling the coke oven gas in the towers it is washed away by a lot of poisonous substances, for example, phenol, ammonia, hydrogen sulfide, hydrocyanic acid, cyanides and rhodonites. They accumulate in the reversible water circulating between the end gas fridge and the cooling tower. The total water consumption of the coke plant reaches about 700 million cubic meters of water. At the same time, about 10% of insufficiently treated sewage is thrown into reservoirs. Therefore, the listed hazardous substances fall into the aquatic environment as well. To solve the problem, it is suggested to apply methods of mathematical modeling for cleaning of circulating water from cyanide ions, which allow to choose an effective and economically advantageous treatment regime. It is proposed to use the developed software product for selection of effective and economically advantageous treatment of sewage treatment. You do not need to have special knowledge to use the program; it's enough to be sure of a PC user. Therefore, it can be used at the enterprise (in order to predict purification processes), in a research laboratory (for the purpose of analysis of processes and improvement of mathematical and practical results), during training sessions (in order to clearly demonstrate the process and implementation of research work on the basis of mathematical calculation). It is anticipated that the studies that have been carried out need further development. It is necessary to pay attention to other, not less dangerous components, these technological waters and to perform similar calculations for them. *Key words:* coke production, pollution, atmospheric air, wastewater, cooling waters cyanide ions math modeling.

Постановка проблеми. Захист навколишнього природного середовища є актуальним питанням сьогодення, особливо у східній Україні, де працює найбільша кількість промислових підприємств. Дніпропетровська область є промисловим центром України, тому питання забруднення атмосферного повітря та водних об'єктів постає особливо гостро. Наприклад, з 33 підприємств України, що викидають найбільшу кількість забруднюючих речовин у повітря – 7 розташовані у Дніпропетровській області. Стосовно викидів стічних вод – 9 з 33 найбільш небезпечних підприємств локалізовані в області.

Як відомо, сама людина страждає від техногенного навантаження на навколишнє середовище, це – послаблення здоров'я, знищення врожаїв, швидкий знос техніки і конструкцій.

Найбільша кількість відходів припадає на коксохімічне виробництво. Коксохімічна промисловість є однією з основних галузей гірничо-металургійного комплексу України і призначена забезпечувати доменне виробництво необхідною кількістю коксу, а також продукцією для хімічної галузі, кольорової металургії тощо. В Дніпропетровській області працюють 4 коксохімічні виробництва:

1. Дніпрококс (м. Дніпро).
2. Криворізький коксохімічний завод (м. Кривий Ріг).
3. Дніпровський коксохімічний завод (м. Кам'янське).
4. Южкокс (м. Кам'янське).

Підприємства чинять негативний вплив не лише у зоні свого розташування, але і розповсюджують забруднення на прилеглі території, наприклад забруднені викиди у повітрі розносяться на відстань 20–25 км [1].

Актуальність дослідження. Одним із головних джерел викидів у повітря великого промислового міста специфічних забруднювачів на коксохімічному заводі є градирні кінцевого охолодження коксового газу. З ними надходить біля 80% викидів цехів вловлювання підприємства. Перш за все це зумовлено ефектом вимивання з газу отруйних речовин, таких як: феноли, аміак, сірководень, синильна кислота, ціаніди та родоніти. Згадані компоненти коксового газу накопичуються в оборотній воді, яка циркулює між кінцевим газовим холодильником і градирнею. У градирні, шляхом продування повітрям, охолоджується забруднена вода кінцевого газового холодильника. При цьому з неї десорбується значна частина речовин, розчинених у воді. Вищезгадані отруйні речовини разом з повітрям надходять у навколишнє середовище, забруднюючи його. Загальне водоспоживання коксохімічного підприємства сягає близько 700 млн $м^3$ води. При цьому, близько 10% недостатньо очищених стічних вод викидаються у водойми [2]. Тому, перелічені небезпечні речовини потрапляють і у водне середовище.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями полягає у розробленні математичної моделі очищення циркулюючої води від ціанід-іонів, що дозволить підібрати ефективний і економічно вигідний режим очищення, а також більш ефективно здійснювати дослідження для удосконалення системи очищення води від небезпечних речовин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод очищення води кінцевого охолодження коксового газу від ціанистого водню електрохімічним способом через зв'язування ціанід іонів у нерозчинний комплекс є ефективним процесом очищення. Сам метод вимагає підтримання параметрів для одержання необхідного ступеня очищення циркулюючої води від ціанистого водню. Деякі параметри цієї води можуть змінюватись, що призведе до не ефективного очищення або до марного витрачання реагентів та ресурсів.

При електрохімічному способі очищення створюється можливість утилізації однорідних осадів, а також можливість автоматизації виробничих процесів при істотному спрощенні технологічної схеми. Зміна параметрів процесу призводить до необхідності створення моделі процесу очищення електрохімічним способом [3].

Перевагами методу очищення циркулюючої води, зв'язуванням ціанід іонів у нерозчинний комплекс з залізом є доступність і відносна дешевизна реагентів (можливе використання відходу травильного виробництва – сірчанокислого заліза з яскраво вираженими властивостями до коагулювання), позитивний вплив, при певних концентраціях реагентів, на біохімічне окислення фенолів і родоніту [4].

Ціанід-іони в оборотній воді можна зв'язати іонами заліза, що вносяться при електрохімічному розчиненні сталевого анода (метод електрокоагулювання). При електрокоагулюванні вирішуються одночасно два завдання – отримання та дозування коагулянту. Основна проблема – пошук оптимальних умов рівномірного розчинення металу. У процесі оброблення води на катодах можуть утворюватися відкладення карбонатів кальцію і гідроксиду магнію, а на анодах – окисні плівки. Це призводить до підвищення напруги, зниження виходу заліза (згідно струму) і до зниження ефективності очищення. Спеціальні механічні пристрої або прийоми для боротьби з цим побічним процесом значно ускладнюють конструкцію апарата [5].

Економіка процесу значною мірою визначається витратою електроенергії. Відносно низька електропровідність виробничих стоків коксохімічного виробництва викликає необхідність підтримувати досить високу напругу на електродах (до 50 В). Фактичні витрати електроенергії будуть вищими у результаті супутніх електрохімічних реакцій з деякими речовинами в оборотній воді. При електрофлотації pH розчину практично не змінюється [5]. У слаболужному середовищі і при іонізуванні заліза у двох- і тривалентній формі склад продуктів реакції з ціанід-іоном різноманітний і непостійний. Можна прийняти, що в основному це розчинні та нерозчинні комплексні солі (у співвідношенні 1:1) $Fe_2[Fe(CN)_6]$ і $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$, а також ціаніди заліза-(II) $Fe(CN)_2$, осади гідроксиду заліза(III). Повнота зв'язування ціанід-іона у комплексні солі у цій області pH невисока (50%). Зазначені технологічні недоліки методу оброблення сірчанокислим залізом(II) в основному притаманні і методу електрохімічного оброблення [3]. Зрештою цей метод дає змогу не лише ефективно здійснювати очищення

але і полегшує процес видалення кінцевого продукту очищення з реактору.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Для систематизації та аналізу методів очищення, а також, параметрів процесу була розроблена комп'ютерна програма. Метою її розроблення є побудова кінетичної моделі послідовно-паралельної хімічної взаємодії з наступним використанням її в моделі хімічного реактора.

Новизна. Розробка простого інструменту для аналізування процесів очищення стічних вод від ціанід-іонів у промисловості та у рамках дослідної лабораторії з метою визначення оптимальних умов перебігу процесу, який повинен відрізнятись ефективністю, економічністю та екологічністю.

Методологічне або загальнонаукове значення. Здійснити відповідні розрахунки за допомогою математичної моделі і надати рекомендації щодо її застосування на реальних промислових або дослідних об'єктах.

Викладення основного матеріалу. В основу програми покладене моделювання хіміко-технологічного процесу основаного на послідовно-паралельних реакціях. Механізм хімічної взаємодії ціанід-іонів з катіонами заліза представлений наступними рівняннями:

$$18CN^- + 3Fe^{2+} = 3[Fe(CN)_6]^{4-} + H_2{}^0\uparrow \quad (1)$$

$$3[Fe(CN)_6]^{4-} + 4Fe^{3+} = Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow. \quad (2)$$

Програма виконана для спрощення аналізу впливу зміни параметрів процесу, знаходження оптимального режиму для існуючих параметрів потоку води кінцевого охолодження коксового газу [3]. З урахуванням можливих змін показників циркуляційної води були обрані такі вхідні данні:

– кількість дослідів, які буде моделювати програма;

– кількість циклів очищення води у реакторі;

– період очищення води у реакторі (час який певна кількість циркулюючої води буде знаходитись у реакторі);

– початкова концентрація компоненту у циркулюючій воді;

– сила струму на електролізерах ректора;

– реакційний об'єм реактора (разом з періодом очищення води у реакторі складає об'ємну витрату циркулюючої води);

– ступінь відкритості схеми (частка потоку очищеної рідини, що повертається у цикл).

Головним елементом програми є алгоритм рішення диференційного рівняння. Для рішення диференційного рівняння був обраний метод Рунге-Кутта. Таким чином для отримання ступеню перетворення початкової речовини у кінцевий продукт проведене диференціювання виразу згідно кількості циклів очищення води на період очищення води у реакторі:

$$\frac{dX^R_{A(\omega)}}{d\tau} = \frac{k_1}{f_3\left(X^R_{A(\omega)}\right)} \frac{\nu_A}{\nu_R}\left\{\psi_1 \frac{I}{Vz_B F}\tau - \frac{C_{A0}}{\nu_A}\left[\nu_B^I X^R_{A(\omega)} \nu_B^{II} f_7\right]\right\}*$$

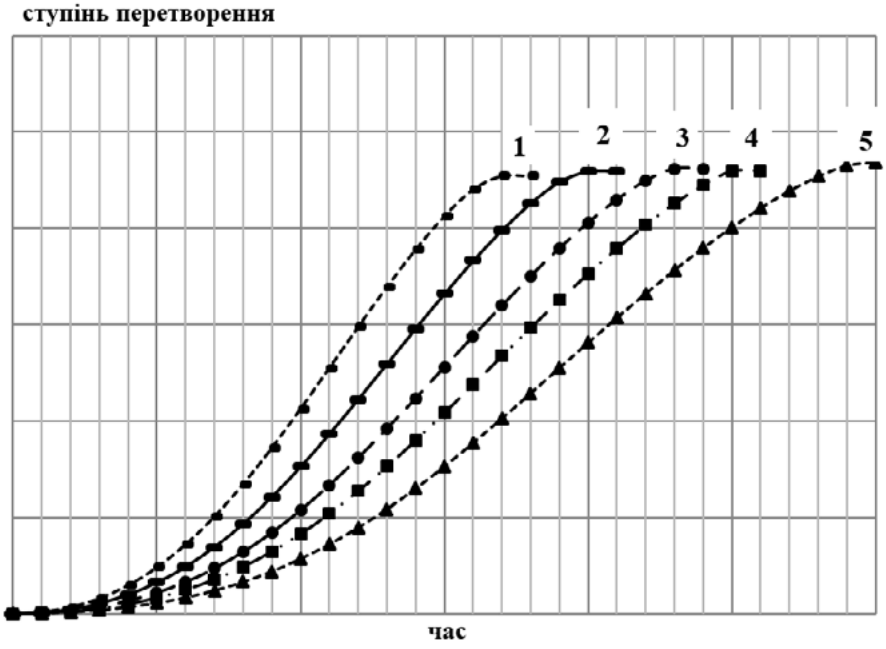


Рис. 1. Залежність ступені перетворення продуктів реакції очищення циркуляційної води у кінцевий продукт очищення $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ від часу при різних значеннях сили струму (I) та об'єму (V): 1 – I = 6 А, V = 1 м³; 2 – I = 6 А, V = 1,5 м³; 3 – I = 4 А, V = 1,5 м³; 4 – I = 2 А, V = 1 м³; 5 – I = 2 А, V = 1,5 м³

$$\cdot\left\{\left(1 - X^{R}_{A(0)}\right) - \frac{k_2 \nu_R}{k_1 \nu_A}\left[\left(\xi X^{R}_{A1(0)} - \xi X^{S}_{A1(0)}\right) + \left(X^{R}_{A(0)} - X^{S}_{A(0)}\right)\right]\right\}. \quad (3)$$

де k_1 – константа швидкості реакції одержання проміжного продукту; k_2 – константа швидкості реакції отримання кінцевого продукту; v_R – стехіометричний коефіцієнт; v_A – стехіометричний коефіцієнт; v^{I}_{B} – стехіометричний коефіцієнт; v^{II}_{B} – стехіометричний коефіцієнт; z_B – валентність речовини Fe^{2+}; F – Число Фарадея, $9{,}648456 \cdot 10^4$ А·с/моль; X^{R}_{A} – початкова ступінь перетворення $CN^- \rightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$; C_{A0} – початкова концентрація компоненту CN^-; τ – період очищення води; ξ – частка потоку очищеної рідини, що повертається у цикл; I – початкова або поточна сила струму у реакторі для даного експерименту; V – початковий або поточний об'єм реактора для даного експерименту; X^{S}_{A} – масив вихідних даних, що містить отримані показники ступенів перетворення речовини CN^- у речовину $Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow$; ψ_1 – вихід згідно струму ($0 \le \psi_1 \le 1$).

Дані розрахунків виводяться у вигляді графічних залежностей і масиву даних. Графічні залежності описують ступінь перетворення продуктів реакції очищення циркуляційної води у кінцевий продукт очищення на певному проміжку часу (рис. 1). Ступінь перетворення згодом виходить на постійне значення. Це підтверджує і фізичний зміст процесу.

Коли у реакційному об'ємі збільшується кількість проміжного продукту реакція з утворенням кінцевого продукту очищення починає перебігати з постійним показником ступеню перетворення. Наглядно демонструють вплив зміни сили струму у відношенні до реакційного об'єму. Отримавши набір комбінацій значень можна стверджувати, що при підвищенні сили струму в реакторі ступінь перетворення початкового реагенту (ціанід іонів) у кінцевий продукт підвищується.

Так як сила струму є суттєвим економічним показником її підвищення призведе до значного збільшення витрат на електроенергію. Реакційний об'єм є показником потужності однієї установки очищення. Тому саме комбінування цих показників відповідно певної ситуації призведе до підтримання продуктивності очищення і до економії матеріальних ресурсів.

Головні висновки. Таким чином, розроблений програмний продукт дозволяє підібрати ефективний і економічно вигідний режим очищення стічних вод. Для використання програми не потрібно мати спеціальні знання, досить бути впевненим користувачем ПК. Тому її можна використовувати на підприємстві (з метою прогнозування процесів очищення), у дослідній лабораторії (з метою проведення аналізу процесів та удосконаленні математичних і практичних результатів), під час навчальних занять (з метою наглядної демонстрації перебігу процесу та виконання науково-дослідних робіт на основі математичного розрахунку).

Перспективи використання результатів досліджень. Дослідження, що були проведені, потребують подальшого розвитку, в першу чергу, необхідно звернути увагу на інші, не менш небезпечні складові, цих технологічних вод і виконати для них подібні розрахунки.

Література

1. Старовойт А.Г. Природоохранная работа коксохимических предприятий Украины. *Природоохранные технологии и оборудование*, 2014. № 4. С. 47–51.
2. Екологічно безпечна технологія кінцевого охолодження коксового газу. Кірсанова Т.А., Нагорна С.Ю., Нагорний Ю.С. URL: http://www.rusnauka.com/14_NPRT_2010/Chimia/66041.doc.htm.
3. Вловлювання хімічних продуктів коксування. Навчальний посібник. Ч1. Донецьк: Східний видавничий дім, 2002. 228 с.
4. Лейбович Р.Е., Яковлева Е.И., Филатов А.Б. Технология коксохимического производства. М. : Металлургия, 1982. 360 с.
5. Белов К.Л. Улавливание химических продуктов коксования. М. : Металлургиздат, 1998. 308 с.

УДК 574.24:574.524:576.08
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-16

ВИЗНАЧЕННЯ ТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ ГЕРБІЦИДІВ НА ТЕСТ-ОРГАНІЗМИ У ВОДІ

Верголяс М.Р.
Приватний вищий навчальний заклад
«Міжнародна академія екології та медицини»
Харківське шосе, 121, 02000, м. Київ
vergolyas@meta.ua

Проведено оцінку еколого-токсикологічного впливу гербіцидів методом біотестування. Досліджуваними гербіцидами були обрано гліфосат – найбільш поширений гербіцид у світі, та клетодим – хлороорганічний гербіцид селективної дії. Метод полягає у визначенні дії токсикантів на спеціально вибрані організми в стандартних умовах з реєстрацією змін на поведінкових, фізіологічних, клітинному і субклітинному рівнях. Особливу увагу приділено оцінці ризику для здоров'я людини тих факторів і речовин, токсичність і цитотоксичність, яких виявляються за допомогою біомаркерів рослинних і тваринних клітин. Для оцінки негативного впливу агрохімікатів на агроекосистему сучасний рівень досліджень передбачає широке застосування методів біотестування, тобто використання відповідної реакції організму на вплив факторів середовища. Цей підхід до оцінки екологічного стану агроекосистеми є найоб'єктивнішим. Він базується на тому, що реалізація процесів, які відбуваються в організмі, зумовлена специфікою як організму, так і навколишнього середовища. Організм залежить від середовища передусім через характер його ресурсів і факторів, які впливають на метаболізм. Забруднення гербіцидами має глобальний характер, оскільки вони передаються трофічними ланцюгами від рослин до тварин, у тому числі і до людини. Отримані дані свідчать про високу токсичність гербіцидів у воді. Для оцінку водних зразків з гербіцидами при використані тест-об'єкту рослинного походження *Allium cepa* відмічене інгібування ростових процесів та виявлена аномалії ядер у всіх концентраціях клетодиму, навіть на рівні ГДК. На організменному рівні *Ceriodaphnia affinis, Hydra attenuate* і на рибах *Poecilia reticulate, Danio rerio* отримали дані гострої та хронічної токсичності від 10% до 100% на рівні ГДК. Використання класичних тест-об'єктів при дослідженні токсичності води з гербіцидами є більш перспективним, зручним, доступним, експресивним та інформативним. *Ключові слова*: гербіциди, токсичність, цитотоксичність, вода, тест-організми, біотестування.

Determination of the toxic effects of herbicides on test organisms in water. Vergolyas M. An estimation of ecotoxicological influence of herbicides by biotesting method is conducted. Investigated herbicides were selected glyphosate - the most common herbicide in the world, and clethodim – a chloro-organic herbicide of selective action. The method consists in determining the action of toxicants on specially selected organisms under standard conditions with the registration of changes at behavioral, physiological, cellular and subcellular levels. Particular attention is paid to assessing the risk to human health of those factors and substances whose toxicity and cytotoxicity are detected using biomarkers of plant and animal cells. To assess the negative impact of agrochemicals on the agroecosystem, the current level of research involves widespread use of biotesting methods, that is, the use of an appropriate reaction of the organism to the influence of environmental factors. This approach to assessing the ecological state of the agro ecosystem is the most objective. It is based on the fact that the implementation of processes that occur in the body, due to the specifics of both the organism and the environment. The organism depends on the environment, primarily because of the nature of its resources and factors that affect metabolism. Contamination with herbicides is global because they are transmitted by trophic chains from plants to animals, including humans. The obtained data testify to the high toxicity of herbicides in water. In order to evaluate the water samples with herbicides, using the test-object of plant Allium cepa, inhibition of growth processes was noted and nuclear abnormalities were detected in all concentrations of clethodim, even at the MAC level. At the organic level *Ceriodaphnia affinis, Hydra attenuate*, and *Poecilia reticulate, Danio rerio* fish received acute and chronic toxicity data of 10% to 100% at MAC level. The use of classical test objects in the study of water toxicity with herbicides is more promising, convenient, accessible, expressive and informative. *Key words:* herbicides, toxicity, cytotoxicity, water, test organisms, biotesting.

Постанова проблеми. На сьогодні людство використовує велику кількість різноманітних гербіцидів у сільському господарстві. Більшість гербіцидів вимиваються у водойми з поверхневим стоком талих, дощових та ґрунтових вод, змивом з сільськогосподарських угідь та колекторно-дренажні води. Внаслідок потрапляння у водойми, гербіциди порушують гомеостаз екосистеми (пригнічується фотосинтез та синтез білку, порушуються процес обміну через мембрани тощо), спричиняючи загибель живих організмів. Це виявляється у зменшенні чисельності видів [1, с. 2].

Гербіциди можуть мати прямий негативний вплив на продуцентів, але не прямий вплив на травоїдних тварин або хижаків, представляючи небезпеку як для людей, так і для тварин. Окрім того, вони являють собою кумулятивні отрути, тобто, токсичність їх дії залежить не тільки від концентрації, а й від тривалості дії. Чим вище трофічний рівень, тим в більшій мірі на ньому концентруються гербіциди [2]. Тому, нераціональне використання пестицидів стає причиною гострих отруєнь від 3,5 до 5 млн осіб щорічно (США, 2010–2014 роки).

Надійний контроль якості довкілля тільки хімічними методами практично неможливий, тому що ці методи не завжди чутливі і не дозволяють оцінювати токсичність водойми в цілому, до того ж присутність одних речовин заважає визначенню інших, а токсичні сполуки у воді можуть змінюватися, стаючи більш токсичними [3]. Актуальність роботи обумовлена появою безлічі небезпечних гербіцидів в Україні і необхідність визначення їх наявності у водоймах стоїть дуже гостро.

Постановка завдання. Виникає необхідність у розробці експрес-тестування для їх швидкого виявлення у водоймах, що полягає у інтегральній оцінці ступеня токсичності середовища. Таку інформацію можуть забезпечити методи біотестування. Оскільки вона може бути використано як для оцінки токсичності забруднених вод, так і для контролю токсичності стічних вод, цей метод знаходить широке застосування в токсикологічному контролі. Для екотоксикологічної діагностики питного водопостачання дедалі частіше застосовують біотестування, де за допомогою набору тесторганізмів та їхніх клітин оцінюють різні типи токсичності водного середовища. Біотестування, поєднане з хімічним і мікробіологічним методами, дає найбільш об'єктивну характеристику якості питних вод [4; 5].

Біотестува́ння – це експериментальне визначення, оцінка дослідним шляхом впливу факторів (фізичних, хімічних, фізико-хімічних) або групи шкідливих факторів на живі організми шляхом реєстрації змін того чи іншого біологічного показника (фізіологічного, біохімічного, цитогенетичного та ін.), що спостерігається в піддослідному тест-об'єкті (індикаторі) порівняно з контрольним у чітко заданих (тобто стандартних, лабораторних) умовах [6; 7].

Для оцінки негативного впливу агрохімікатів на агроекосистему сучасний рівень досліджень передбачає широке застосування методів біотестування, тобто використання відповідної реакції організму на вплив факторів середовища. Цей підхід до оцінки екологічного стану агроекосистеми є найоб'єктивнішим. Він базується на тому, що реалізація процесів, які відбуваються в організмі, зумовлена специфікою як організму, так і навколишнього середовища. Організм залежить від середовища передусім через характер його ресурсів і факторів, які впливають на метаболізм [4–7].

У свою чергу, про стан середовища можна судити за кількістю або інтенсивністю розвитку різних видів, популяцій і цілих угруповань певних організмів. Чутливішими до впливу факторів середовища є види з низьким ступенем толерантності, які належать до кстенобіонтів, тобто організмів з вузьким діапазоном життєвих можливостей при зміні певного фактора середовища, у тому числі антропогенного характеру. Ю. Одум (1976 р.) підкреслював, що організм часто перебуває під впливом не одного, а кількох лімітуючих факторів середовища і саме тому методи біоіндикації дають змогу врахувати не лише адитивні ефекти (як це відбувається при нормуванні впливу за рівнем ГДК), а і сумарні ефекти, завжди присутні у природних екосистемах.

Метою роботи було дослідження токсичного впливу розчинів гербіцидів гліфосата та клетодима за допомогою методів біотестування.

Матеріали та методи досліджень. Для вивчення різних концентрацій гербіцидів гліфосата та клетодима за допомогою методів біотестування були взяті три модельних зразка води. Гліфосат 0,01 мг/дм^3; 0,02 мг/дм^3; 0,03 мг/дм^3 (ГДК у воді 0,02 мг/дм^3) та клетодим 0,001 мг/дм^3; 0,002 мг/дм^3; 0,003 мг/дм^3 (ГДК у воді 0,002 мг/дм^3).

Гліфосат – контактний гербіцид, має частково системну дію. Передбачається, що гліфосатом пригнічується біосинтез фенілаланіну, ингибируется хлорізматмутаза або префенатдегідратаза. При впливі на бур'янисту рослинність гербіцид всмоктується через листя, пересувається по всій рослині. Запобігання речовиною синтезу амінокислот призводить до загибелі рослин. Залишки препарату можуть бути змиті опадами з рослин в грунт. У ґрунті гліфосат, залежно від умов навколишнього середовища, стійкий до дії сонячного світла, хімічному руйнуванню, у воді препарат стійкий. В лабораторних і польових умовах не було встановлено здатності гліфосату накопичуватися в ракоподібних і рибі.

Велика частина гербіциду, яка виявляється в поверхневих водних джерелах, з'явилася в результаті змиву з поверхні обробленої рослинності, знесення при лісогосподарському або сільськогосподарському застосуванні, а також ненавмисної або умисним обробки гліфосатом водних джерел для боротьби з водними бур'янами. Гербіцид може переноситися водним потоком вниз за течією від місця обробки на кілька кілометрів [8].

Клетодим – селективний гербіцид системної дії для знищення однорічних та багаторічних злакових бур'янів. Препарат поглинається бур'янами через стебла та листя накопичуючись в точках росту блокуючи процеси синтезу ліпідів. Видимі симптоми з'являються через 3-5 днів після обробки, а повне відмирання настає через 10-15 днів.

У ґрунті препарат практично відразу руйнується Т50 – через 1-3 доби. В анаеробних умовах період напіврозкладу може зростати до 240 діб. Зв'язування речовини з ґрунтом незначне, внаслідок чого гербіцид може легко з неї вимиватися [8].

Контрольну воду готували в лабораторних умовах згідно з рекомендаціями ДСТУ 4174: 2003.

Для виявлення токсичності гербіцидів на організменному рівні, було використано наступні тест-об'єкти: цибуля ріпчаста (*Allium cepa*); ceріодафнія (*Ceriodaphnia affinis*); гідра (*Hydra attenuata*); риби (гупі (*Poecilia reticulata*) та даніо реріо (*Danio rerio*).

Оцінка якості водних зразків з гербіцидами за допомогою рослинного тест-об'єкту цибулі ріп-

частої враховувала організменний і клітинний рівень – морфометричні та морфологічні показники. На кожний дослідний розчин із різними концентраціями гербіцидів поміщалися по 10 цибулини на 7 діб при температурі 24º С. Для проведення досліджень використовували одну з модифікацій *Allium*-тесту. Повторюваність експериментів двократна.

Для фіксації і подальшого приготування цитологічних препаратів відбирали коріння які проростали у дослідних розчинах. Критерій довжини корінців обумовлений необхідністю фіксації саме перших мітозів, з метою виключення дії систем репарації у подальших поділах клітин кореневої меристеми та елімінації більшості фрагментів та окремих аберантних клітин. Фіксацію корінців проводили протягом доби у розчині Кларка, який являє собою охолоджені C_2H_5OH:CH_3COOH у співвідношенні 3:1. Приготування тимчасових давлених цитологічних препаратів з кореневої меристеми цибулі проводили за загальновживаною методикою [9; 10].

Аналіз цитологічних препаратів проводили за допомогою світлового мікроскопа марки „Carl Zeiss", при збільшенні об'єктива 40. Для аналізу мітотичного індексу в полі зору мікроскопа серед загальної кількості клітин (3000) підраховували кількість клітин на різних стадіях мітозу. Кількість мікроядер та подвійних ядер визначали окремо по корінцям на кожні 500 клітин. З кожного препарату було проаналізовано 2,5-3 тис. клітин.

На заключному етапі досліджень проводили аналіз та статистичну обробку результатів за допомогою стандартного пакету програм XL (для Windows XP) та STATISTICA '99 Edition Version 5.5 (StatSoft. Inc., 1984-1999). Отримані результати наведено в таблиці 1.

За отриманими результатами виявили дозозалежне пригнічення схожості цибулі ріпчастої Allium сера внаслідок впливу розчинів гліфосату і клетодиму різних концентрацій, при цьому клетодим проявляв помітно більшу дозозалежну токсичну дію на схожість цибулі ніж гліфосат.

Спостерігали закономірне зменшення кількості мітотичних клітин у кореневій меристемі цибулі ріпчастої *Allium сера* культивованого на розчинах гліфосату і клетодиму різних концентрацій в порівнянні з контролем. Також виявляли микроядра та подвійні ядра в розчинах клетодиму.

Отримані результати свідчать про цитотоксичну дію гліфосату та цито–генотоксичну дію клетодиму на клітини кореневої меристеми цибулі *Allium сера.*

Для визначення токсичності різних концентрацій гербіцидів гліфосата та клетодима на орга-

Таблиця 1

Вплив гліфосату і клетодиму в різних концентраціях на кореневі системи цибулі ріпчастої Allium сера

Концентрація гербіциду	Довжина корінців (мм)	Маса корінців (г)	МІ	МЯ‰	2Я‰
Контроль, n=10	37,91	0,52	192	0	0
Гліфосат					
0,01 мг/дм^3, n=10	37,20 (-2%)	0,48 (-8%)	190 (-1%)	0	0
0,02 мг/дм^3, n=10	36,71 (-3%)	0,44 (-14%)	184 (-4%)	0	0
0,03 мг/дм^3, n=10	35,13 (-7%)	0,44 (-14%)	184 (-4%)	0	0
Клетодим					
0,001 мг/дм^3, n=10	32,13(-15%)	0,46 (-12%)	184 (-4%)	0	1
0,002 мг/дм^3, n=10	36,45 (-4%)	0,49 (-6%)	182 (-5%)	0	1
0,003 мг/дм^3, n=10	36,71 (-3%)	0,48 (-8%)	175 (-9%)	2	2

МІ – мітотичний індекс, МЯ – мікроядра, 2Я – подвійні ядра.

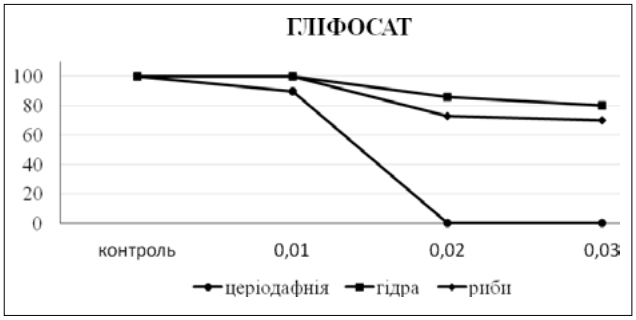


Рис. 1. Залежність між концентрацією гліфосату 0,01 мг/дм^3; 0,02 мг/дм^3; 0,03 мг/дм^3 (ГДК у воді 0,02 мг/дм^3) та виживанням тест-організмів: церіодафнія, гідра, риби (%)

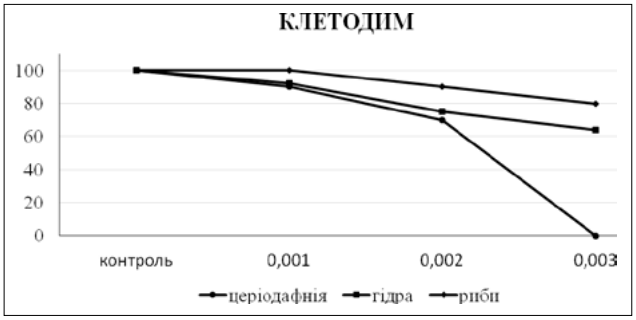


Рис. 2. Залежність між концентрацією клетодиму 0,001 мг/дм^3; 0,002 мг/дм^3; 0,003 мг/дм^3 (ГДК у воді 0,002 мг/дм^3) та виживанням тест-організмів: церіодафнія, гідра, риби (%)

нізменному рівні використовували тест-об'єкти: церіодафнія (*Ceriodaphnia affinis*); гідра (*Hydra attenuata*); риби (гупі (*Poecilia reticulata*) та даніо реріо (*Danio rerio*). Показником токсичності на рівні організму виступала смертність гідробіонтів. У кожну досліджуваний розчин гербіцидів поміщали по 10 особин і спостерігали за їх поведінкою і фізіологічним станом.

Було обрані такі ж дози гербіцидів, як і в досліді з рослинним тест-об'єктом, цибулею. Використання широкого діапазону концентрацій не дало б змогу прослідкувати чітку тест-реакцію, оскільки вже при значення ГДК деякі тест-організми показали 100% смертність. Результати представлено на рисунках 1, 2.

Під час проведення дослідження найвищу чутливість показали представники виду церіодафній, смертність яких складала 100% вже при досягненні 0,02 мг/дм^3. Інші тест організми – гідри та риби показали майже схожі лінійні залежності. При концентрації гліфосату 0,03 мг/дм^3 у гідр загальна токсичність склала 20%, у риб 30%.

При дослідженні водного розчину клетодиму у випадку тест-об'єктів гідр та риб отримано схожу лінійну залежність, як і при використанні гліфосату. Для риб клетодим виявився більш токсичним ніж для гідр, при концентраціях 0,002 мг/дм^3 загальна токсичність для риб складала 10%, а при 0,003 мг/дм^3 20%. У гідр, які показали найвищу стійкість в розчинах гліфосату, 25% смертність наступила у концентрації 0,002 мг/дм^3, при 0,003 мг/дм^3 майже 40%. В даному гербіциді смертність церіодафній спостерігали при концентраціях вище ГДК, а при 0,002 мг/дм^3 складала 70%. Дані результати дають змоги впевнено сказати, що їх можна застосовувати для виявлення токсичності гербіцидів у воді.

Головні висновки. В роботі проведено оцінку еколого-токсикологічного впливу гербіцидів методом біотестування. Досліджуваними гербіцидами були обрано гліфосат – найбільш поширений гербіцид у світі, та клетодим – хлорорганічний гербіцид селективної дії.

Отримані дані свідчать про високу токсичність гербіцидів у воді. Забруднення гербіцидами має глобальний характер, оскільки вони передаються трофічними ланцюгами від рослин до тварин, у тому числі і до людини. Нераціональне використання пестицидів стає причиною гострих отруєнь від 3,5 млн. людей щороку.

В роботі для оцінку водних зразків з гербіцидами при використані тест-об'єкту рослинного походження цибулі ріпчасті *Allium cepa* відмічене інгібування ростових процесів у обох розчинах гербіцидів та виявлена микроядра, подвійні ядра у всіх концентраціях клетодиму, навіть на рівні ГДК. Викликає необхідність у подальших дослідженнях, адже цибуля не є цільовим бур'яном для гліфосату і не повинна була зазнати суттєвих змін.

У визначенні токсичності різних концентрацій гербіцидів гліфосата та клетодима на організменному рівні церіодафнія (*Ceriodaphnia affinis*); гідра (*Hydra attenuata*); риби (гупі (*Poecilia reticulata*) та даніо реріо (*Danio rerio*) отримали дані гострої та хронічної токсичності від 10% до 100% на рівні ГДК.

Перспективи використання результатів дослідження. Таким чином, використання класичних тест-об'єктів при дослідженні токсичності води з гербіцидами є більш перспективним, зручним, доступним, експресивним та інформативним.

Література

1. Isenrin R. Pesticide reduce the biodiversity / Richard Isenrin // Pesticides News 88, June 2010, P. 4-7.
2. Крук Л.С. Екотоксична дія пестицидів в агроценозах України як функція фізико-хімічної будови їх молекул : Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. К., 2001. 19 с.
3. Maya Vergolyas. Assessment of drinking water quality at the cellular level // MedCrave. Advances in Tissue Engineering and Regenerative Medicine Open Access. 2019; 5 (2), 53–55.
4. Верголяс М.Р., Трахтенберг И.М., Дмитруха, І.М. Оцінка цитотоксичної активності води з різних джерел водопостачання // Довкілля та здоров'я Киев, 2016 г.
5. Верголяс М.Р. Альтернативный метод оценки качества питьевых вод при помощи биотестирования // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2016 г. № 4 (46), С. 159-167.
6. Dziock F. Life-history data in Bioindication Procedures / Franck Dziock // International Review of Hydrobiology 91 (4), 2006, pp. 341-364.
7. Jozwiak A. Bioindication as challenge in modern environmental protection / Anna Jozwiak, Marek Jozwiak // Ecological Chemistry and Engineering S. 2014, 21 (4), P. 577-591.
8. Логвинский В.Д. Пестициды. Современные проблемы природопользования / В.Д. Логвинский, О.П. Негробов, Т.В. Логвинская, Воронежский государственный универститет. 2010. 32 с.
9. Fiskesjo G. The Allium test as a standard in environmental monitoring // Hereditas. 1985. Vol. 102. P. 92. 112.
10. Vergolyas M.R., Lutsenko T.V., Goncharuk V.V. Cytotoxic effect of chlorophenols on cells of the root meristem of welsh onion (Allium fistulosum L.) seeds // Cytology and genetics. 2013. 47 (1). C. 34-38.

РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

УДК 378+502
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-17

ЕКОЛОГО-РЕКРЕАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ КАРПАТСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА ЯК СКЛАДНИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Рибак М.П.[1], Лук'янова В.В.[2], Покиньчереда В.Ф.[1], Йонаш І.Д.[1]
[1] Карпатський біосферний заповідник
вул. Красне Плесо, 77, 90600, м. Рахів, Закарпатська обл.
mykola.rakhiv@gmail.com
[2] Національний транспортний університет
вул. М. Омельяновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ
vitalina_lk@i.ua

Природні ресурси України мають великий еколого-рекреаційний потенціал для розвитку екотуризму, активізації екологічних знань, підвищення екологічної культури й екологічної свідомості населення. Актуальність розвитку екологічного туризму на заповідних територіях набуває дедалі більшого значення не тільки в Україні, а й у світі. На природні парки та біосферні заповідники як базові природоохоронні території України у підтримці концепції сталого розвитку покладено функцію збереження ландшафтного та біологічного різноманіття. Крім того, природозаповідні території виступають центрами, де зосереджено екотуристичну діяльність. З метою виконання Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат необхідним є забезпечення збереження та відновлення унікальних природних екосистем Карпат, які мають велике природоохоронне, естетичне, наукове, освітнє, рекреаційне, оздоровче і ресурсне значення, запобігання негативного впливу на гірські екосистеми й організація скоординованої з погляду екології діяльності у Карпатському регіоні. Рекреаційне освоєння природно-заповідних територій є причиною негативного тиску на навколишнє природне середовище. Постає потреба розробки еколого-просвітницьких шляхів регулювання туристичного руху, покращення та/або створення відповідної інфраструктури, оптимального територіального господарювання та наближення заповідників до вимог сталого розвитку туризму та рекреації на цих територіях. У роботі вивчено практичний досвід установ природно-заповідного фонду України (на прикладі Карпатського біосферного заповідника) у розвитку екопросвітницької та еколого-рекреаційної діяльності в аспектах сталого розвитку. Проаналізовано динаміку відвідування Карпатського біосферного заповідника та можливість підвищення еколого-туристичного потенціалу. Показано, що взаємодія установ природно-заповідного фонду з закладами вищої та середньої освіти сприяє еколого-просвітницькій і рекреаційно-туристичній діяльності в контексті сталого розвитку. Виділено основні завдання екологічного туризму на досліджуваній території а саме: вивчення ролі установ природно-заповідного фонду в охороні унікальних природних комплексів; вирішення наукових, еколого-економічних і соціальних проблем суспільства; виховання свідомо-дбайливого ставлення до природи та до її біологічного та ландшафтного біорізноманіття; спонукання молоді до самостійного вивчення, пошуку й аналізу природоохоронної інформації. *Ключові слова:* екологічний туризм, сталий розвиток, природно-заповідний фонд, біосферний заповідник, туристично-рекреаційний потенціал.

Ecological-recreational activity of the Carpathian biosphere reserve as a constituent part of the sustainable development. Rybak M., Lukianova V., Pokynchereda V., Yonash I. Sustainable development of modern society implies paying particular attention conservation of the environment and human health. This is possible only under the condition of improvement of the ecological culture and consciousness of the population, people's awareness of the ecological situation in Ukraine and the world, encouraging the population to discover new knowledge and study the history and culture of their native land. The way to improve ecological culture and ecological consciousness lies ineffective informal ecological education, which means the close interaction between establishments of the nature reserve fund (protected area system), which provide recreational services, and the population of Ukraine, which is a potential client, who needs a high-quality touristic and recreational services. At the same time, recreational development of protected areas causes negative pressure on the environment. There is a need to develop scientific, legislative, ecological and educational ways of regulating the tourist movement, to improve and / or create the appropriate infrastructure, optimal territorial management and the adjustment of the reserves to the requirements of sustainable development of education, tourism and recreation on these territories. The Carpathian Biosphere Reserve is one of the largest nature protection, scientific, recreational and ecological-educational centers of the Carpathian region. Numerous scientific laboratories work in the reserve, here is developed a network of monitoring sites, phenological points, hydro- and meteorological posts, a network of information centers and ecological trails. The reserve is a natural laboratory for many domestic and foreign research institutions. On its territory there is a network of ecological-educational and scientific trails, here operates the only one in Ukraine Museum of Mountains' Ecology and the history of nature management of the Carpathians, the All-Ukrainian ecological popular science magazine "Zeleni Karpaty" (Green Carpathians) is published. The article considers ecological-touristic

possibilities of the establishments of the nature reserve fund (protected area system) of Ukraine (on the example of the Carpathian Biosphere Reserve). The dynamics of visiting of the Carpathian Biosphere Reserve and the possibility of increasing the ecological-touristic potential are analyzed. It has been established that within the recent years the need of the population of Ukraine to visit nature-protected areas for recreation has increased significantly. Here are highlighted the main tasks of ecological tourism on the territory under study. Namely: the study of the role of establishments of the nature reserve fund in the protection of unique natural complexes; solving scientific, ecological, economic and social problems of society; educating consciously-careful attitude towards nature and its biological and landscape biodiversity; encouraging young people for independent study, search and analyzing environmental information.
Key words: ecological tourism, sustainable development, nature reserve fund, biosphere reserve, tourism and recreational potential.

Постановка проблеми. Установи природно-заповідного фонду виступають центром зосередження екотуристичної діяльності в Україні. На природні парки та біосферні заповідники як базові природоохоронні території у підтримці концепції сталого розвитку покладено функцію збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, проведення екопросвітницької та туристичної діяльності. Все це є причиною негативного тиску на навколишнє природне середовище. Тому постає потреба розробки еколого-просвітницьких шляхів регулювання туристичного руху, покращення та / або створення відповідної інфраструктури, оптимального територіального господарювання та наближення заповідників до вимог сталого розвитку туризму та рекреації на цих територіях.

Актуальність дослідження. Метою стратегії виконання Рамкової конвенції про охорону та розвиток Карпат [7] є забезпечення збереження та відновлення унікальних природних комплексів Карпат, що мають велике природоохоронне, естетичне, наукове, освітнє, рекреаційне, оздоровче і ресурсне значення, запобігання негативному впливу на гірські екосистеми й організація скоординованої з погляду екології діяльності у Карпатському регіоні. Тому розумне спрямування еколого-рекреаційної діяльності як запоруки сталого розвитку на усіх рівнях соціального розвитку людини спроможне врятувати людство від загрози знищення природного середовища. Це можливо шляхом формування екологічного світогляду й екологічної культури замість споживацького ставлення до природи, що панує нині.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано відповідно до цілей, сформульованих у Пріоритетних напрямах роботи Карпатського біосферного заповідника на 2019 р.; виконання Плану заходів щодо збереження української частини природного об'єкта Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО «Букові праліси і давні ліси Карпат та інших регіонів Європи» та сталого розвитку прилеглих до нього територій (затвердженого Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 листопада 2018 р. № 892-р), а також реалізації Лімського плану дій для біосферних резерватів ЮНЕСКО на території Карпатського біосферного резервату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метою стратегії виконання Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат [7] є забезпечення збереження та відновлення унікальних природних комплексів Карпат, що мають велике природоохоронне, естетичне, наукове, освітнє, рекреаційне, оздоровче і ресурсне значення, запобігання негативному впливу на гірські екосистеми й організація скоординованої з погляду екології діяльності у Карпатському регіоні. 14,15% Закарпатської області займають заповідні території. Найбільшою з них є територія Карпатського біосферного заповідника (далі – КБЗ). Тому еколого-рекреаційна діяльність КБЗ є запорукою сталого розвитку на усіх рівнях соціального розвитку людини та покликана врятувати людство від загрози знищення природного середовища. Це можливо шляхом формування екологічного світогляду й екологічної культури замість споживацького ставлення до природи, що панує нині [10].

З метою реалізації положень Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат [7] на території України нещодавно прийнято такі важливі для держави закони, як «Про оцінку впливу на довкілля» [4] та «Про стратегічну екологічну оцінку» [5], також Міністерство екології та природних ресурсів активно працює над законопроектом «Про Смарагдові території в Україні» [6].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Природні ресурси України мають великий еколого-рекреаційний потенціал для розвитку екотуризму. Актуальність розвитку екологічного туризму набуває дедалі більшого значення не тільки в Україні [2], а й у світі. Є два чинники, які загрожують навколишньому природному середовищу:

1) низький рівень екологічної свідомості та культури туристів, що свідчить про неготовність населення бути учасниками екологічних видів туризму;

2) недосконала законодавча база у сфері туризму, яка є перешкодою як для внутрішніх, так і зовнішніх інвесторів. Закон України «Про туризм» практично не розглядає питання екології та зменшення негативного впливу туризму на довкілля.

Новизна. З огляду на викладене вище метою нашої роботи є реалізація цілей сталого розвитку Карпат на прикладі еколого-рекреаційної діяльності Карпатського біосферного заповідника.

Для досягнення цієї мети було вирішено ряд завдань:

– досліджено динаміку відвідування КБЗ за останні роки;

– розглянуто можливість розвитку екологічного туризму на територіях ПЗФ України;

– показано позитивний вплив туристичної діяльності КБЗ на стан навколишнього середовища та на підвищення екологічної культури й екологічної свідомості людини.

Методологічне або загальнонаукове значення. Із традиційних загальнонаукових методів у роботі використовували: аналіз і синтез (дослідження сучасного стану еколого-рекреаційного потенціалу Карпатського біосферного заповідника, аналіз законодавчої бази у сфері природно-заповідного фонду); статистичний метод (збір та обробку даних динаміки відвідування заповідника за останні п'ять років); узагальнення й абстрагування; методи екологічно орієнтованого управління (планування, розробку та здійснення проекту розвитку еколого-рекреаційної діяльності Карпатського біосферного заповідника з урахуванням аспектів сталого розвитку регіону); прогнозування (перевірку розроблених концепцій еколого орієнтовного управління біосферним заповідником).

Виклад основного матеріалу. Карпатський біосферний заповідник є стратегічно важливою територією не тільки з погляду охорони біологічного та ландшафтного різноманіття [3], збереження клімату на планеті [11], а й як територія, що покликана оберігати цінні природні комплекси, культурну спадщину регіону та рекреаційні ресурси [8; 9].

КБЗ було створено у 1968 р. на території Івано-Франківської та Закарпатської областей. З 1993 р. КБЗ входить до Міжнародної мережі біосферних резерватів МАБ-ЮНЕСКО. Сьогодні він займає площу 58 035,8 га, з яких 39 485,8 га перебувають у постійному користуванні. Його територія складається з восьми відокремлених масивів (рис. 1), що знаходяться на територіях Виноградівського, Рахівського, Тячівського і Хустського адміністративних районів Закарпатської області. Заповідник розташований у межах висот 180–2061 м н. р. м. – від Закарпатської низовини до альпійського поясу, і репрезентує практично всі рослинно-кліматичні пояси, характерні для південно-західних мегасхилів Українських Карпат.

Поштовхом для розвитку туристично-рекреаційних ресурсів КБЗ є природні (гірські водоспади, річки, озера, мальовничі скелі та вершини гір, унікальні лісові масиви, зокрема праліси, кліматичні умови Закарпаття) та антропогенні (звичаї та спосіб життя місцевого населення) чинники.

Сьогодні у світі дуже актуальним є напрям екологічного туризму, тому у кожному відділенні КБЗ створено інформаційні центри, які знайомлять відвідувачів із природним багатством краю, його культурною та історичною спадщиною, рекреаційно-туристичним потенціалом. Також у м. Рахові

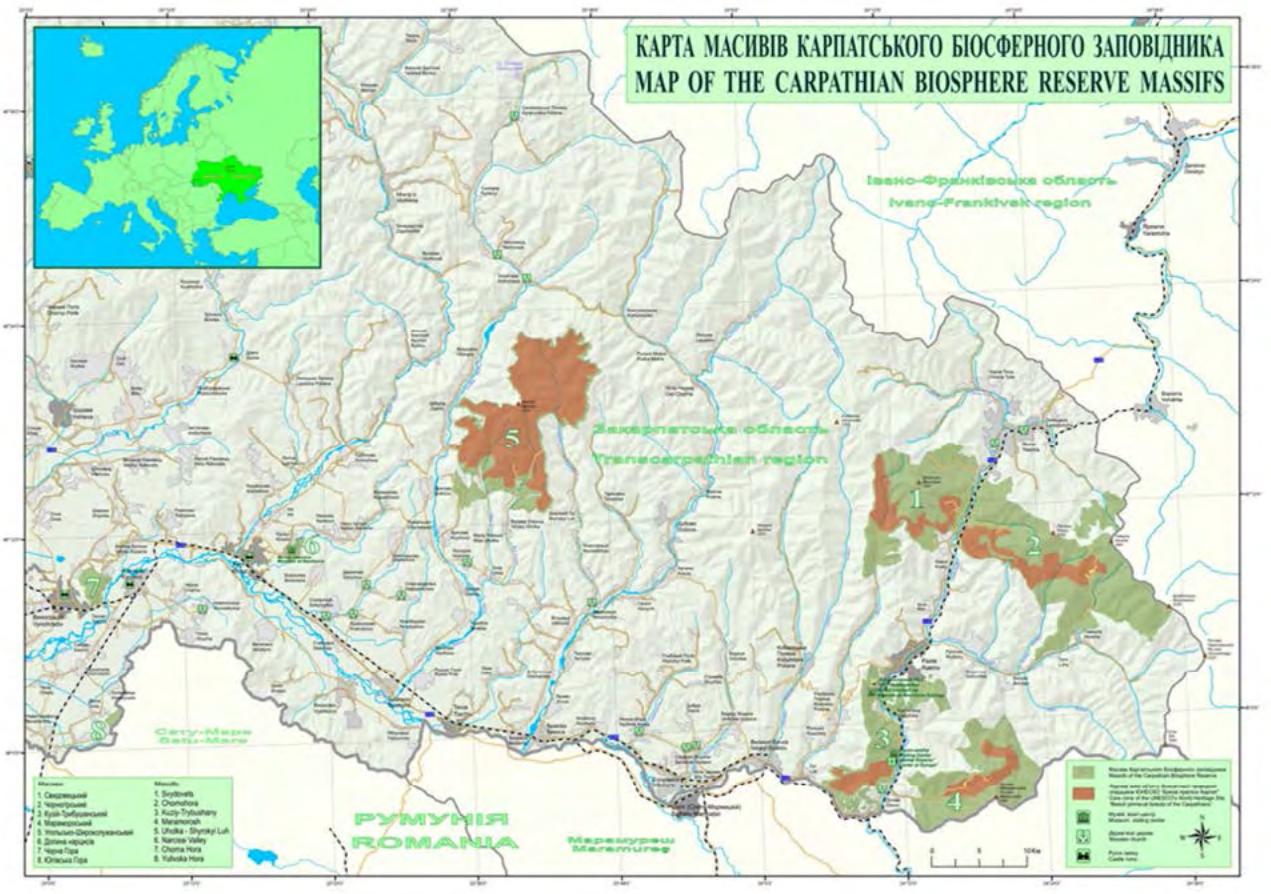


Рис. 1. Карта масивів Карпатського біосферного заповідника

функціонує Музей екології гір, у Долині нарцисів – Музей нарцису. В інформаційних центрах і в музеях постійно проводяться екоосвітні заходи (відкриті уроки та лекції, майстер-класи, круглі столи, семінари, наукові конференції) для школярів, молоді та вчителів природничих наук і зацікавлених науковців. Метою цих заходів є підвищення екологічної культури й екологічної свідомості людини, виховання відповідального ставлення до природи та культурної спадщини, що узгоджуються із принципами сталого розвитку. Відвідувачі можуть ознайомитися з напрямами сталої туристично-рекреаційної діяльності КБЗ, скуштувати місцеві кулінарні шедеври, придбати народні художні вироби.

КБЗ веде Літопис природи, активно інформує відвідувачів на сайті установи, публікує видання «Природа Карпат: науковий щорічник Карпатського біосферного заповідника та Інституту екології Карпат НАН України», науково-популярний часопис «Зелені Карпати», регіональну газету «Вісник Карпатського біосферного заповідника», матеріали науково-практичних конференцій тощо [1].

Для розвитку екопросвітницької та рекреаційно-туристичної діяльності на територіях природно-заповідного фонду України створені всі законодавчі умови. Але сучасна практика у цій сфері свідчить про те, що недостатньо використовується потенціал об'єктів ПЗФ для можливостей не тільки внутрішньої, а й міжнародної екотуристичної та просвітницької діяльності. Не треба забувати й про те, що рекреаційне освоєння природних територій призводить до негативного тиску на довкілля. Тому постає потреба розробки екопросвітницьких шляхів регулювання туристичного руху, покращення та/або створення відповідної інфраструктури, оптимального територіального господарювання та наближення біосферних заповідників до вимог сталого розвитку туризму та рекреації на цих територіях.

Щороку інтерес людей до природоохоронних територій зростає. Про це свідчать статистичні дані динаміки відвідування КБЗ, зібрані за останні п'ять років, що показано на рис. 2.

На рис. 2 видно позитивну динаміку відвідування заповідника. Це пов'язано з тим, що сьогодні людина бажає не тільки відпочити під час своєї відпустки, а й відвідати природоохоронні території України, познайомитися з культурою та звичаями Закарпатського краю, побачити мальовничі краєвиди та долучитися до недоторканої природи. Ні для кого не секрет, що незмінними супутниками проживання значної частини українців на урбанізованих територіях є ізольованість людини, почуття самотності, надмірні навантаження на нервову систему, яке породжує постійне психологічне напруження, призводить до стресів, погіршення здоров'я. У зв'язку з цим виникає

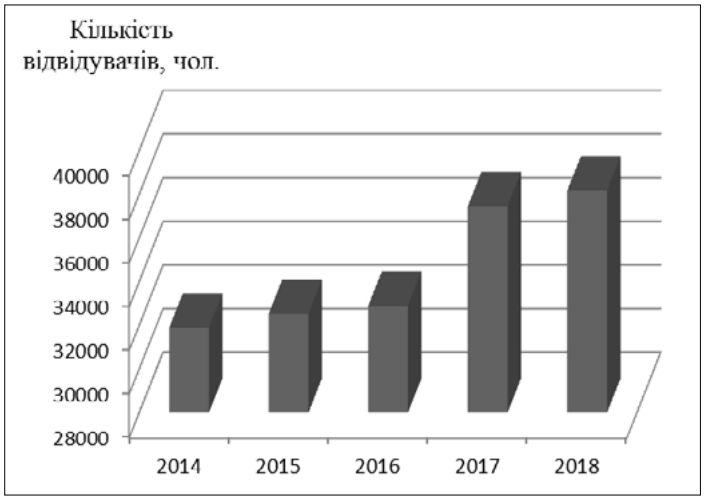


Рис. 2. Динаміка відвідування Карпатського біосферного заповідника в період із 2014 по 2018 рр.

гостра потреба у відновленні здоров'я людини через спілкування з природою поза урбанізованими територіями мегаполісів.

Ландшафтно-естетичний вигляд території Закарпатського регіону сприяє розвитку таких форм туризму: пішохідного, кінного, гірськолижного та велотуризму. Основними туристичними принадами КБЗ є унікальні природні об'єкти. Вісімнадцять екотуристичних маршрутів загальною протяжністю близько 200 км, що проходять його територією, здатні задовольнити найвибагливішого туриста будь-якого віку та рівня фізичної підготовки. Стежки високогір'ям Свидовця, Чорногори та Мармарошів ваблять учасників туристичних змагань, любителів активного пішохідного туризму і навіть використовуються для підготовки турінструкторів. Угольсько-Широколужанський і Кузій-Трибушанський масиви заощадять час відвідувача і всі свої таємниці радо відкривають на маршрутах вихідного дня. Двогодинна мандрівка у травневій пишності Долини нарцисів щедро дарує відвідувачам враження на все життя.

Головні висновки. Одним із важливих компонентів сталого розвитку установ природно-заповідного фонду України є збалансований розвиток еколого-рекреаційної діяльності та збереження природи. Це дає можливість людині усвідомити цінність природних об'єктів України, спонукає любити свій край та оберігати його природу. Тому в КБЗ постійно застосовується система еколого орієнтовного управління, проводяться планування, розробка та здійснення проектів, що сприяють сталому розвитку регіону.

Перспективи використання результатів дослідження. На нашу думку, основними завданнями, що сприятимуть розвитку еколого-рекреаційної діяльності КБЗ, є (із проекту КБЗ щодо розвитку екопросвітницької та еколого-рекреаційної діяльності):

Виховання свідомо дбайливого ставлення до природи та до її біологічного і ландшафтного різноманіття місцевого населення та відвідувачів заповід-

ника. З цією метою у заповіднику створено низку інформаційних центрів, науковці заповідника регулярно проводять бесіди із місцевим населенням, школярами; розробляють екологічні маршрути та проводять екскурсії.

Спонукання молоді до самостійного вивчення, пошуку й аналізу природоохоронної інформації. Тому в КБЗ щороку низка закладів вищої освіти проводить наукові й еколого-туристичні практики, де студентів активно долучають до походів екологічними стежками, відвідування екскурсій і проходження квестів, прослуховування лекцій провідних фахівців заповідника, вивчення природних особливостей Закарпаття.

Розширення таких напрямів туризму, як еколого-пізнавальний, пізнавально-культурний, лікувально-оздоровчий (споглядально-пасивний) та ін. Розроблено низку проектів, що передбачають розвиток цих напрямів. Наприклад, велодоріжка, яку створено навколо Долини нарцисів і яка виконуватиме важливу еколого-пізнавальну й рекреаційну функції.

Спонукання місцевого населення й органів самоврядування до проведення різноманітних заходів (фестивалів, днів традиційного господарювання тощо), спрямованих на інформування туристів про звичаї та побут населення Закарпаття, що відбуватимуться раз або два рази на рік. Виконання цього завдання призведе до підвищення рівня екологічної культури мандрівників і життєвого рівня місцевого населення.

Розробка та використання екологічно безпечних технологій виробництва, надання рекреаційних послуг, утилізації відходів (організації видалення й утилізації сміття); використання на територіях відпочинку екологічно безпечних видів транспорту; облаштування екотуристичних маршрутів спеціальними місцями, пристосованими для відпочинку, готування їжі, нічлігу й обладнаними усім необхідним, наприклад, урнами для сміття.

Впровадження обов'язкового наукового дослідження економічних, соціальних та екологічних аспектів еколого-рекреаційної діяльності.

Постійне підвищення професійного рівня освіти працівників КБЗ.

Література

1. Видання та публікації Карпатського біосферного заповідника. URL: http://cbr.nature.org.ua/vydan_u.htm.
2. Гетьман В.І. Основні Завдання і проблеми розвитку екотуризму в національних природних парках і біосферних заповідниках України. *Краєзнавство. Географія. Туризм*. 2002. № 35. С. 4–8.
3. Годованець Б.Й., Довганич Я.О., Ляшенко Є.К. та ін. Різноманіття тваринного світу Карпатського біосферного заповідника. *Проблеми збереження гірських екосистем та сталого використання біологічних ресурсів Карпат* : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 50-річчя організації Карпатського біосферного заповідника. Україна, м. Рахів, 22–25 жовтня 2018 р. Івано-Франківськ : НАІР, 2018. С. 126–133
4. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19.
5. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19.
6. Законопроект «Про території Смарагдової мережі». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19https://www.kmu.gov.ua/ua/news/ minprirodi-vinosit-na-gromadske-zakonoproekt-pro-teritoriyi-smaragdovoyi-merezhi.
7. Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат. URL: zakon.rada.gov.ua/go/998_164.
8. Рибак М.П. Карпатський біосферний резерват – рушійна сила регіонального розвитку гірських територій. *Проблеми збереження гірських екосистем та сталого використання біологічних ресурсів Карпат* : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 50-річчя організації Карпатського біосферного заповідника. Україна, м. Рахів, 22–25 жовтня 2018 р. Івано-Франківськ : НАІР, 2018. С. 372–377
9. Рибак М.П., Покиньчереда В.Ф. Від Карпатського біосферного заповідника до Карпатського біосферного резервату. *Природоохоронні, історико-культурні та екоосвітні аспекти збалансованого розвитку Українських Карпат* : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 15-й річниці НПП «Гуцульщина» (м. Косів, Івано-Франківська обл. 8–9 червня 2017 р.). Косів : ПП Павлюк М.Д., 2017 С. 346–351.
10. Руденко С.С., Костишин С.С. Екологічна культура – запорука збалансовано розвитку. Екологічні міста. Чернівці, 2014. 112 с.
11. Marc Hanewinkel, Dominik A. Cullmann, Mart-Jan Schelhaas, Gert-Jan Nabuurs, Niklaus E. Zimmermann Climate change may cause severe loss in the economic value of Europe and forestland. *Nature Climate Change*. 2013. Vol. 3. P. 203–207.

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

УДК 595.324
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-18

РОДИНА *DAPHNIIDAE* (*CLADOCERA*) У ПАЛІТРІ ГІДРОБІОЛОГІЧНОЇ ЕКСПОЗИЦІЇ БЕНЕДИКТА ДИБОВСЬКОГО НА ГАЛИЦЬКІЙ КРАЙОВІЙ ВИСТАВЦІ 1894 РОКУ

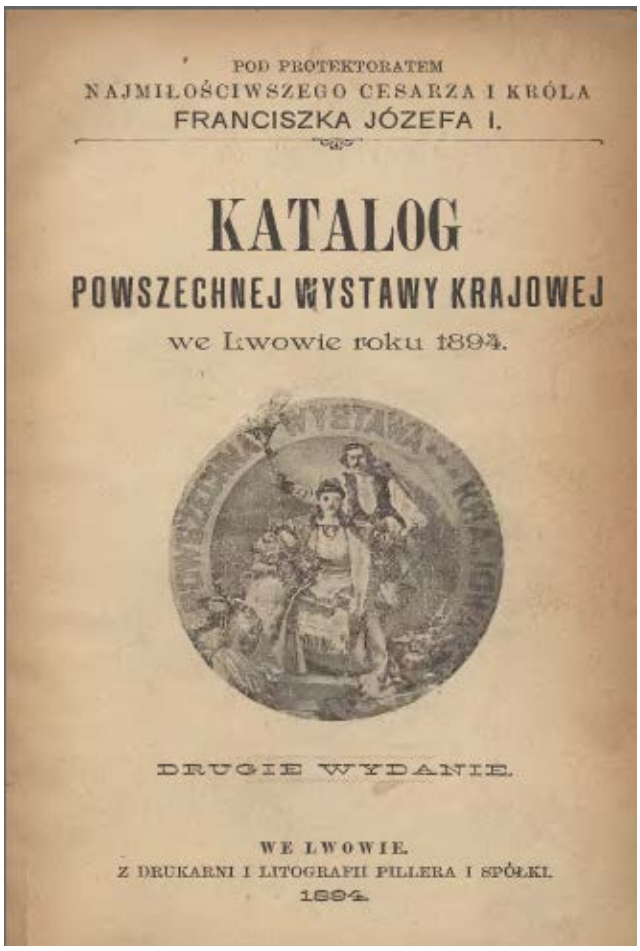
Іванець О.Р.
Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, 79005, м. Львів
oleh_ivanets@ukr.net

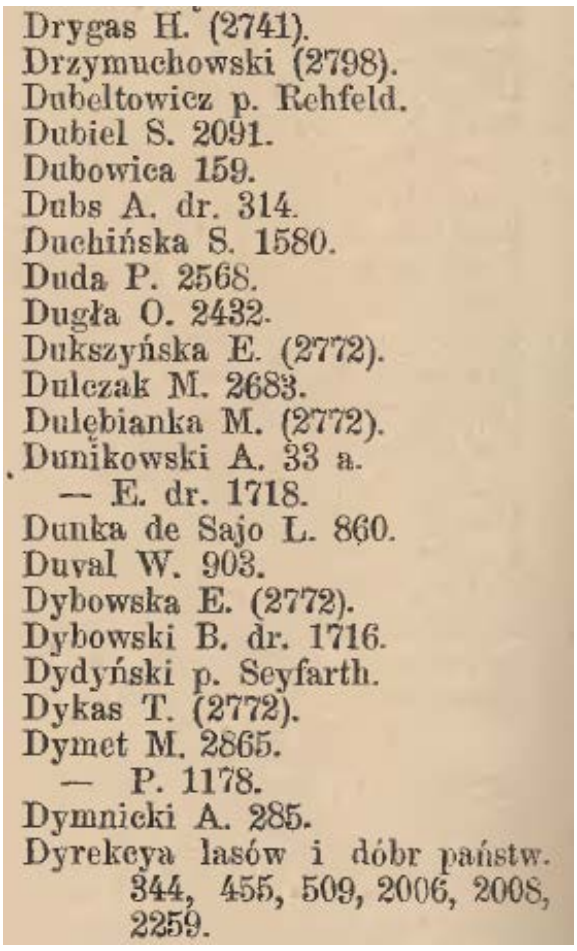
Галицька крайова виставка відбувалася протягом 5 червня – 10 жовтня 1894 року у Львові. Виставка мала на меті продемонструвати тогочасні культурні та цивілізаційні здобутки. Колекція *Cladocera*, представлена видатним польським дослідником Б. Дибовським, включала 117 таксонів. Родина *Daphniidae* включала 45 таксонів, що об'єднані у 8 родів: *Ceriodaphnia* (*C. echinata*, *C. echinata var. wierzejskii*, *C. fischeri*, *C. landei*, *C. laticaudata*, *C. leydigii*, *C. megops*, *C. polonica var. kromaniana*, *C. polonica*, *C. pulchella*, *C. reticulata*, *C. rotunda*, *C. świteziana*); *Ctenodaphnia* (*C. pulex*, *C. pulex var. gibbosa*, *C. pulex var. notodonta*, *C. pulex var. obtusa*, *C. pulex var. pennata*, *C. pulex var. schoedleri*, *C. hellichii*); *Daphnia* (*D. schaefferi*, *D. schaefferi var. eylmanii*); *Hyalodaphnia* (*H. cederstroemii*, *H. kahlbergensis*); *Leiodaphnia* (*L. aquilina*, *L. berolinensis*, *L. caudata*, *L. dolichocantha*, *L. gracilis*, *L. hyalina*, *L. ventricosa*); *Moina* (*M. micrura*, *M. paradoxa*, *M. rectirostris*); *Scapholeberis* (*S. aurita*, *S. aurita var. wojnowiensis*, *S. mucronata var. acera*, *S. mucronata var. microcera*, *S. mucronata*, *S. obtusa*, *S. świteziana*); *Simocephalus* (*S. wojnowiensis*, *S. congener*, *S. exspinosus*, *S. serrulatus*, *S. vetulus*). Найбільш чисельним є рід *Ceriodaphnia* (13 таксонів). Найменшою різноманітністю представлені роди *Hyalodaphnia*, *Daphnia* (по два таксони у кожному роді) та *Moina* (три таксони). Три роди включають по сім таксонів (*Ctenodaphnia*, *Leiodaphnia*, *Scapholeberis*). У роді *Simocephalus* – п'ять таксонів. Результати робіт Б. Дибовського по вивченню *Cladocera*, які були експоновані на Галицькій крайовій виставці у Львові 1894 р., і сьогодні привертають увагу багатьох кладоцерологів. Вони є вагомим підґрунтям сучасних морфо-екологічних і таксономічних досліджень цієї групи ракоподібних. Колекція гіллястовусих раків Б. Дибовського і М. Гроховського зберігається у фондах Зоологічного музею ЛНУ ім. І. Франка та потребує подальшого опрацювання з використанням новітніх методичних підходів. *Ключові слова*: Бенедикт Дибовський, Галичина, *Cladocera*, *Daphniidae*.

The family *Daphniidae* (*Cladocera*) in paliter of hidrobiological exposition of Benedykt Dybowski at the Galician region exhibition of 1894. Ivanets O. The Galician Regional Exhibition was held during June 5 – October 10, 1894 in Lviv. The exhibition was aimed at demonstrating the cultural and civilizing achievements of the time. The collection of *Cladocera*, presented by the prominent polish researcher B. Dybowski, included 117 taxa. The *Daphniidae* family included 45 taxa, united in 8 genera: *Ceriodaphnia* (*C. echinata*, *C. echinata var. wierzejskii*, *C. fischeri*, *C. landei*, *C. laticaudata*, *C. leydigii*, *C. megops*, *C. polonica var. kromaniana*, *C. polonica*, *C. pulchella*, *C. reticulata*, *C. rotunda*, *C. świteziana*); *Ctenodaphnia* (*C. pulex*, *C. pulex var. gibbosa*, *C. pulex var. notodonta*, *C. pulex var. obtusa*, *C. pulex var. pennata*, *C. pulex var. schoedleri*, *C. hellichii*); *Daphnia* (*D. schaefferi*, *D. schaefferi var. eylmanii*); *Hyalodaphnia* (*H. cederstroemii*, *H. kahlbergensis*); *Leiodaphnia* (*L. aquilina*, *L. berolinensis*, *L. caudata*, *L. dolichocantha*, *L. gracilis*, *L. hyalina*, *L. ventricosa*); *Moina* (*M. micrura*, *M. paradoxa*, *M. rectirostris*); *Scapholeberis* (*S. aurita*, *S. aurita var. wojnowiensis*, *S. mucronata var. acera*, *S. mucronata var. microcera*, *S. mucronata*, *S. obtusa*, *S. świteziana*); *Simocephalus* (*S. wojnowiensis*, *S. congener*, *S. exspinosus*, *S. serrulatus*, *S. vetulus*). The most numerous is the genus *Ceriodaphnia* (13 taxa). The least diversity is represented by *Hyalodaphnia*, *Daphnia* (two taxa) and *Moina* (three taxa). Three genera include seven taxa (*Ctenodaphnia*, *Leiodaphnia*, *Scapholeberis*). In the genus *Simocephalus* – five taxa. The results of B. Dibowski's work on the study of *Cladocera*, which were exhibited at the Galician Regional Exhibition in Lviv in 1894, today attracted the attention of many cladocerologists. They are an important basis for modern morphological, ecological and taxonomic studies of this group of crustaceans. The collection of *Cladocera* of B. Dybovski and M. Grohovsky is stored in the funds of the Zoological Museum of the Ivan Franko National University of Lviv, and needs further research using the latest methodological approaches. *Key words*: Benedyct Dybowski, Galicia, *Cladocera*, *Daphniidae*.

Постановка проблеми. Галицька крайова виставка була найбільшим ярмарком в історії Королівства Галичини та Володимирії. Вона відбувалася протягом 5 червня – 10 жовтня 1894 року у Львові і мала на меті продемонструвати тогочасні культурні та цивілізаційні здобутки. Виставка була присвячена 100-річчю Повстання під проводом Тадеуша Костюшка і стала однією з найбільш масових подій в історії Львова. Експозиція Виставки охоплювала всі галузі тодішнього господарства Галичини. У ній

Рис. 1. Фрагмент панорами Галицької крайової виставки 1894 р. у Львові [25]




Drygas H. (2741).
Drzymuchowski (2798).
Dubeltowicz p. Rehfeld.
Dubiel S. 2091.
Dubowica 159.
Dubs A. dr. 314.
Duchińska S. 1580.
Duda P. 2568.
Dugła O. 2432.
Dukszyńska E. (2772).
Dulczak M. 2683.
Dulębianka M. (2772).
Dunikowski A. 33 a.
— E. dr. 1718.
Dunka de Sajo L. 860.
Duval W. 903.
Dybowska E. (2772).
Dybowski B. dr. 1716.
Dydyński p. Seyfarth.
Dykas T. (2772).
Dymet M. 2865.
— P. 1178.
Dymnicki A. 285.
Dyrekcya lasów i dóbr państw. 344, 455, 509, 2006, 2008, 2259.

А *Б*

Рис. 2. Титульна сторінка Каталогу Галицької крайової виставки (А) і фрагмент алфавітного покажчика (Б), у якому під №1716 відображено участь Б. Дибовського [18]

взяли участь як місцеві, так і закордонні учасники. Головним опікуном Виставки був імператор Франц Йосиф I [7; 8] (рис. 1).

На виставці в експозиції, що була підготовлена видатним польським дослідником Бенедиктом Дибовським, серед інших зоологічних експонатів представлені і результати наукових досліджень гіллястовусих раків (*Cladocera*) Галичини (рис. 2). Ці дослідження Б. Дибовський проводив разом зі своїм асистентом М. Гроховським [9; 23]. Матеріали, отримані Б. Дибовським та М. Гроховським щодо морфолого-таксономічного та екологічного вивчення *Cladocera* прісних вод Галичини, представлені у низці публікацій, що і сьогодні є актуальними. Вони мають важливе значення для розвитку таксономії *Cladocera* [10; 11; 12; 13; 14; 15]. Проте роль Галицької крайової виставки у популяризації природничо-наукових робіт того часу, значення публікацій Б. Дибовського в області кладоцерології для сучасних таксономічних і еколого-морфологічних досліджень висвітлені недостатньо.

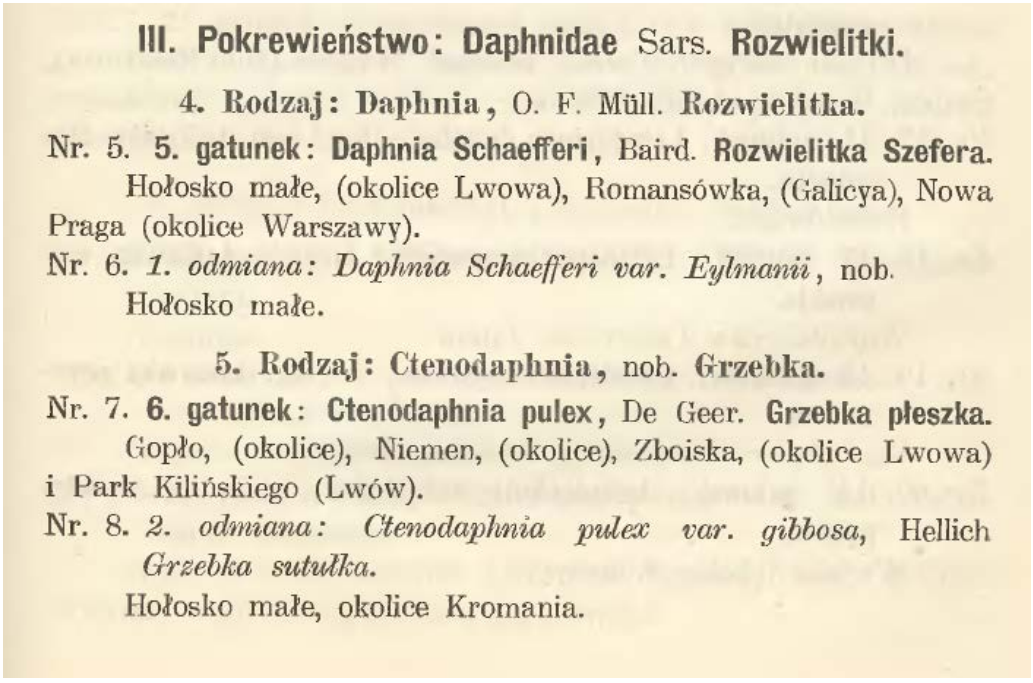
Метою роботи було проаналізувати наукову спадщину Б. Дибовського в сфері вивчення родини *Daphniidae*, показати значення його робіт у розвитку сучасної фауністики та систематики *Cladocera*, висвітлити роль Галицької крайової виставки у Львові 1894 р. у популяризації природничо-наукових досліджень, що проводилися науковцями цього історичного періоду.

Виклад основного матеріалу. Участь у виставці Б. Дибовського була відображена у назві однієї з публікацій. Йдеться про роботу "Spis systematyczny Wioślarek (*Cladocera*) krajowych sporządzony na podstawie okazów i preparatów, które oddane były na naszą tegoroczną Wystawę krajową we Lwowie" [11].

Серед систематичного переліку таксонів *Cladocera*, що подається Б. Дибовським, важливе місце займає родина *Daphniidae* Straus, 1820 (рис. 3).

На Галицькій крайовій виставці Б. Дибовський представив 117 таксонів *Cladocera*. Родина *Daphniidae* у цьому переліку нараховує 45 таксонів під номерами від 5 до 49. Ця родина, за поданими на той час матеріалами, включала 8 родів:

Ceriodaphnia (*C. echinata*, *C. echinata var. wierzejskii*, *C. fischeri*, *C. landei*, *C. laticaudata*, *C. leydigii*, *C. megops*, *C. polonica var. kromaniana*, *C. polonica*, *C. pulchella*, *C. reticulata*, *C. rotunda*, *C. świteziana*); *Ctenodaphnia* (*C. pulex*, *C. pulex var. gibbosa*, *C. pulex var. notodonta*, *C. pulex var. obtusa*, *C. pulex var. pennata*, *C. pulex var. schoedleri*, *C. hellichii*); *Daphnia* (*D. schaefferi*, *D. schaefferi var. eylmanii*); *Hyalodaphnia* (*H. cederstroemii*, *H. kahlbergensis*); *Leiodaphnia* (*L. aquilina*, *L. berolinensis*, *L. caudata*, *L. dolichocantha*, *L. gracilis*, *L. hyalina*, *L. ventricosa*); *Moina* (*M. micrura*, *M. paradoxa*, *M. rectirostris*); *Scapholeberis* (*S. aurita*, *S. aurita var. wojnowiensis*, *S. mucronata var. acera*, *S. mucronata var. microcera*, *S. mucronata*, *S. obtusa*, *S. świteziana*); *Simocephalus* (*S. wojnowiensis*, *S. congener*, *S. exspinosus*, *S. serrulatus*, *S. vetulus*). Найбільш чисельним є рід *Ceriodaphnia* (13 таксонів). Найменшою різноманітністю представлені роди *Hyalodaphnia*, *Daphnia* (по два таксони у кожному роді) і *Moina* (три таксони). Три роди включають по сім таксонів (*Ctenodaphnia*, *Leiodaphnia*, *Scapholeberis*). У роді *Simocephalus* – п'ять таксонів.



III. Pokrewieństwo: Daphnidae Sars. Rozwielitki.

4. Rodzaj: Daphnia, O. F. Müll. Rozwielitka.

Nr. 5. 5. gatunek: Daphnia Schaefferi, Baird. Rozwielitka Szefera.
Hołosko małe, (okolice Lwowa), Romansówka, (Galicya), Nowa Praga (okolice Warszawy).

Nr. 6. *1. odmiana: Daphnia Schaefferi var. Eylmanii*, nob.
Hołosko małe.

5. Rodzaj: Ctenodaphnia, nob. Grzebka.

Nr. 7. 6. gatunek: Ctenodaphnia pulex, De Geer. Grzebka pleszka.
Gopło, (okolice), Niemen, (okolice), Zboiska, (okolice Lwowa) i Park Kilińskiego (Lwów).

Nr. 8. *2. odmiana: Ctenodaphnia pulex var. gibbosa*, Hellich *Grzebka sutułka.*
Hołosko małe, okolice Kromania.

Рис. 3. Фрагмент публікації Б. Дибовського і М. Гроховського з характеритикою родини Daphniidae [11]

Особливості морфології саме представників родини *Daphniidae* є ключовим елементом у логіці міркувань Б. Дибовського під час обґрунтування головних тез щодо нових методичних підходів до систематики і таксономії *Cladocera*.

Так, Б. Дибовський зазначає, що в систематиці *Cladocera* панує хаос, він висвітлює головні проблеми, що склались на той час. Зокрема, вказується, що значна кількість видів не мають ретельного опису. Водночас наявні кілька різних діагностичних описів для одного й того ж виду та є описи різних видів під одною назвою. Він зазначав, що існує певна упередженість дослідників до введення нових таксономічних назв. При цьому дослідники, не рахуючись з певними морфологічними відмінностями, надають таксонам, що вивчаються, вже усталені назви. Тоді як цілком очевидно, що вони мають справу з новими, ще неописаними видами.

З урахуванням історичної значимості зроблених зауважень в царині таксономії *Cladocera* наведемо міркування Б. Дибовського на мові оригіналу. Зокрема, у вступному слові статті "Spis systematyczny Wioślarek (*Cladocera*) krajowych sporządzony na podstawie okazów i preparatów, które oddane były na naszą tegoroczną Wystawę krajową we Lwowie" висвітлюються наступні думки: "Systematyka Wioślarek nie moze się poszczycić dokładnością i ścisłością w opracowaniu, stąd tez czynność determinowania gatunków natrafia często na nieprzezwyciężone trudności, mające zwykle swe źródło w tej okoliczności, ze gdy naturaliści mieli do czynienia z formami wątpliwemi , które nie pasowały dobrze do ramek nader elastycznych, utworzonych dla gatunków już opisanych, wtedy gwałtem je tam wciskali, kładąc całą odpowiedzialność za swoją czynność na barki poprzedników, którzy idąc zwykle za przykładem Sarsa cechy gatunku obejmowali najczęściej w kilku charakterach morfologicznych, lakonicznie wyrażonych w króciutkich dyagnozach" [11, с. 139].

Такий стан справ, як вказує Б. Дибовський, створив хаос, з якого складно вийти. Для ілюстрації цієї тези він використовує особливості морфології окремих таксонів *Daphnia*. Зокрема, звертається увага на кількість щетинок, котрі розташовуються на другій парі антен, і на профіль голови дафній.

Зазначається наступне: "To postępowanie wytworzyło chaos, z którego wybrnąć jest ciężkiem dzisiaj zadaniem. Tak n. p. spotykamy niespodziewanie Rozwielitkę z pod Jerozolimy w faunie czeskiej, skąd wędruje ona na wschód do Rosyi. Jeżeli ten cytowany wypadek zechcemy sobie bliżej rozjaśnić, to zwrócić się musimy do pierwotnego opisu Rozwielitki jerozolimskiej. Gatunek ten opisany został pod nazwą „*Daphnia Atkinsonii"* przez Baird'a. Autor rzeczony opisuje i odtwarza na rysunku formę Rozwielitki, tak różną od innych gatunków, należących do rodzaju *Daphnia*, że mimowoli zadać sobie musi każdy pytanie, co mogło spowodować Dr. Hellicha do uznania Rozwielitki czeskiej za gatunek jerozolimski. Gdybyśmy dali wiarę rysunkowi i opisowi Baird'a, musielibyśmy utworzyć dla *Daphnia Atkinsonii* Baird co najmniej nowy rodzaj, bo gatunek wymieniony ma mieć po 5 szczecinek pławnych na każdem ramieniu czułków drugiej pary, czego żaden z licznych gatunków Rozwielitek nie posiada; jedną wprawdzie cechę wspólną mają i *Daphnia Atkinsonii* Baird i *Daphnia Atkinsonii* Hellich, a jest nią jednostajnie zaokrąglony profil dolny głowy u obydwu gatunków, ale to nie może być przecie powodem, ażeby inne cechy, podane przez Baird'a, ignorować, albo ażeby je uważać za mylne, a tylko na podstawie tego jedynego charakteru, który jeszcze niewiadomo, czy jest dokładnie przedstawiony, uznać Rozwielitkę jerozolimską za identyczną z czeską" [11, с. 139–140].

Б. Дибовський також використовує представників родини *Daphniidae* як модельний об'єкт під час дослідження особливостей сезонної і локальної мінливості популяцій гіллястовусих раків. Він говорить про те, що деякі таксони, які вважалися видами, насправді є лише варієтетами одного виду. Вони мають дуже варіабельні ознаки, на підставі яких їх було виділено у видові таксони. Вказується, зокрема, що такі варієтети можна отримати, наприклад, під час культивування в акваріумі *Ctenodaphnia pulex*.

У публікації звертається увага на такі закономірності: „Co do systematyki gatunków, to nadmienić winniśmy, że uznać byliśmy zmuszeni pewną ilość gatunków dotychczasowych za odmiany, a to z powodu niestałości cech mających charakteryzować gatunki rzeczone, i na podstawie przejść stopniowych, obserwowanych pomiędzy formami krańcowemi; tak n. p. wszystkie gatunki pokrewne z „*Ctenodaphnia pulex*" nie dały się ściśle odróżnić, albowiem okazy prawdziwej „*pulex*" przybierają w pewnych wypadkach formy „*Ctenodaphia obtusa*" lub „*Ctenodaphnia gibbosa*", albo znowu z drugiej strony przechodzą w „*Ctenodaphnia pennata*" lub „*Schoedleri*". Sposób obsadzenia i umiejscowienie kolca skorupkowego, jego długość stosunkowa zmieniają się odpowiednio do pory roku i do miejsca pobytu. Z okazów „*Ctenodaphnia pulex*" można wychować w akwaryach formy podobne do wszystkich wymienionych gatunków. Nadto ilość kolców w grzebykach szpony ulega tak znacznym zmianom, a kształty ząbków grzebykowych i ich długość stosunkowa – są tak niestałe że ani jeden ani drugi charakter za cechy gatunkowe użyte być nie mogą, jakkolwiek one dotąd za takie uchodziły" [11, с. 141–142].

Проведені Б. Дибовським дослідження дали можливість, зокрема, виділити у роді *Daphnia* підрід *Ctenodaphnia*, який є валідним і сьогодні часто привертає увагу дослідників. Зокрема, вказується на той факт, що рід *Daphnia* O.F. Müller, 1785 (*Cladocera*: *Daphniidae*) є дуже важливою моделлю в еволюційних дослідженнях біологів. Попередні морфологічні та генетичні дані свідчать про те, що в підроді *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) Dybowski & Grochowski, 1895, є низка таксонів, які

ще не описані. Сьогодні таксономія групи *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) Dybowski & Grochowski (1895) вивчається з використанням морфологічних та генетичних досліджень [1; 21; 24].

Головні висновки. Галицька крайова виставка у Львові 1894 р. відіграла вагому роль у популяризації природничих досліджень, що проводилися науковцями того часу. Вона продемонструвала тогочасні культурні та цивілізаційні здобутки. Колекція *Cladocera*, експонована видатним польським дослідником Б. Дибовським, на цьому представницькому форумі включала 117 таксонів. Родина *Daphniidae* включала 45 таксонів, що об'єднані у 8 родів: *Ceriodaphnia*, *Ctenodaphnia*, *Daphnia*, *Hyalodaphnia*, *Leiodaphnia*, *Moina*, *Scapholeberis*, *Simocephalus.* Найбільш чисельним є рід *Ceriodaphnia* (13 таксонів). Найменшою різноманітністю представлені роди *Hyalodaphnia*, *Daphnia* (по два таксони у кожному роді) і *Moina* (три таксони). Три роди включають по сім таксонів (*Ctenodaphnia*, *Leiodaphnia*, *Scapholeberis*). У роді *Simocephalus* – п'ять таксонів.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати робіт Б. Дибовського по вивченню *Cladocera*, які були експоновані на Галицькій крайовій виставці у Львові 1894 р., і сьогодні привертають увагу багатьох кладоцерологів. Вони є вагомим підґрунтям сучасних морфо-екологічних і таксономічних досліджень цієї групи ракоподібних, аналітичних підходів до вивчення кладоцероценозів заходу України [1; 2; 3; 4; 5; 6; 16; 17; 19; 20; 21; 22; 24]. Колекція гіллястовусих раків Б. Дибовського і М. Гроховського зберігається у фондах Зоологічного музею ЛНУ ім. І. Франка. Вона представляє значну історичну цінність, має важливе науково-прикладне значення в сучасних таксономічних і гідроекологічних роботах та потребує подальшого опрацювання з використанням новітніх методичних підходів.

Література

1. Іванець О.Р. Еколого-морфологічна характеристика роду *Daphnia* O.F. Müller, 1785 (*Crustacea, Cladocera*) Українського Розточчя. *Біологічні студії. Studia Biologica*. 2014. Т. 8. № 2. С. 169–186.
2. Іванець О.Р. Гіллястовусі раки (*Cladocera*: *Daphniidae*, *Chydoridae*) Українського Розточчя: порівняльна характеристика. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Біологія»*, вип. 29, 2017. С. 159–166.
3. Іванець О.Р. Гідроекологічні та кладоцерологічні дослідження професора Бенедикта Дибовського в парадигмі євроінтеграційних процесів України. *Екологічні науки*, № 22. 2018а. С. 164–167.
4. Іванець О.Р. Таксономічна структура кладоцероценозів Галичини та прилеглих теренів за матеріалами досліджень професора Бенедикта Дибовського. *Екологічні науки*, № 23. 2018б. С. 96–100.
5. Іванець О.Р. Гідробіологічні дослідження Бенедикта Дибовського на теренах Галичини. Професор Бенедикт Дибовський – визначний дослідник спільної природної спадщини Польщі, Білорусі та України**.** Львів : Компанія «Імперіал», 2018в. С. 134–147.
6. Іванець О.Р. Гіллястовусі раки (*Cladocera*) Пелчинського ставу у дослідженнях Бенедикта Дибовського. Мат-ли наук. конфер. «Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій», 13–16 вересня 2018 р., Шацьк. Львів : СПОЛОМ, 2018 г. С. 57–59.
7. Сулим Б.В. Феномен Крайової виставки 1894 року у Галичині. Історичний огляд. Львів : Поллі. 2007. 208 с.
8. Чорновол І.П. Галицька крайова виставка 1894. Енциклопедія історії України. Т. 2. Київ : Наук. думка. 2004. С. 28–29.
9. Brzęk G. Benedykt Dybowski. Życie i dzieło. Wydanie II. Uzupełnione i rozszerzone, Warszawa ; Wrocław : Polskie Towarzystwo Ludoznawcze. (Biblioteka Zesłańca), 1994. 398 s.
10. Dybowski B., Grochowski M. O Lynceidach czyli Tonewkach fauny krajowej, "Kosmos", XIX, Lwów, 1894. S. 376–383.
11. Dybowski B., Grochowski M. Spis systematyczny Wioślarek (*Cladocera*) krajowych sporządzony na podstawie okazów i preparatów, które oddane były na naszą tegoroczną Wystawę krajową we Lwowie, "Kosmos", XX, Lwów, 1895. S. 139–165.
12. Dybowski B., Grochowski M. O czułkach drugiej pary u Tonewek (*Lynceidae*) i Eminków (*Eurycercidae*), "Kosmos", XXIII, Lwów, 1898a. S. 25–73.
13. Dybowski B., Grochowski M. Odnoza u wioślarek (*Cladocera*). *Cz. I*, "Kosmos", XXIII, Lwów, 1898 б. S. 287–314.
14. Dybowski B., Grochowski M. Odnoza u wioślarek (*Cladocera*). *Cz. II*, "Kosmos", XXIII, Lwów, 1898 в. S. 425–444.
15. Dybowski B., Grochowski M. Odnoza u wioślarek (*Cladocera*). *Cz. III*, "Kosmos", XXIII, Lwów, 1898 г. S. 523–544.
16. Ivanets O.R. Patterns of taxonomic structure and ecomorphology *Chydoridae*, Dybowski & Grochowski, 1894 (*Cladocera*: *Anomopoda*) of the Ukrainian Roztocze and its surroundings. Scientific achievements of countries of Europe in the field of natural sciences: Collective monograph. Sandomierz, Poland. Riga : Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2018a. P. 1–16.
17. Ivanets O.R. The fauna of *Rotatoria* and microcrustaceans (*Cladocera*, *Copepoda*) of the Ukrainian Roztocze and its surroundings. Development of natural sciences in countries of the European Union taking into account the challenges of XXI century: Collective monograph. Lublin : Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2018б. P. 183–196.
18. Katalog Powszechnej Wystawy Krajowej we Lwowie w roku 1894 pod protektoratem najmiłościwszego cesarza i króla Franciszka Józefa I. Lwów, 1894. Z drukarni i litografii Pillera i Spółki. 258 s.
19. Kotov A.A. Notes on *Aloninae* Dybowski & Grochowski, 1894 emend. Frey, 1967 (*Cladocera*: *Anomopoda*: *Chydoridae*): 1. Translocation of *Alona incredibilis* Smirnov, 1984 to the genus *Nicsmirnovius* Chiambeng & Dumont, 1999, "Arthropoda Selecta", 3–4, 12 (2003). P. 167–170.
20. Kotov A. A. Notes on *Aloninae* Dybowski & Grochowski, 1894 emend. Frey, 1967 (*Cladocera*: *Anomopoda*: *Chydoridae*): 4. On the phylogeny of four gener, "Arthropoda Selecta", 4, 13 (2004). P. 181–191.
21. Kotov A.A., Wappler T. Findings of *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) Dybowski et Grochowski (*Branchiopoda*: *Cladocera*) in Cenozoic volcanogenic lakes in Germany, with discussion of their indicator value. Palaeontologia Electronica. 2015, 18.2.40A. P. 1–9.

22. Kovalchuk A.A., Ivanets *O.R.* The impact of damming and water poundage on the formation and structure of zooplanktocoenoses in the conditions of rivers in the Ukrainian Roztocze (the "outer" or "chunk" Carpathians). Issues and challenges of small hydropower development in the Carpathians region (hydrology, hydrochemistry, and hydrobiology of watercourses): Collective monograph. Uzhgorod; L'viv; Kyiv: Biological Faculty of L'viv National University & Hydroecological society "Uzh", 2016. P. 138–151.
23. Kuczyński A. Benedykt Dybowski – badacz "Świętego Morza" i nie tylko, [wywiad E. Skrobockiego z A. Kuczyńskim], "Magazyn Polski" (Grodno), 1998, 1. S. 6–11.
24. Popova E.V., Petrusek A., Kořinek V., Mergeay J., Bekker E.I., Karabanov D.P., Galimov Y.R., Neretina T.V., Taylor D.J., Kotov A.A. Revision of the Old World *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) *similis* group (*Cladocera*: *Daphniidae*). Zootaxa 4161(1). Magnolia Press. 2016. P. 1–40.
25. Powszechna Wystawa Krajowa we Lwowie 1894. Panorama Powszechnej Wystawy Krajowej we Lwowie. Fotografia archiwalna, 1 fot. (1040 x 110 mm). Panorama Edward Trzemeski. Lwów, 1894.

УДК 582.099:581.5 (477-47)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-19

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ДИНАМІКА РОДИНИ АЙСТРОВИХ У ФЛОРІ МІСТА ОДЕСИ ЗА 100 РОКІВ

Васильєва Т.В., Немерцалов В.В., Коваленко С.Г.
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, 65082, Одеса
tvas@ukr.net

Проаналізовано тенденції у зміні флори міста Одеси, які відбулися за 100 років. Основою для порівняльної характеристики та визначення динаміки родини Asteraceae був визначник рослин міста Одеси, складений П.С. Шестеріковим. Сучасні дані наведені за Конспектом флори Одеси. У сучасній флорі міста Одеси родина Айстрові представлена 219 видами з 80 родів. Сто років тому до її складу входили 117 видів з 44 родів. Життєвими формами представників родини Айстрових у флорі м. Одеси є трав'янисті рослини різного терміну життя та вегетації: кількість полікарпіків переважає над кількістю монокарпіків. Аналіз гігроморф досліджених рослин підтвердив висловлену нами думку про те, що одним з процесів, що проходять у флорі міст півдня, є їхня мезофітизація у порівнянні з природною регіональною флорою. Серед дослідженої групи рослин кількість мезофітів майже у 1,5 рази більша за ксерофіти. Аналіз геліоморф показав переважання геліофітів. Одеса є портовим містом. Тому з цим пов'язані проблеми з інвазіями та потраплянням у її флору неаборигенних видів. За хронотипом серед них переважають кенофіти, їх 65 видів. 100 років тому кенофітів та археофітів було нарівно (по 14 видів). Аналіз походження адвентивних рослин родини Айстрових у флорі м. Одеси показав, що домінують вихідці з Америки (переважно Північної) – 34 види, 26 видів з яких з'явилися в останні 100 років. Це пов'язано із спонтанним потраплянням небезпечних бур'янів з цієї родини та інтродукцією декоративних рослин. Європейськими є 9 видів, зафіксовані протягом 100 років – 7, з Азії – 10 та 7, із Середземномор'я – 23 та 8 видів відповідно. Вихідці з Африки та ендемічні види з'явились у флорі внаслідок інтродукції. *Ключові слова*: Asteraceae, флора Одеси, екобіоморфи, життєві форми, адвентивні види, флорогенетичний аналіз, динаміка флори.

Environmemtal features and dynamics of the Asteraceae in the flora of Odesa' city for 100 years. Vasylyeva T.V., Nemertsalov V.V., Kovalenko S.G. It was analyzed the tendencies in changing of Odesa city' flora, which were during 100 years. The basis for comparison characteristic and indication the dynamics of Asteraceae was first in the South of Russia city' plant determinant, which was prepared by P.S. Shesterikov. Modern data were taken from Synopsis of Odesa' flora. In modern flora of Odesa city, there are 219 species from 80 genus in Asteraceae. One hundred years ago, this family has 117 species from 44 genus. Life' forms of this family specimens in Odesa' flora are herbaceous plants with different duration of life and vegetation: quantity of polycarpic is more than monocarpic. Analysis of higromorphs of investigated plants confirmed our opinion, that one from processes, which take place in flora of south cities, is their mesofitisation in comparison with natural regional flora. In investigated group of plants quantity of mesophites approximately in 1,5 time more then xerophytes. Heliomorph' analysis shows prevalence the heliophytes. Odesa is the seaport. It is the base of problems with invasion and appearing in its flora alien species. For chronotype between them are more kenophytes (65 species). 100 years ago kenophytes and archaeophytes were equally (14 species). Analysis of alien plants' origin from Asteraceae in Odesa' flora indicated that prevailed plants from America (mainly North) – 34 species. 26 from them appeared in last 100 years. It is connected with spontaneous appearing seeds from this family and introduction of decorative plants. From Europe, there are nine species (during last 100 years – 7), from Mediterranean -23 and 8 accordingly. Plants from Africa and endemic species appeared in flora because of introduction. *Key words:* Asteraceae, Odesa' flora, ecobiomorphs, life forms, alien species, florogenetical analysis, flora'dynamics.

Постановка проблеми. Флора міст є досить складним комплексом, який формується під впливом природних, історичних та антропогенних факторів. Дослідження результатів цього впливу дає змогу констатувати певні зміни та прогнозувати їх розвиток. Вивченню флори 54 європейських міст, характеристиці та аналізу її окремих складових присвячена робота, зокрема П. Пишека [1].

Одеса як місто з'явилась на мапі у вересні 1794 р. Протягом багатьох століть до цього тут жили кочові та осілі народи – сусіди предків слов'ян, існували давньогрецькі поселення, потім будували фортецю литовці, захоплювали цю територію Кримське ханство та турки [2]. Заснування міста супроводжувалося будівництвом порту. Завдяки торговельним зв'язкам, експорту зерна в інші країни, а також промисловому розвитку регіону в кінці XIX ст., будівництву залізниці, територія міста стрімко зростала. З іншого боку у цей же час більш активно стали використовувати рекреаційний потенціал курортної зони узбережжя Чорного моря та прилеглих лиманів [3]. В таких умовах формувалася флора міста. Її досліджували різні вчені, аналізуючи певні групи рослин за життєвою формою, походженням, систематичним складом тощо [4-9].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Айстрові мають велике практичне значення для людини: це овочеві та олійні культури, прянощі і спеції, рослини, що широко використовують у медицині, поширені

як декоративні рослини. Представники цієї родини розповсюджені по всій земній кулі, на територіях, де можуть існувати рослини. Родина Айстрові за різними оцінками налічує від 135 до 146 родів та від 1900 до 2271 видів. Серед представників родини багато бур'янів, деякі з них є карантинними рослинами [10].

В Україні зростає близько 700 видів, що належать до 121 роду [11]. Майже всі Айстрові у флорі України за життєвою формою – це трав'янисті рослини, які мають різний термін життя. Життєва форма є адекватним вираженням умов життя організмів у певних умовах. Дослідження життєвих форм сприяє більш глибокому розумінню динаміки розвитку рослинних угруповань та їх взаємозв'язку з навколишнім середовищем [12].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою наших досліджень було визначити тенденції у зміні флори міста, які відбулися за 100 років. За модельну була обрана родина Айстрові. Основою для порівняльної характеристики та визначення динаміки родини Айстрових був перший на півдні тодішньої Росії визначник рослин міста, складений П.С. Шестеріковим та виданий у 1912 р [4]. Сучасні дані наведені за Конспектом флори Одеси [9].

Були поставлені наступні завдання: описати зміни видового складу рослин цієї родини, їх життєві форми, екобіоморфи, провести флорогенетичний аналіз адвентивних рослин та визначити їх хронотип, з'ясувати «портрет» рослини-прибульця, найбільш характерної для існування в умовах міста.

Методика. Встановлення життєвих форм рослин проводили за методикою К. Раункієра [13] та І.Г. Серебрякова [14; 15].

Класифікація життєвих форм рослин, розроблена в 1962–1964 рр. І.Г. Серебряковим, на сьогоднішній день вважається найбільш повною та точною. При її створенні вчений брав до уваги особливості кліматичної зони і умов зростання, а також будову вегетативних та генеративних органів. Ним було виділено чотири основних відділи, кожен з яких включає власні типи. Рослини, які ми досліджували, відносяться до відділу В: Наземні трави. І.Г. Серебряковим виділено два типи:

Полікарпічні трави – трав'янисті багаторічні рослини, цвітіння яких можна спостерігати щороку, іноді навіть кілька разів на рік.

Монокарпічні трави – рослини, що можуть жити від одного до декількох років, однак, цвітіння відбувається лише один раз за період розвитку рослини, після чого організм відмирає.

Нами була виділена група «вимушені однорічники». Це рослини, які на батьківщині є полікарпічними, але в умовах Одеси не переживають зиму [5].

Визначення досліджених рослин проводилося за Визначником вищих рослин України [11], уточнення їх видової назви – за Mosyakin & Fedoronchuk [16].

Екологічна неоднорідність видів рослин, які утворюють фітоценози, обумовлює їх морфологічні відмінності. Серед екобіоморф ми розрізняли геліоморфи та гігроморфи. Під геліоморфою ми розуміємо ставлення рослин до умов освітлення. Нами виділені такі групи: геліофіти (світлолюбні рослини), сціофіти (тіньовитривалі рослини), геліосціофіти (тіньовитривалі рослини, які можуть рости і в умовах освітлення), сціогеліофіти (рослини, котрі тяжіють до повністю відкритих місць, але можуть рости при невеличкому затіненні) [17; 18].

Гігроморфи характеризують відношення організмів до режиму зволоження ґрунту. Серед них розрізняють: гігрофіти (рослини, що мешкають у воді), мезогігрофіти (водні рослини, які можуть жити за умов меншого зволоження), гігромезофіти (рослини середньовологих місцезростань, які можуть витримувати надмірне зволоження), мезофіти (рослини, котрі живуть у місцях з середнім ступенем зволоження ґрунту), ксеромезофіти (мезофіти, які за своїми ознаками тяжіють до ксерофітів), мезоксерофіти (рослини посушливих місцезростань, які можуть жити в умовах середнього зволоження), ксерофіти (рослини сухих місцезростань, які живуть в умовах недостатнього зволоження) [17; 18].

Екологічні особливості, пов'язані з розподілом знайдених видів відповідно до їх відношення до умов освітлення та зволоження, проводили відповідно до «Екофлори України» [19].

Виявлення синантропних видів рослин, розподіл їх на апофітну та адвентивну фракції, а також встановлення хронотипу видів останньої фракції виконано відповідно до положень, висловлених В.В. Протопоповою [20; 21]. Хронотип – це час потрапляння адвентивного виду на певну територію. Розрізняли археофіти – види, що потрапили до відкриття Америки, кенофіти – види, які з'явилися після відкриття Америки (після XVI ст.). Флорогенетичний аналіз проведено за [22; 23].

Новизна. Аналіз рослин родини Айстрових, які потрапили у флору м. Одеси за останні 100 років у зв'язку зі змінами довкілля, наведено вперше.

Виклад основного матеріалу. У сучасній флорі міста Одеси родина Айстрові представлена 219 видами з 80 родів. Сто років тому до складу родини входили 117 видів з 44 родів, з яких у сучасній флорі міста відсутні *Centaurea ovina* Pall.& Willd., *C. salonitana* Vis., *Inula germanica* L., *Onopordum tauricum* Willd., *Scorzonera stricta* Hornem.

Найбільшими є роди *Centaurea* (було 15 в., стало 17), *Artemisia* (відповідно 8 та 9 в.), *Cirsium* (4 та 9 в.), *Inula* (7 та 8 в.), *Scorzonera* (3 та 7 в.). Лише в останньому сторіччі з'явились представники таких родів як *Aster, Pilosella* (по 4 в.), *Ambrosia, Cosmos, Galinsoga, Ptarmica, Symphyotrichum* (по 2 в.), *Acroptilon, Ageratum, Antennaria, Brachyactis, Callistephus, Conyza, Crupina, Dendranthema, Dimorphotheca, Doronicum, Echinacea, Eupatorium, Filago,*

Gazania, Grindelia, Iva, Lapsana, Lepidotheca, Phalacroloma, Tussilago, Zinnia (по 1 в.).

Життєвими формами представників родини Айстрових у флорі м. Одеси є лише трав'янисті рослини різного терміну життя та вегетації (рис. 1).

Як видно з рис. 1, у сучасній флорі міста кількість полікарпіків переважає над кількістю монокарпіків. У той же час за останнє сторіччя було занесено більше монокарпіків, серед яких половина дво-багаторічників, більше половини однорічників, одно-багаторічників, усі дворічники та вимушені однорічники. Полікарпіки є найчисельнішим елементом дослідженої флори.

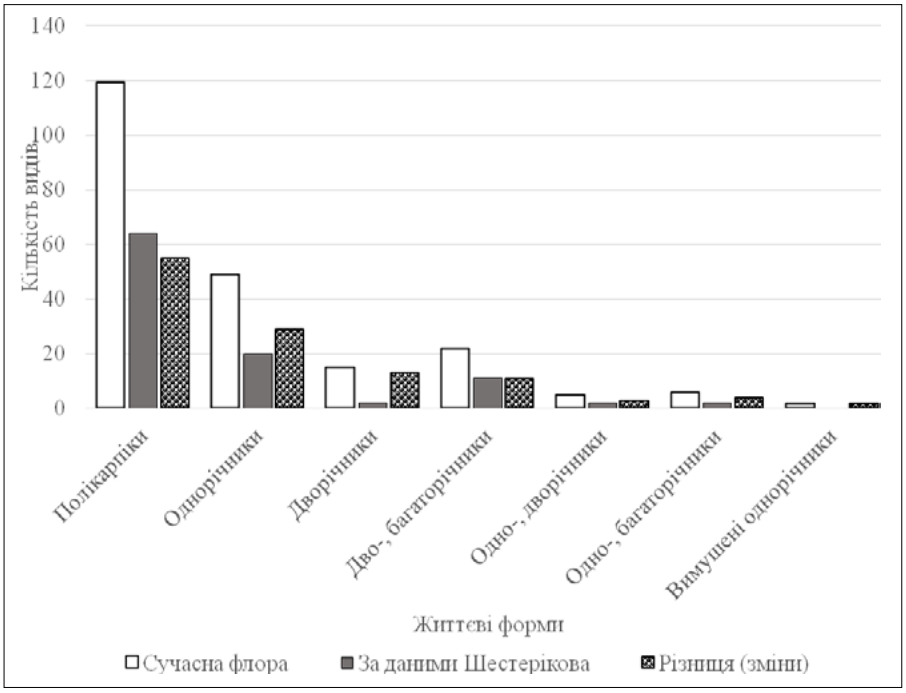


Рис. 1. Спектр життєвих форм представників родини Айстрових у флорі Одеси у динаміці

Якщо розглянути гігроморфи досліджених рослин (рис. 2, 3), виявиться підтвердження висловленої нами раніше думки про те, що одним з процесів, що проходять у флорі міст, особливо на півдні, є їхня мезофітизація у порівнянні з природною регіональною флорою [5].

Так, серед дослідженої групи рослин кількість мезофітів майже у 1,5 рази більша за ксерофіти. А серед видів, занесених за минулі сто років, кількість мезофітів у 1,8 разів більша за ксерофіти. Зрозуміло, що з-за особливостей клімату (місто розташоване у посушливій степовій зоні, на березі Чорного моря) кількість гігрофітів незначна

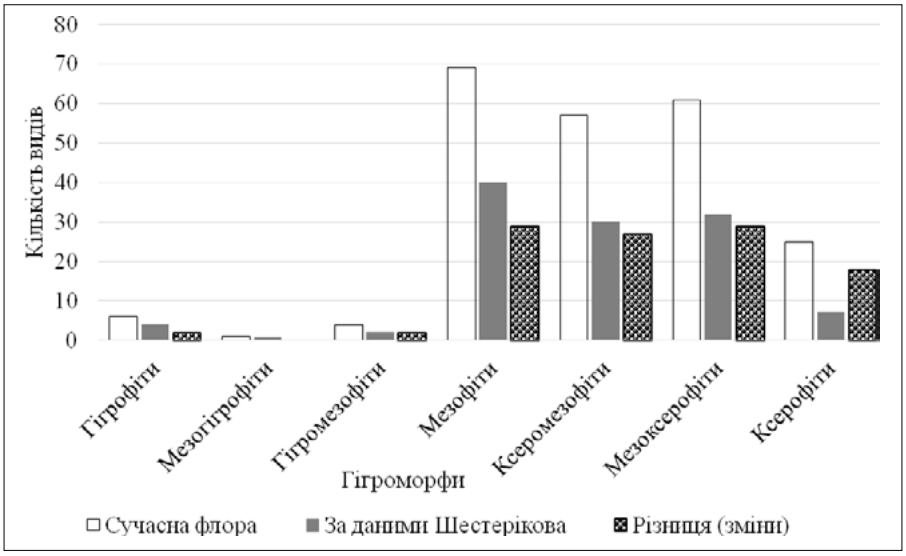


Рис. 2. Спектр гігроморф представників родини Айстрових у флорі Одеси

Аналіз геліоморф показав переважання геліофітів (рис. 4)

Як видно з рис. 4, серед Айстрових, досліджених у флорі Одеси, як 100 років тому, так і зараз, домінують геліофіти.

Флора міста є результатом співіснування рослин природної флори та адвентивних рослин, які з'явилися завдяки інтродукції чи несвідомому заносу, спонтанно. Одеса – є портовим містом. Тому проблеми, пов'язані з інвазіями та потраплянням у її флору неаборигенних видів, стоять дуже гостро. Аналіз досліджених рослин родини Айстрових за хронотипом представлений на рис. 5.

Як видно з рис. 5, у сучасній флорі в Айстрових переважають кенофіти, їх 65 видів. 100 років тому кенофітів та археофітів було нарівно (по 14 видів). В той же час, кенофіти складають основну частину новоприбульців. При цьому серед цієї групи рослин за способом натуралізації багато ергазіофітів та ефемерофітів. У апофітній фракції флори значну частину складають геміапофіти та випадкові апофіти, які в останнє сторіччя потрапляли у незначній кількості.

Аналіз походження адвентивних рослин родини Айстрових у флорі м. Одеси дозволив знайти таку закономірність (табл. 1).

Як видно з результатів, представлених у табл. 1, серед адвентивних рослин родини Айстрових домінують вихідці з Америки (переважно Північної),

більшість з яких з'явилась у останні 100 років. Так, у сучасній флорі адвентивних рослин Айстрових американського походження 34 види, 26 з них з'явилися протягом останніх 100 років. Ми пов'язуємо це із збільшенням спонтанного потрапляння таких небезпечних бур'янів з цієї родини у флору, як напри-

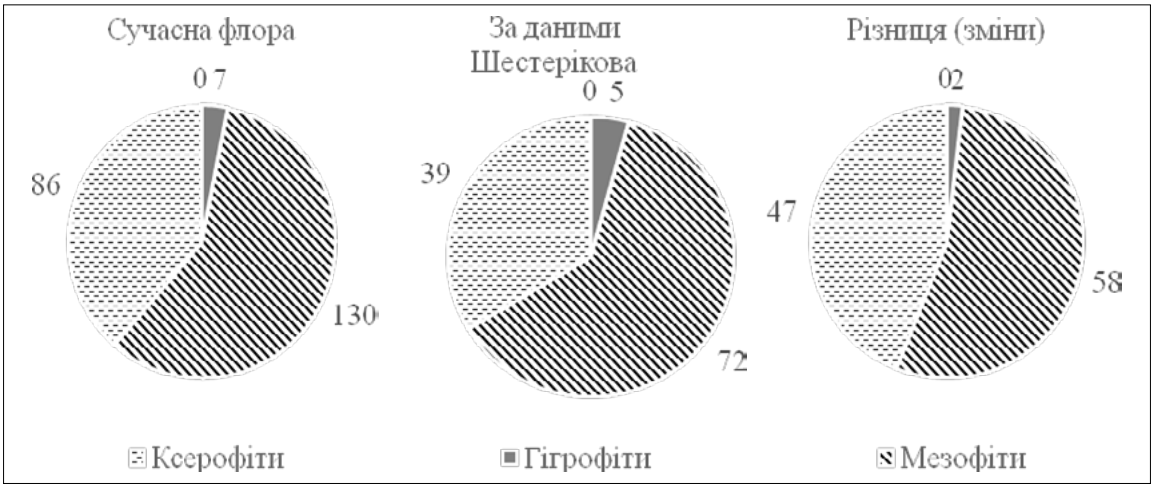


Рис. 3. Динаміка основних груп гігроморф родини Айстрових

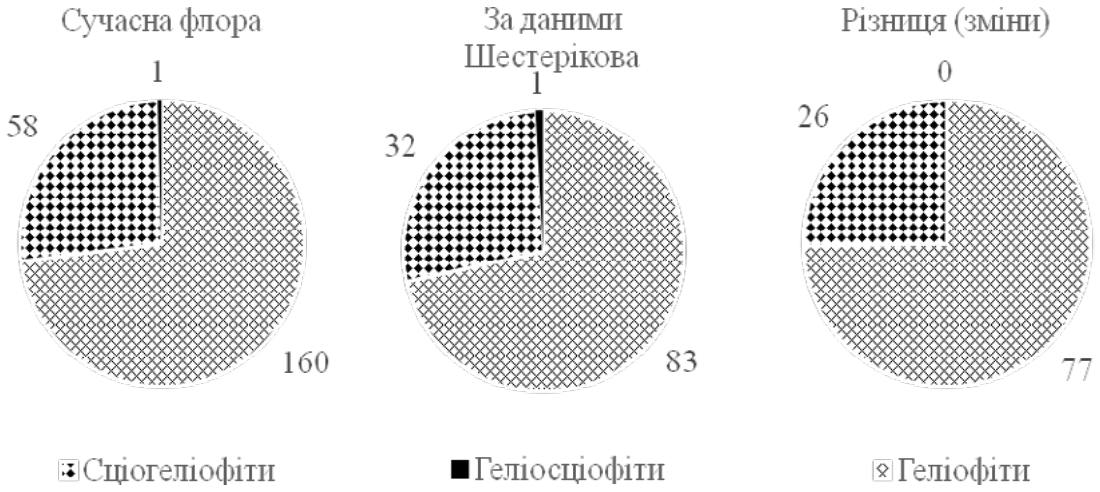


Рис. 4. Спектр геліоморф представників родини Айстрових у флорі Одеси

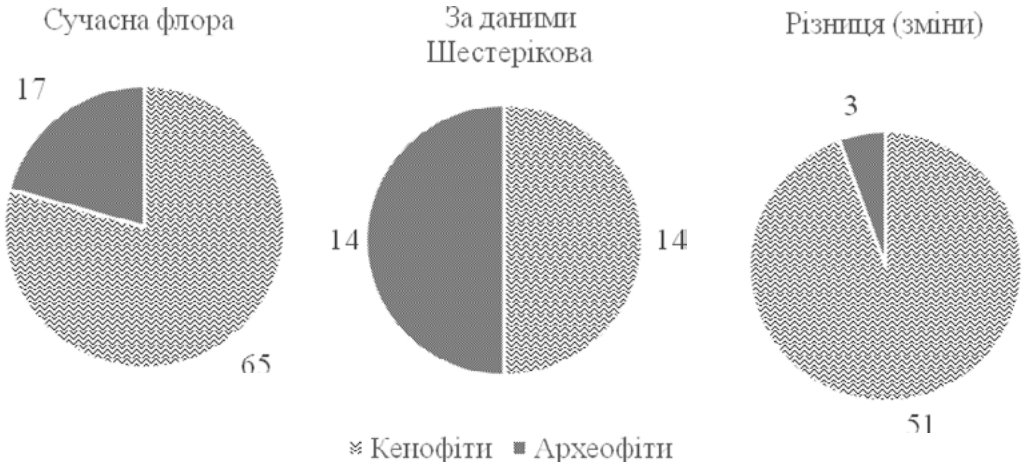


Рис. 5. Хронотип досліджених рослин родини Айстрові

Таблиця 1

Флорогенетичний спектр адвентивних рослин родини Айстрових у флорі м. Одеси

Батьківщина (ареал)	Флора	
	сучасна	занесена[1]
Північна Америка	22	17
Мексика	5	5
Центральна та Південна Америка	2	1
Південна Америка	3	1
Америка	1	1
Центральна Америка	1	-
Північна Америка та Східна Азія	1	1
Середземномор'я	16	6
Ірансько-Туранський	3	-
Середземноморсько-Ірансько-Туранський	2	1
Східносередземноморський та Західноєвропейський	1	1
Середземноморсько – західноєвропейсько – азійський	1	-
Балкансько-Малоазійський	1	-
Європа	1	1
Західна Європа	2	-
Західна Європа та Мала Азія	1	1
Середня Європа	1	1
Європа та Мала Азія	1	1
Кавказ та Південна Європа	1	1
Кавказ	2	2
Передня Азія	2	-
Східна Азія	1	1
Південна Азія	1	-
Азія	3	3
Сибір, Далекий Схід	1	1
Китай, Японія	2	2
Південна Африка	3	3
Північно-Західна Африка	1	1
Разом	82	52
Ендеміки		
Понтично-Каспійський ендемік	1	1
Ендемік Криму*	1	1

Примітки: [1] – за останні 100 років; Енд Криму (Шестеріков вказував – Anthemis cretaceae Zefir., у сучасній флорі – Tanacetun paczoskii (Zefir.) Tzvelev).*

клад, як *Iva xanthifolia* Nutt., Solidago *canadensis* L., та інтродукції декоративних рослин, таких як: *Symphyotrichum novae-angliae* (L.) G.L. Nesom, *S. novi-belgii* (L.) G.L. Nesom, а також численних сортів *Tagetes erecta* L., *T. patula* L., *T. tenuifolia* Cav.

Така ж закономірність характерна і для рослин, що потрапили з Європи (зараз 9 видів, потрапили протягом 100 років – 7) та Азії (10 та 7 відповідно). В той же час основна частина вихідців з Середземномор'я з'явилася у місті в перші сто років його існування. Серед сучасних Айстрових таких видів 23, 100 років тому їх було 15. Вихідці з Африки та ендемічні види потрапили до флори міста у XX ст. внаслідок інтродукції.

Таким чином, за останні більш ніж 100 років (з 1912 по 2019) у складі родини Asteraceae з'явились переважно рослини, які мають такий «портрет». Це полікарпіки, що належать за екобіоморфою до мезофітної та геліофітної фракцій флори. Серед видів адвентивної фракції за хронотипом переважають кенофіти, які є вихідцями з Американського континенту, в той час як 100 років тому більшість належала вихідцям з Середземномор'я.

Отримані результати можуть бути використані при моніторингу флори міста Одеси та окремих її екотопів. Ці дані можна використати для подальшого вдосконалення програм та проектів благоустрою міста, при підборі асортименту рослин, які можуть вирощуватися за міських умов, виявлення появи нових видів у флорі міста, оцінці їх екологічних потреб, моніторингу їх адаптації та натуралізації за умов міста Одеси.

Література

1. Pysek P. Alien and native species in Central European urban floras: a quantitative comparison. Journal of Biogeography. 1998. T. 25. 155-163.
2. Загоровский Е.А. Очерк истории Причерноморья. Одесса, 1922. 99 с.
3. Одеський регіон: передумови формування, структура та територіальна організація господарства /за ред. О.Г. Топчієва. Одеса: Астропринт, 2012. 336 с.
4. Шестериков П.С. Определитель растений окрестностей Одессы. Одесса: Коммерческая типография Б. Сапожникова, 1912. 540 с.
5. Васильева-Немерцалова Т.В. Синантропная флора припортовых городов Северо-Западного Причерноморья и пути ее развития: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.01. К., 1996. 270 с.
6. Немерцалов В.В. Конспект дендрофлори Одеси. Одеса: Альянс-Юг, 2007. 95 с.
7. Протопопова В.В., Шевера М.В., Мосякін С.Л., Соломаха В.А., Соломаха Т,Д., Васильєва Т.В., Петрик С.П. Види-трансформери у флорі північного Причорномор'я. Укр. ботан. журн. 2009. 66, № 6. С. 770-783.
8. Протопопова В.В., Шевера М.В., Мосякін С.Л., Соломаха В.А., Соломаха Т,Д., Васильєва Т.В., Петрик С.П. Інвазійний потенціал адвентивної фракції флори Причорномор'я. К. : Фітосоціоцентр, 2009. 60 с.
9. Васильєва Т.В., Немерцалов В.В., Коваленко С.Г. Конспект флори Одеси. Одеса: Освіта України, 2019. 396 с.
10. Кирпичников М.Э. Семейство сложноцветные (Asteraceae, или Compositae). Жизнь растений: в 6 т. Москва : Просвещение, 1981. Т. 5. Ч. 2: Цветковые растения. С. 462–476.
11. Определитель высших растений Украины. Киев : Фитосоциоцентр, 1999. 548 с.
12. Лаптєв О.О. Екологія рослин з основами біоценології. К. : Фітосоціоцентр, 2001. 144 с.
13. Raunkiær Ch. Types biologiques pour la géographie botanique Forhandlinger Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs, 1905. T. 5. P. 347 – 437.
14. Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / Полевая геоботаника. М.-Л. : Наука, 1964. Т. 3. С. 146-205.
15. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М.: Наука, 1962. 378 с.
16. Mosyakin S.L. Fedoronchuk M.M Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist / Ed. S.L. Mosyakin. Kiev, 1999. 345 p.
17. Горышина Т.К. Растение в городе. Л.: Изд. Лен. Ун-та, 1991. 152 с.
18. Горышина Т.К. Экология растений. М.: Высш. школа, 1979. 368 с.
19. Екофлора України. Т.1. відпов. ред. Я.П. Дідух. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. 284 с.
20. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути её развития. К.: Наук. думка, 1991. 192 с.
21. Протопопова В.В., Шевера М.В., Мосякін С.Л., Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. К.: Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 2002. 32 с.
22. Тахтаджян А.Л. Флористические области земного шара. Л. : Наука, 1987. 240 с.
23. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л. : Изд. ЛГУ, 1977. 240 с.

УДК 594:575:2
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-20

МІНЛИВІСТЬ ЗАБАРВЛЕННЯ І РОЗМІРІВ РАВЛИКА СТЕПОВОГО ПЛЯМИСТОГО (XEROPICTA DERBENTINA) В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОМУ ПРИАЗОВ'Ї

Генсицький М.В., Кошелєв О.І.
Мелитопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького
maksym_hensytskyi@mdpu.org.ua, akoshelev4966@gmail.com

Вивчено структуру мінливості метричних конхологічних параметрів і забарвлення 4 вибірок наземного черевоногого молюска Xeropicta derbentina, що населяють урбанізовані і не урбанізовані біотопи північно-західного Приазов'я. Всього проаналізовано 404 раковини. В середньому, об'єм кожної з вибірок становив близько 100 равликів або їх раковин. Xeropicta derbentina демонструє значну мінливість морфометричних ознак в різних частинах ареалу. Бралися значення великого діаметра (ВД), малого діаметра (МД), висоти раковини (ВР), висоти устя (ВУ), ширини устя (ШУ). Прораховано парні коефіцієнти параметричної кореляції вищезгаданих метричних параметрів. Обчислювали площу устя, а для оцінки загальних розмірів раковини, незалежно від її форми використовували умовний об'єм раковини, а також індекси ШУ/ВУ, ВР/ВД, V/S. Консервативність деяких конхіометрічних ознак, які характеризують форму раковини і устя носять видоспецифічний характер. Також фіксувалася забарвлення раковин, але з огляду на те, що врахувати всі наявні у виду варіанти досить складно, ми користувалися спрощеною схемою кодування, обмеживши фіксацією лише загального числа смуг. Розділяти раковини за інтенсивністю забарвлення через невисокий ступінь варіабельності даного параметра ми не стали. У вибірці №1 повністю були відсутні особини без смуг на раковині. У вибірках № 3-4 їх кількість значно менша, і тільки в вибірці № 2 їх масова частка становила близько 10%. Кількість раковин, на яких було 1-2 смуги було незначним. Домінуючими були раковини молюсків, на яких було зафіксовано 3-5 смуг. Найбільший розмір по всіх параметрах мають молюски з вибірки № 1. Найбільша варіабельність всіх показників раковини молюска спостерігається у вибірці № 4, відповідно до отриманих даних. (Коефіцієнт варіації (Cv) по 4 параметрам більше 10), а найменша мінливість виявлена у вибірці № 3 (Cv всіма параметрами менше 10). За всіма вибірках параметр ВД – має найнижчий рівень варіативності в порівнянні з усіма показниками 4 вибірок. Встановлено достовірну корелятивну залежність між усіма метричними показниками раковини. *Ключові слова:* наземні молюски, Xeropicta derbentina, конхологічна мінливість, фенетична мінливість.

Variability of color and size of the xeropicta derbentina in the northwestern Azov. Gensytskyy M.V., Koshelev O.I. The structure of the variability of metric confidential parameters and coloring of 4 samples of terrestrial gastropod mollusk Xeropicta derbentina, inhabited by urbanized and non-urbanized biotopes of the northwestern of the Sea of Azov, was studied. 404 shells were analized in total. On average, the volume of each of the samples was about 100 snails or their shells. Xeropicta derbentina shows a significant variability of morphometric characteristics in different parts of the range. The values of large diameter (LD), small diameter (SD), shell height (SH), mouth height (MH), mouth width (MW) are taken. Paired coefficients of the parametric correlation of the above metric parameters are calculated. The area of the mouth was calculated, and for the estimation of the shell total sizes, regardless of its form, the conditional shell volume, as well as the indices MW/MH, SH/LD, V/S were used. The conservatism of some coniometric features that characterize the shell shape and mouth has specific nature. Also the shells color was fixed, but it was difficult to take into account all the variants present in nature, so we used the simplified coding scheme, limited in fixing only the total number of stripes. We did not divide the shells by the color intensity because of the low degree of variability of this parameter. There were no individuals without stripes on the shell in sample number 1. Their number is much smaller in samples 3-4 and only in the sample number 2 their mass fraction was about 10%. The insignificant number of shells had 1-2 stripes. The dominant ones were shells of mollusks with 3-5 stripes. The largest size for all parameters had mollusks from sample number. 1. According to the data, the greatest variability of all indicators of shells is observed in sample number 4. (The coefficient of variation (CV) for 4 parameters is more than 10), and the smallest variability was found in sample number 3 (CV with all parameters less than 10). In all the samples, the LD-parameter has the lowest variation level compared to all 4 samples. A reliable correlation between all shell metric indicators is established. *Key words:* terrestrial mollusks, Xeropicta derbentina, tactile variability, phenotypic variability.

Постановка проблеми. Мінливість є матеріалом для мікроеволюції, особливо на доступних масових видах з коротким періодом життя. Важливе значення має вивчення біорізноманіття і стану оточуючого середовища.

Актуальність дослідження. До останнього часу даний вид вивчався не по всій території ареалу. Наш регіон отримує істотне антропогенне навантаження, включаючи істотне антропогенне навантаження.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Робота виконана в рамках державної бюджетної науково-дослідної роботи «Дослідження впливу твердих побутових відходів на навколишнє середовище м. Мелітополя і розробки системи їх роздільного збору та утилізації (2016-2018 рр.)».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основою для даної роботи є труди Гураль-Сверлової

Н.В., Балашова І.О. і Хлус Л.Н. (Хлус 2010, Гураль-Сверлова 2006, Балашов 2016).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. До цілі моніторингу стану навколишнього середовища в якості зручного об'єкту використовуються наземні молюски. Перш за все мінливість розмірів і забарвлення, а також хімічний склад раковини. До останнього часу мало уваги приділялося мінливості забарвлення раковини . Даний показник також може використовуватися для цілей біомоніторингу.

Новизна. Вперше на серійному матеріалі було вивчено розмах індивідуальної і групової мінливості раковин Xeropicta derbentina в умовах північно-західного Приазов'я.

Методологічне або загальнонаукове значення. На основі серійних зборі раковин можна проводити біоіндикацію навколишнього середовища.

Xeropicta derbentina – степовий вид, населяє відкриті сухі біотопи. Мешкає великими колоніями. Часто утворює великі скупчення («грона») на трав'янистих насадженнях (Гураль-Сверлова 2012). Чисельність популяцій залежить від чинників довкілля. Є типовим видом для північно-західного Приазов'я. Раковини можуть мати різну кількість смуг, або бути знебарвленими, що є зручним для фенетичного аналізу. Характер і інтенсивність забарвлення часто носять адаптивний характер і є показником адаптації до умов проживання. Як біотопічних, так і ландшафтно-кліматичних умов. Також адаптації до вищевказаних чинників можуть формуватися на рівні конхологічних ознак (Сверлова 2006). Раковини *Xeropicta derbentina* характеризуються високою мінливістю забарвлення, від білого безбарвного, до покритого різною кількістю темних плям і смуг різної інтенсивності. У наземних молюсків елементарна система забарвлення раковини (наявність – відсутність смуг) вважається однією з найбільш зручних для фенетичного аналізу. (Хохуткин 1997).

Основна мета роботи – вивчення конхологічних ознак *Xeropicta* в міських та природних біотопах. Матеріалами публікації послужили збори наземного молюска, проведені в 4 точках. (В 2 точках на території м Мелітополь і 2 точках в регіоні). В середньому, обсяг кожної з вибірок становив близько 100 равликів або їх раковин. Всього проаналізовано 404 раковини. Видову приналежність зібраних особин встановлювали за конхологічними ознаками за допомогою еталонної колекції, наданою Н.В. Гураль-Сверловою, а також по визначникам (Лихарев 1952, Шилейко 1978, Гураль-Сверлова 2012). Раковини молюсків проміряти штангенциркулем (точність до 0,01 мм) за загальноприйнятою схемою (Лихарев 1952). Бралися значення великого діаметра (ВД), малого діаметра (МД), висоти раковини (ВР), висоти устя (ВУ), ширини устя (ШУ). Прорахували парні коефіцієнти параметричної кореляції вищезгаданих метричних параметрів (Лакин, 1990). Обчислювали площу устя (S = (3.145×ВУ×ШУ)/4), а для оцінки загальних розмірів раковини, незалежно від її форми використовували умовний об'єм раковини, обчислений за формулою ($V = (ВД^2×ВР)/2$), а також індекси ШУ/ВУ, ВР/ВД, V/S (Ліхарев 1952, Гураль-Сверлова 2012).

Також фіксувалося забарвлення раковин, але з огляду на те, що врахувати всі наявні у виду варіанти досить складно, ми користувалися спрощеною схемою кодування, обмежившись вказівкою лише загального числа смуг. Розділяти раковини за інтенсивністю забарвлення через невисокий ступінь варіабельності цього параметра автор не став. Для перевірки статистичної значущості відмінностей між групами застосовували однофакторний дисперсійний аналіз. Статистична обробка отриманих даних проводилася в програмах MS Excel і Statsoft STATISTICA.

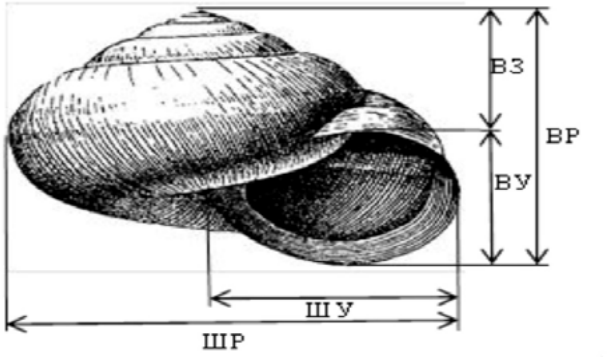


Рис. 1. Схема промірів раковини X. derbentina

Матеріалами для статті слугували збори наземного молюска, проведені в 4 локальних точках міста Мелітополя і в регіоні.

Перша точка. м. Мелітополь, берег о. Гарячка, рослинність трав'яниста, поодинокі дерева.

Друга точка. м. Мелітополь, Піщанська балка, в р-ні струмка Піщаного. Пустир з рідкісною рудеральними рослинністю.

Третя точка. Берег р. Малий Утлюк в районі с. Давидівка Якимівського р-ну. Рослинність трав'яниста.

Четверта точка. Дамба біля с. Атманай. Грунт кам'янистий, рослинність трав'яниста, рідкісна.

Таким чином всього було вивчено 404 екземпляра раковин з 4 вибірок.

Розподіл раковин за забарвленням, а саме за кількістю смуг виявилося неоднаковим в різних вибірках (табл. 1). У вибірці № 1 повністю були відсутні особини без смуг. У вибірках № 3-4 їх кількість значно менше, і тільки в вибірці № 2 їх масова частка становила близько 10%. Кількість раковин, на яких було 1-2 смуги було незначним. Домінуючими були раковини молюсків, на яких було зафіксовано 3-5 смуг.

Значення морфометричних показників раковин в досліджуваних угрупованнях представлені

Рис. 2. Карта розташування точок збору молюсків в регіоні (зліва) і на території міста (справа)

в (табл. 2). Отримані результати демонструють, що в різних біотопах метричні значення варіюють. Параметри раковин наземних молюсків можуть визначатися характером середовища існування. Мінливість морфометричних ознак наземних молюсків може мати географічну спрямованість. Останнє обумовлено кліматичними умовами різних зон регіону. Відмінності за метричними параметрами ймовірно є слідством впливу умов проживання (Хлус. 2010 2013). Збільшення мінливості багатьох параметрів говорить про нестабільність умов існування популяції.

Найбільший розмір по всіх параметрах мають молюски з вибірки №1. Таке варіювання ознак говорить, що тварини, які мають більші раковини знаходяться в більш сприятливих умовах (Хлус 2009). Щоб порівнювати мінливість раковини *X. derbentina*, нами був обчислений коефіцієнт варіації. Найбільша варіабельність всіх показників раковини молюска спостерігається у вибірці №4, відповідно до отриманих даних. (Cv по 4 параметрам більше 10), а найменша мінливість виявлена у вибірці № 3 (Cv всіма параметрами менше 10). За всіма вибірках параметр БД має найнижчий рівень варіативності в порівнянні з усіма показниками 4 вибірок.

Цю змінюваність параметрів можна пояснити тим, що умови навколишнього природного середовища змушують тварин пристосовуватися до них, а разом з цим відбуваються зміни параметрів раковини. Отже, чим різноманітніше середовище прожи-

Таблиця 1

Розподіл раковин *Xeropicta derbentina* за кількістю смуг на раковині

Номер вибірки	Кількість смуг											
	0		1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1	0	0	2	2	12	12	29	29	37	37	20	20
2	11	10,37	10	9,43	8	7,54	16	15,09	29	27,35	32	30,18
3	2	1,69	3	2,54	10	8,47	23	19,49	39	33,05	41	34,75
4	2	2,5	13	16,25	9	11,25	16	20	25	31,25	15	18,75

Таблиця 2

Розмірна характеристика раковин молюсків *Xeropicta derbentina*

Параметр	min, мм	X±Sx, мм	max, мм	σ	Cv
Вибірка № 1 N=100					
ВД	11,9	15,1±0,125	18,22	1,25	8,28
МД	10,57	12,98±0,109	15,64	1,093	8,43
ВР	7,69	9,64±0,107	12,67	1,072	11,12
ВУ	4,43	5,63±0,061	7,35	0,619	11
ШУ	4,52	5,63±0,057	7,34	0,575	10,23
Вибірка № 2 N=106					
ВД	11,8	14,38±0,110	17,23	1,135	7,9
МД	9,44	12,13±0,098	14,47	1,012	8,35
ВР	6,83	8,5±0,093	11,53	0,96	11,3
ВУ	4,37	5,35±0,048	6,87	0,497	9,31
ШУ	4,21	5,45±0,062	6,81	0,57	10,46
Вибірка № 3 N=118					
ВД	11,94	14±0,075	16,37	0,817	5,84
МД	9,86	12,03±0,066	14,27	0,723	6,01
ВР	7,15	8,92±0,066	10,9	0,722	8,09
ВУ	4,16	5,21±0,038	6,55	0,417	8,03
ШУ	3,9	5,17±0,044	6,63	0,479	9,27
Вибірка № 4 N=80					
ВД	10,02	14,32±0,155	17,07	1,39	9,71
МД	8,32	12,23±0,137	14,45	1,231	10,07
ВР	6,34	9,41±0,127	12,21	1,14	12,12
ВУ	3,94	5,71±0,071	6,84	0,635	11,13
ШУ	3,6	5,59±0,072	6,88	0,652	11,66

Примітки: Cv – коефіцієнт варіації; m – похибка середнього арифметичного; M – середнє арифметичне значення; σ – середнє квадратичне відхилення.

Таблиця 3

Значення розрахункових індексів раковин *Xeropicta derbentina*

	ВР\ВД	ВУ\ШУ	V	S	V\S
Точка № 1	0,638	0,999	1099,477	27,33	40,229
Точка № 2	0,591	0,981	878,988	25,125	34,983
Точка № 3	0,637	1,01	874,435	23,208	37,678
Точка № 4	0,657	1,02	964,163	27,551	34,996

Таблиця 4

Матриця коефіцієнтів параметричної кореляції конхологічних параметрів *Xeropicta derbentina*: вгорі ліворуч – вибірка № 1, вгорі праворуч – вибірка № 2, внизу праворуч – вибірка № 4, внизу зліва – вибірка № 3

Параметр	ВД	МД	ВР	ВУ	ШУ
ВД	1	0,951	0,795	0,758	0,796
МД	0,934	1	0,824	0,715	0,791
ВР	0,826	0,814	1	0,696	0,688
ВУ	0,867	0,825	0,760	1	0,721
ШУ	0,870	0,819	0,748	0,919	1
Параметр	**ВД**	**МД**	**ВР**	**ВУ**	**ШУ**
ВД	1	0,935	0,814	0,755	0,798
МД	0,965	1	0,848	0,748	0,788
ВР	0,880	0,912	1	0,676	0,713
ВУ	0,831	0,868	0,816	1	0,696
ШУ	0,881	0,891	0,811	0,784	1

Таблиця 5

Результати однофакторного дисперсійного аналізу морфометричних ознак *Xeropicta derbentina*

Ознака	Джерело мінливості	Сума квардатів (SS)	Середній квадрат (MS)	F	P
БД	Між групами	67,92	22,64	17,38	$1,25*10^{-10}$
	Всередині груп	520,98	1,3		
МД	Між групами	57,65	19,22	18,88	$1,8*10^{-11}$
	Всередині груп	407,13	1,02		
ВР	Між групами	78,97	26,32	28,12	$1,61*10^{-16}$
	Всередині груп	374,4	0,93		
ВУ	Між групами	16,74	5,58	19,2	$1,18*10^{-11}$
	Всередині груп	116,26	0,29		
ШУ	Між групами	14,18	4,72	14,84	$3,54*10^{-9}$
	Всередині груп	127,48	0,31		

вання, тим більше дисперсія показників раковини. Антропогенний вплив має великий вплив на варіативність конституції раковини.

Значення співвідношення висоти устя до ширини показує, що у міських популяцій це значення дещо менше одиниці, а у молюсків з регіону-більше. У точці № 2 зафіксовано найменше значення співвідношення висоти раковини до великого діаметру. Однак форма раковини і форма устя є консервативними ознаками для виду. Значення розрахованого об'єму раковини і площі устя показують, що найбільші значення об'єму і площі зафіксовані в точках № 1 і № 4. Найменші значення співвідношення обсягу до площі устя зафіксовані в точках № 2 і № 4.

У досліджуваних вибірках Xeropicta derbentina позитивна кореляція різної сили властива всім парам ознак (табл. 4).

Значну оригінальність досліджуваних вибірок за метричними характеристиками підтверджує результат однофакторного дисперсійного аналізу (табл. 5), згідно з яким, за всіма конхіометричними ознаками варіанси всередині груп перевершують міжгрупові значення, що говорить про достовірні відмінності досліджуваних колоній за конхометричними ознаками. Очевидно, це викликано не тільки ізоляцією досліджуваних груп, а й своєрідністю біотопічних умов.

Головні висновки. X. derbentina демонструє значну мінливість морфометричних ознак в різних частинах ареалу. Консервативність деяких конхіометричних ознак, які характеризують форму раковини і устя носять видоспецифічний характер. Встановлено достовірну корелятивний залежність між усіма метричними показниками раковини.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані дані можуть бути використані екологічними службами для біомоніторингу навколишнього середовища і оцінки його стану.

Література

1. Балашов И.А. Охрана наземных моллюсков Украины. Киев, 2016. 272 с.
2. Гураль-Сверлова Н.В., Гураль Р.І. Визначник наземних молюсків України. Львів, 2012. 216 с.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1990. 352 с.
4. Лихарев И.М., Раммельмейер Е.С. Наземные моллюски фауны СССР. М. : Изд-во АН СССР, 1952. 512 с.
5. Фауна, экология и внутривидовая изменчивость наземных моллюсков в урбанизированной среде / Сверлова Н.В. и др. Львов, 2006. 226 с.
6. Хлус Л.Н. Конхологическая изменчивость Xeropicta krynickii Kryn. (Geophila: Hygromiidae). (Анализ обобщенных дисперсий). Научные Ведомости. 2009. С. 39–43.
7. Хлус Л.М. Структура популяцій молюсків роду Xeropicta mtros. в урболандшафті півдня України: факторний аналіз. *Біологічні системи*. 2013. С. 196–201.
8. Хлус Л.Н. Некоторые аспекты математико-статистического анализа морфометрической структуры популяций *Xeropicta krynickii* Kryn. (Geophila: Hygromiidae). *Поволжский экологический журнал*, 2010. № 1. С. 94-102.
9. Хохуткин И.М. Структура изменчивости видов на примере наземных моллюсков. Екатеринбург : УрО РАН, 1997. 178 с.
10. Шилейко А.А. Фауна СССР. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea Л. : Наука, 1978. 384 с.

УДК 595.786(477.82)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-21

ЕКОЛОГО-ФАУНІСТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КОМАХ РЯДУ *COLEOPTERA* НА ПРАВОБЕРЕЖЖІ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА У МЕЖАХ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Трускавецька І.Я.
ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний
педагогічний університет імені Григорія Сковороди»
вул. Сухомлинського, 30, 08400, м. Переяслав-Хмельницький,
Київська обл.
irina-truskaveckaya@ukr.net

У статті окреслено результати дослідження видового різноманіття ентомофауни ряду Твердокрилі в умовах лісостепової зони Канівського району Черкаської області. Проаналізовано біотопічну приуроченість представників усіх досліджуваних екологічних груп комах і трофічні зв'язки твердокрилих на території урочища Рожена криниця, Бабина Гора та Грибіней Канівського району. Визначено жуків-домінантів і з'ясовано види, занесені до Червоної книги України. Дослідження на правобережжі Канівського водосховища в межах Черкаської області дозволило виявити 24 види жуків із 13 родин. Число видів на правобережжі Канівського водосховища, а саме на території урочища Рожена криниця, Бабина Гора та Грибіней коливалося від 14 до 18 з переважанням у лісових біотопах. Розподіл фауни твердокрилих і особливості їх існування проаналізовано в різних біотопах, серед яких виділено 5 основних типів: відкриті низинні луки, мішані ліси, лісостепові ділянки, правобережжя р. Дніпро й озера Бучак та агробіоценози. Аналіз фауністичної різноманітності показав, що більш рівномірний розподіл видів жуків виявився в біотопах урочища Рожена криниця та Бабина гора (по 14 видів), тоді як для урочища Грибіней зафіксовано високий рівень домінування завдяки високій чисельності двох видів – Carabus nemoralis і Leptinotarsa decemlineata. В усіх трьох урочищах біотопічно переважали лісові види (41,0%), менше – політопні (32,0%), луко-лісові й агроценозні елементи (4,5–9,1% видового складу). За трофічною спеціалізацією домінують фітофаги (50,0%), менше – хижаки (27,2%), а поодиноко – сапрофітофаги (18%) та некросапрофаги (близько 4,5% видового складу). Серед усього ентомологічного різноманіття ряду Твердокрилі зустрічаються 2 види комах, занесені до Червоної книги України (Lucanus cervus і Cerambyx cerdo) та один вважається новим для досліджуваної території (Halyzia sedecimguttata). *Ключові слова:* Coleoptera, Carabidae, біоценози, видовий склад, екологічні групи, правобережжя Канівського водосховища, урочище Грибіней, Бабина Гора, Рожена криниця.

Ecological-phaunnistic features of insects of the coleoptera series on the right bank of the Kaniv reservoir in the Cherkasy region. Truskavetska I. The article outlines the results of the study of the species diversity of the entomofauna of the Beetles series in the conditions of the forest-steppe zone of the Kaniv district of Cherkasy region. The biotopic confinement of representatives of all investigated ecological groups of insects and trophic bundles of Beetles species on the territory of the tract Rozhena Krynytsia, Babyna Hora and Hrybinei of the Kaniv districtis analyzed. Identified dominant beetles and species that appear in the Red Data Book of Ukraine. As a result of research on the right bank of the Kaniv reservoir within the boundaries of Cherkasy region, 24 species of beetles from 13 families were found. The number of species on the right bank of the Kaniv reservoir, namely, on the territory of the tract Rozhena Krynytsia, Babyna Hora and Hrybinei ranged from 14 to 18 with predominance in forest habitats. The distribution of fauna of Beetles species and the peculiarities of their existence has been analyzed in various biotopes, among which 5 main types are distinguished: open lowland meadows, mixed forests, forest-steppe areas, right bank of the Dnipro River and Lake Buchak and agrobiocenosis. The analysis of faunal diversity showed that a more even distribution of species of beetles was found in the biotopes of the tracts of the Rozhena Krynytsia and Babyna Hora (in 14 species), while for the Hrybinei tract a high level of dominance was observed due to the high number of two species – Carabus nemoralis and Leptinotarsa decemlineata. In all three tracts biotopitichno dominated forest species (41.0%),forest species (32.0%), forest meadows and agrocenoses elements (4.5–9.1% of species composition). The trophic specialization is dominated by phytophagous (50.0%), fewer predators (27.2%), and one by one – saprophytophages (18%) and necrosaprophages (about 4.5% of species composition). Among the entomological diversity of the Beetles series, there are two types of insects that are listed in the Red Book of Ukraine (Lucanus cervus and Cerambyx cerdo) and one is considered new to the investigated area (Halyzia sedecimguttata). *Key words:* Coleoptera, Carabidae, biocenoses, species composition, ecological groups, right bank of Kaniv reservoir Rozhena Krynytsia, Babyna Hora and Hrybinei.

Постановка проблеми. На правому березі нижньої акваторії Канівського водосховища за 20 км від м. Канева Черкаської області України розкинулося посеред лісів на узгір'ях Дніпра одне з небагатьох сіл – Бучак. Околиці села Бучак є унікальним природним комплексом, що має велике біогеографічне, екологічне, природоохоронне і рекреаційне значення.

У північно-західному напрямку за 2,5 км на північ від села Бучак розташоване урочище – Грибіней, представлене великим лісовим масивом. Північна частина узбережжя полога й утворює прибережну низовину, ліси формують листяні породи дерев із переважанням дубів і вільхи. У південній частині, на краю урочища знаходиться Лисяче джерело (Рожена

криниця) – джерело кришталевої цілющої питної води, відомої з IX ст., пам'ятка природи місцевого значення, взята під охорону рішенням ОВК № 288 від 13 травня 1975 р [1, с. 129]. Також навколишня місцевість представлена археологічними пам'ятками ранньослов'янського періоду. Невеликі неукріплені поселення, глибокі яри, природні та штучні озера, великий лісовий масив (грабові, сосново-грабові), а також круті схили річкових долин формують скельно-кам'янисті та лучно-степові екосистеми.

Урочище Бабина гора розташоване за 2 км на південь від села Бучак і представлене великим лісовим масивом на височині, обмеженим зі сходу узбережжям Канівського водосховища. Серед лісового насадження домінують дубово-соснові, вільхові та грабові формації [2].

Дослідження твердокрилих та особливостей їх існування у різних біотопах, а також розроблення заходів, спрямованих на збереження їх різноманіття й охорону рідкісних і зникаючих видів, є актуальним питанням у період сьогодення, оскільки загальна кількість видів, пов'язаних з агроценозами, та їх шкідливість під впливом абіотичних і антропічних чинників постійно змінюється, що зумовлює необхідність проведення постійного моніторингу й уточнення видового складу комах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження комах на території правобережжя Канівського водосховища у межах Черкаської області розпочалися в другій половині XIX ст. Одними з перших у вивченні комах цього регіону були М. Новицький, А. Вєжейський, М. Ломницький, Л. Хілдт та ін. [3], а на зламі XIX і XX ст. твердокрилих вивчали: М. Рибінський, Я. Кінель і Р. Кунце та [3]. Фауністичні дослідження комах дещо активізувалися у другій половині XX ст., тоді вивченням твердокрилих, а саме родиною коваликів (Elateridae) займалися В. Надворний, В. Долін [4], родиною Buprestidae – Т. Яницький, Я. Павловський і Д. Кубіш, які здійснили інвентаризацію родини твердокрилих на правобережжі Канівського водосховища [5].

У 1940–1950 рр. О.П. Кришталем та О.Й. Петрухою було виявлено, що лучну конюшину в лісостеповій зоні України пошкоджують переважно два види насіннєїдів родини Apionidae: *A. aestivum* Germ. та *A. apricans* Hrbst. [6, с. 320].

Вивченням біології, біотопічного розподілу, трофіки імаго комах родини Вусачі займався І. Загайкевич [7, с. 79], котрий поряд із біологічними, екологічними особливостями вказав, на яких видах рослин їх було відловлено. Представників ряду Твердокрилі на квіткових рослинах досліджували: В. Мартинов, В. Мірутенко, Е. Турис, В. Односум та ін. [3].

Мета роботи – уточнити і доповнити відомості про різноманіття та динаміку ентомокомплексів жуків на правобережжі Канівського водосховища у межах Черкаської області, їх екологічні приуроченості, трофічні зв'язки та поширення за основними біотопами.

Матеріали і методика досліджень. Матеріалом для вивчення твердокрилих послужили власні збори і спостереження протягом вегетаційних періодів 2016–2018 рр. За період досліджень здійснено 26 експедиційних екскурсій, упродовж яких зібрано 24 види жуків. Збір матеріалу проводили в околицях Канівського водосховища, зокрема на території урочищ Грибіней, Бабина Гора та Рожена криниця.

Відомості про жуків збирали методом індивідуального збору, використано загальноприйняті ентомологічні методи (косіння ентомологічним сачком, пастки Барбера, розбір трухлої деревини та лісової підстилки, обстеження поверхні ґрунту тощо) [8].

Визначення твердокрилих комах проводили за зовнішніми ознаками, користуючись визначником комах Єрмоленка, Ю. Некрутенка [9; 10].

Для встановлення відносних характеристик видів жуків обчислили індекс домінування (ІД) та індекс поширення (ІП) у природних біотопах за формулами.

$ІД = n_i/Nx100\%$

де: n_i – чисельність виду;

N – загальна кількість особин у біоценозі.

$ІП = n/Nx100\%$

де: n – проби, в яких знайдено вид;

N – загальне число проб.

Виклад основного матеріалу. На досліджуваній території упродовж 2016–2018 рр. нами зареєстровано 24 види жуків із 13 родин *(Scarabaeidae*, *Lucanidae, Cerambycidae, Carabidae, Elateridae, Coccinellidae*, *Geotrupidae, Silphidae, Chrysomelidae, Lampyridae, Linnaeus, Curculionidae, Dytiscida).*

Різноманітні природно-географічні та кліматичні умови сприяли формуванню на правобережжі Канівського водосховища у межах Черкаської області багатої флори й фауни. Для цієї місцевості характерні дерново-підзолисті та піщані ґрунти. Це свідчить про те, що лісові біотопи мають велику різноманітність рослин і тварин. Ліси переважно представлені дубово-сосновими, грабовими та сосново-грабовими насадженнями, а в низовинах – грабово-дубовими та вільховими формаціями. Значного поширення в лісах околиць досліджуваної території одержали такі дикорослі плодові дерева, як горіх волоський, груша дика, черешня, горобина звичайна, яблуня та шовковиця. Серед відомих кущів поширена ліщина звичайна, яка часто створює густі зарості під шатами лісу, а також три види бузини (чорна, червона та трав'яниста), на лісових узліссях домінують кущі терену, шипшини й обліпихи. У деревостані домінантами є сосна звичайна, тополя, акація біла, а по берегах річки Дніпро домінує вільха чорна [11].

У досліджуваному лісовому біоценозі серед виявлених родин ряду Жуки найбільший відсоток належить родині Пластинчастовусі (*Scarabaeidae*), представленій хрущем травневим (*Melolontha*

Таблиця 1

Кількісно-екологічна характеристика *Coleoptera* околиць Канівського водосховища (2017–2018 рр.)

№	Таксони	Стації досліджень, урочища:			Екологічні групи за:	
		Рожена Криниця	Бабина Гора	Грибіней	біотопом	трофічними зв'язками
Родина Пластинчастовусі *(Scarabaeidae*)						
1	Бронзівка звичайна (*Cetonia aurata*)	++++	++++	+++	пт	фф
2	Хрущ травневий *(Melolontha melolontha)*	-	+	++	пт	фф
3	Хрущ червневий *Amphimallon solstitialis)*	-	+	+	пт	фф
4	Хрущ мармуровий (*Polyphylla fullo*)	-	++	++	пт	фф
5	Хрущик садовий *Phyllopertha horticola*	+++	++	+++	пт	фф
6	Жук-носоріг звичайний (*Oryctes nasicornis*)	+	-	-	лс	сфф
Рогачі́ або Гребеневу́сі (*Lucanidae* Latreille, 1804)						
7	Жук-олень (*Lucanus cervus*)	+++	++	++	лс	сфф
Родина Вусачі́ (*Cerambycidae* Linnaeus, 1758)						
8	Вусач дубовий великий західний (*Cerambyx cerdo)*	-	+	-	лс	сфф
Родина Туруни (*Carabidae* Latreille, 1802)						
9	Турун лісовий, чорний *(Carabus nemoralis)*	++++	+++	++++	Лс-лч	хж
10	Турун фіолетовий *Carabus violaceus*	+++	++	++	Лс-лч	хж
Родина Кова́лики (*Elateridae*)						
11	*Ковалик чорний (Athous niger)*	++++	++	++++	лс	фф
Родина Кокцінелі́ди, або Сонечкові (*Coccinellidae* Latreille, 1807)						
12	*Сонечко семикрапкове (Coccinella septempunctata)*	++++	+++	++++	пт	хж
13	*Сонечко двокрапкове (Adalia bipunctata)*	++	++	-	пт	хж
14	Сонечко шістнадцятикрапкове *Halyzia sedecimguttata*	+	-	-	пт	хж
Родина Геотрупи (*Geotrupidae)*						
15	Гнойовик звичайний (*Geotrupes stercorarius*)	+++	-	++	лс	сфф
Родина Мертвоїди (*Silphidae* Latreille, 1807)						
16	Гробарик звичайний *Nicrophorus vespillo*	+++	-	+++	лс	нсф
Родина Листоїди (*Chrysomelidae* Latreille, 1802)						
17	Колорадський жук (*Leptinotarsa decemlineata*)	-	-	++++	ац	фф
18	Листоїд тополевий *(Chrysomela populi)*	-	+	+	лс	фф
19	Блішка смугаста хлібна (*Phyllotreta vittula*)	-	-	++	лч	фф
Світлякові (*Lampyridae* Latreille, 1817)						
20	Світляки *Lampyridae*	++++	++	++++	Лс-кщ	хж
Наривники (Linnaeus, 1758)						

Продовження таблиці 1

21	Шпанська мушка *Lytta vesicatoria*	-	-	+	лс	фф
Довгоносики або **Слоники** (*Curculionidae* Latreille, 1802)						
22	*Сосновий довгоносик (Hylobius abietis)*	++	-	-	лс	фф
Родина Насіннєїди (*Apionidae* Schönherr, 1823)						
23	Стебловий довгоносик (*Apion seniculus*)	+++	-	_	лч	фф
Родина Плавунцеві (*Dytiscidae* Leach, 1812)						
23	Плавунець облямований (*Dytiscus marginalis)*	-	-	++	вд	хж

Примітка: «+» – дуже рідкісний (1–2 особ. за багато років); «++» – рідкісний (1–2 особ./рік); «+++» – звичайний (3–9 особ./рік); «++++» *– домінуючий (більше 10 особ./рік); біотопічна приуроченість: ПТ – політопний, ЛС – лісовий, ЛЧ – лучний, Лс-лч – лісо-лучний, ВД – водяний, АЦ – агроценози; трофічний зв'язок: ФФ – фітофаг, СФФ – сапрофітофаг, ХЖ – хижаки, НСФ – некросапрофаг.*

melolontha), бронзівкою золотистою (*Cetionia aurata*), жуком-носорогом (*Oryctes nasicornis*), Коваликом чорним *(Athous niger)* та ін.

Ділянки лук характеризуються наявністю травостою та дернини, що зазвичай використовуються як пасовисько для випасання худоби, а поля засіяні злаковими культурами, соєю та соняшником. Трав'яниста рослинність представлена великою кількістю квітучих видів, найпоширенішими з них є: алтей, ромашка, конюшина, живокіст, копитняк, люпин, підмаренник, волошка синя та багато інших. Також тут є численні підвищення та пониження, а місцями – і глибокі яри, природні та штучні озера.

Луки багаті на фауну твердокрилих (*Coleoptera*). На квітках конюшини виявлено дрібних жуків – стеблового довгоносика (*Apion seniculus*). Часто зустрічаються тут хрущик садовий (*Phyllopertha horticola*), бронзівка золотиста (*Cetonia aurata*), із родини листоїдів (*Chrysomelidae*) трапляється блішка сму-

Таблиця 2

Показники індексу домінування та індексу поширення твердокрилих околиць Канівського водосховища 2016–2018 р.

	Таксони	Чисельність (середнє) екз./м²	ІД %	ІП %
	Бронзівка звичайна (*Cetonia aurata*)	44	13,1	87,5
	Хрущ травневий *(Melolontha melolontha)*	3	3,8	37,5
	Хрущ червневий *(Amphimallon solstitialis)*	2	0,6	37,5
	Хрущ мармуровий (*Polyphylla fullo*)	2	0,6	25
	Хрущик садовий *(Phyllopertha horticola)*	19	5,6	37,5
	Жук-носоріг звичайний (*Oryctes nasicornis*)	2	0,6	12,5
	Жук-олень (*Lucanus cervus*)	13	3,8	37,5
	Cerambyx cerdo	1	0,3	12,5
	Турун лісовий, чорний *(Carabus nemoralis)*	38	11,2	50
	Турун фіолетовий *(Carabus violaceus)*	9	2,7	37,5
	Ковалик чорний (Athous niger)	25	7,4	75
	Сонечко семикрапкове (Coccinella septempunctata)	54	16	75
	Сонечко двокрапкове (Adalia bipunctata)	6	1,8	25
	Сонечко шістнадцятикрапкове *(Halyzia sedecimguttata)*	1	0,3	12,5
	Гнойовик звичайний (*Geotrupes stercorarius*)	11	3,2	37,5
	Гробарик звичайний (*Nicrophorus vespillo*)	12	3,6	25
	Колорадський жук (*Leptinotarsa decemlineata*)	34	10,1	25
	Листоїд тополевий *(Chrysomela populi)*	2	0,6	25
	Блішка смугаста хлібна (*Phyllotreta vittula*)	2	0,6	12,5
	Світляки *Lampyridae*	56	16,5	87,5
	Шпанська мушка *Lytta vesicatoria*	1	0,3	12,5
	Сосновий довгоносик (Hylobius abietis)	1	0,3	12,5
	Стебловий довгоносик (*Apion seniculus*)	2	0,6	25
	Плавунець облямований (*Dytiscus marginalis)*	2	0,6	25

гаста хлібна (*Phyllotreta vittula*), а також різні види з родини сонечок (*Coccinellidae*).

Нижче приведений систематичний список жуків, зареєстрованих на правобережних ділянках Канівського водосховища у межах Черкаської області. Для кожного виду вказаний ареал і коротка екологічна характеристика.

Найбільш багатим за видовим складом Твердокрилих (18 видів) є урочище Грибіней, серед яких домінуючими є 5 видів: *Lampyridae Leptinotarsa decemlineata*, *Coccinella septempunctata, Carabus nemoralis, Athous niger* і 2 види занесено до Червоної книги України (*Lucanus cervus, Cerambyx cerdo)* [12]. За видовим різноманіттям і щільністю заселення друге місце посідають лісові формації урочища Рожена Криниця й околиці урочища Бабина Гора, де нами відловлено по 14 видів жуків, серед яких 4 види є спільними, один вид *Halyzia sedecimguttata* є новим для цієї території, а 8 видів зафіксовано в усіх досліджених урочищах.

Згідно з біотопічною належністю більшість видів жуків можна віднести до двох основних груп: лісова (9), політопна (7). Окремі види належать до перехідних підгруп: лучні (1), луко-лісні (2), лісо-кущовий (1), агроценози овочевих культур (1). Практично усі види твердокрилих досліджуваної території є фітофаги і передають перевагу лісовим формаціям. На другому місці за способом живлення надають перевагу хижі комахи з родини Туруни (2 види), Сонечкові (2 види) та Світлякові (1 вид).

Шляхом спостережень ми виявили, що на правобережжі Канівського водосховища розповсюдженими (ІП – 80–100%) є такі види Твердокрилих, як: *Cetonia aurata* та *Lampyridae,* поширеними (ІП – 50–79,9%) *Carabus nemoralis, Athous niger, Coccinella septempunctata* та малопоширені (ІП – 49,9% і менше) *Melolontha melolontha, Amphimallon solstitialis, Polyphylla fullo, Phyllopertha horticola, Lucanus cervus, Oryctes nasicornis, Carabus violaceus, Adalia bipunctata, Halyzia sedecimguttata***,** *Geotrupes stercorarius, Nicrophorus vespillo, Leptinotarsa decemlineata, Chrysomela populi, Phyllotreta vittula, Lytta vesicatoria, Hylobius abietis.*

Найбільшу чисельність мають види (ІД – 11–16,5%) *Cetonia aurata, Carabus nemoralis* і *Lampyridae*. Таким чином, ці види тут домінують і разом становлять майже половину чисельності (30%) усіх твердокрилих правобережжя Канівського водосховища. До *субдомінантних* (ІД – 7–10,9%) віднесли 2 види: *Athous nigerma Leptinotarsa decemlineata.* ***Рідкісними*** видами (ІД – 2,9% і менше) є: *Amphimallon solstitialis, Polyphylla fullo, Oryctes nasicornis, Cerambyx cerdo, Carabus violaceus, Adalia bipunctata, Halyzia sedecimguttata*, *Chrysomela populi, Hylobius abietis* – ці види мають низьку відносну чисельність. Решта видів вважаються ***звичайними*** (ІД – 3–6,9%), тому що є реофілами, для яких характерні такі біотопи, як ліс, лісові галявини, поле й агроценози в околицях Канівського водосховища.

Головні висновки. Видове різноманіття твердокрилих як структурний елемент природних біотопів в околицях Канівського водосховища перебуває у тісній системній залежності від екотопічних та еколого-флористичних характеристик цих екосистем. Зміни показників їхньої структурної організації відображають загальні тенденції трансформаційних процесів, які відбуваються в біотичному блоку екосистем під впливом антропогенного навантаження.

Сьогодні з'ясовано, що фауна твердокрилих Канівського водосховища у межах Черкаської області налічує 24 види з 13 родин. Порівняння угрупувань твердокрилих у трьох урочищах і його околиць із використанням індексу домінування та індексу поширення показало, що найбільша схожість властива таким групам біотопів, як лісостепові ділянки та мішані ліси. Проте є всі підстави вважати, що це неповний список для цього регіону. Це дозволяє говорити про необхідність продовження дослідження ряду твердокрилих.

Література

1. Truskavetska I.Ya. The present state of biodiversity and fauna of daytime butterflies (Lepidoptera, Diurna) in the vicinity of the Kaniv district. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2018. № 8 (4). P. 129–136.
2. URL: https://uk.wikipedia.org.
3. Кравець Н.Я. Видове різноманіття та еколого-фауністичний огляд антофільних комах ряду Твердокрилі (Coleoptera) суходільних лук західно-подільського Придністров'я. *Наукові записки державного природознавчого музею*. Львів, 2016. Вип. 32. С. 121–128.
4. Мірутенко В.В. Особливості трофіки комах родини Malachiidae (Coleoptera). *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія : Біологія*. 2004. № 14. С. 162–164.
5. Карасев В.П. Трофічні зв'язки та господарське значення жуків-довгоносиків роду Tychius (Coleoptera, Curculionidae) Східної Європи та Кавказу. *Вестник зоологии.* 1994. № 6. С. 36–39.
6. Малиш І.Ю., Федоренко В.П.. Довгоносики родини Apionidae на посівах конюшини. *Захист і карантин рослин*. 2012. Вип. 58. С. 320–336.
7. Загайкевич И.К. Экологические особенности усачей лептурин (Cerambycidae, Lepturinae) и их роль в биоценозах. *Вопросы общей энтомологии*. 1981. Т. 63. С. 79–81.
8. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных : учебное пособие. Москва : Высш. школа, 1961. 304 с.
9. Некрутенко Ю. Жуки : довідник. Київ : Видавництво Раєвського, 2005. 232 с.
10. Єрмоленко В.Н., Ключко З.В. Визначник комах : навчальний посібник. Київ : Радянська школа, 1971. 177с.
11. Визначник рослин України / відп. ред. О.Д. Вісюліна. Київ : Урожай, 1965. 877 с.
12. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І.А. Акімова. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОБЕЗПЕКИ

UDC 616+631.95+502+504
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-22

INNOVATIVE APPROACHES OF USING THE METHODS FOR REMOTE SENSING OF THE EARTH FOR MONITORING THE ECOLOGICAL-TECHNICAL CONDITION OF WATER ECOSYSTEMS

Mashkov O., Zhukauskas S., Nigorodova S., Kosenko V.
State Ecology Academy of Postgraduate Education and Management
Metropolitan Vasyl Lipkovsky str., 35, 03035, Kyiv
mashkov_oleg_52@ukr.net, s.zhukauskas@gmail.com,
SvitlanaN@unops.org, koseno4ka.4ever@gmail.com

The features of using the methods of remote sensing of the Earth to monitor the ecological and technical state of water technological systems are considered. The technology of conducting monitoring of surface waters according to Earth remote sensing data is proposed. The method of satellite monitoring of intensive algal blooms (monitoring of planktonic alga clusters) has been substantiated. An approach to the assessment of flood and flooding risks using satellite observation data is proposed. The technique of quantitative assessment of water quality according to the space monitoring of surface waters is substantiated. As a result of the research it was found that when assessing the complex effects of pollutants on the ecological state of aquatic ecosystems using aerospace technology, it is advisable to take into account changes in biological indicators (indicators of biomass and species composition of phytoplankton and higher aquatic plants). A method has been developed for predicting long-term risks of emergency situations of a hydrological and hydrometeorological nature based on physical and mathematical modeling and the use of satellite observations and spatially distributed data. The next stage of research will be the creation of predictive maps of the distribution of flood risks, flooding, degradation of surface water quality, and an assessment of the risks of air and soil pollution. *Key words:* aerospace technologies, water system, remote sensing of the Earth, ecological status of ecosystems, ecological risks, surface water, satellite monitoring, bloom of algae.

Інноваційні підходи використання методів дистанційного зондування землі для моніторингу еколого-технічного стану водних екосистем. **Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Косенко В.Р.** Розглянуто особливості використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу еколого-технічного стану водних систем. Запропоновано технологію проведення моніторингу поверхневих вод за даними дистанційного зондування Землі. Обґрунтовано метод супутникового моніторингу інтенсивного цвітіння водоростей (моніторинг скупчень планктонних водоростей). Запропоновано підхід до оцінки ризиків повеней із використанням даних супутникових спостережень. Обґрунтовано методику кількісної оцінки якості води за даними космічного моніторингу поверхневих вод. Було встановлено, що для оцінки комплексного впливу забруднюючих речовин на екологічний стан водних екосистем із використанням аерокосмічних технологій доцільно враховувати зміни біологічних показників (показників біомаси та видового складу фітопланктону і вищих водних рослин). Розроблено метод прогнозування довгострокових ризиків надзвичайних ситуацій гідрологічного і гідрометеорологічного характеру на основі фізико-математичного моделювання та використання супутникових спостережень і просторово розподілених даних. Наступним етапом досліджень стане створення прогнозних карт розподілу ризиків повеней, повеней, погіршення якості поверхневих вод та оцінки ризиків забруднення повітря і ґрунту. *Ключові слова:* аерокосмічні технології, водна система, дистанційне зондування Землі, екологічний стан екосистем, екологічні ризики, поверхневі води, супутниковий моніторинг, цвітіння водоростей.

Introduction. World experience has proved that it is necessary to apply modern innovative means and technologies to improve the quality, efficiency and effectiveness of the environmental monitoring system. These include: automated and automatic measuring systems; aerospace technology using satellites, aircraft and unmanned aerial vehicles; automated remote sensing data processing systems; geoinformational analytical systems for information processing, taking into account the laws of its change both in time and in space; integrated multi-level environmental monitoring and control systems; methods and technologies for analyzing environmental monitoring data and determining the level of technological and environmental safety, etc.

The development of the scientific foundations for the creation and implementation of such systems, methods and technologies complies with European and global approaches to environmental management, and also

complies with the requirements and directives of the Association Agreement between Ukraine and the EU. The results of this study will significantly expand the possibilities of international cooperation of Ukraine in the field of environmental protection and will help to bring the state of the environment in line with European and international requirements.

Currently, the problem of intense "flowering" of water is characteristic of a wide variety of water areas. It is known that intensive flowering is characteristic, first of all, for reservoirs with weak currents in particular, such as the cascade of the Dnieper reservoirs. Recently, this factor is characteristic of other aqua techno-systems. The "bloom" of water is a consequence of the massive development of microscopic algae (usually blue-green) and is accompanied by a significant deterioration in water quality. The cause of this phenomenon is a whole complex of factors, such as climate change, the flow of large amounts of various mineral and organic substances into the water. Therefore, control using remote sensing systems (Earth remote sensing) is relevant in two aspects. First, it is the control of the hydrothermal mode, the development of proposals to improve the ability to cool the circulating water. Secondly, it is the control of the ecological state, namely the level of flowering and overgrowing of water by aquatic plants. Thermal control is also important at hydropower facilities.

Problem Statement. The study of the problems of assessing the status of aquatic ecosystems causes difficulties due to the difficulty of conducting relevant research in terrestrial conditions. Traditional methods of studying the state of aquatic ecological systems do not provide an opportunity to obtain a spatial picture of the phenomena and processes that occur in aquatic ecological systems. Recently, aerospace technology and geo-information systems have been used to solve problems of monitoring the state of aquatic ecological systems. Therefore, there is a problem of assessing the features of using the methods of remote processing of the Earth to control the ecological and technical state of aquatic ecosystems.

Literature review. The formation of the scientific foundations of modern environmental monitoring was devoted to the works of academician I.P. Gerasimova (Gerasimov, 1975, 1976) and professor Yu.A. Israel (Israel, 1984), which developed the basic principles for the establishment of the environmental monitoring system, as well as partly reflects the international aspects of the global monitoring system.

Such scholars as Scientists have made a significant contribution to the development of environmental monitoring problems. [2–4; 6; 13; 19] G.A. Belyavsky, V.M. Bogolyubov, A.I. Bondar, A.N. Bugor, N.A. Emetz, V.M. Isaenko, M.O. Klymenko, I.V. Korinka, I.Yu. Kostikov, V.Lisichenko, A.M. Hello, T.A. Safranov, V.M. Tkach, A.I. Fedorenko, R.S. Furdui, A. Shapar.

Questions of the application of multi-spectral methods of remote sensing of the Earth in the problems of nature management are considered in the papers P.A. Akimenko, L.M. Zuba, I.M. Kopachevsky, Yu.V. Kostyuchenko, S.S. Lyubimaya, V.I. Kukla, N.A. Popova, A.I. Sakhatsky, D.N. Solovyov, S.A. Stankevich, A.I. Tomiltsevoi, A.V. Tomchenko, A.D. Fedorovsky, A.Ya. Khodorovsky, M.V. Yushchenko and others [1; 5; 7–9; 17].

The study of the use of aerospace observations from the earth's surface for the control of the ecological and technical condition of aquatic technetium systems is devoted to the publications of V.E. Vasiliev, A.I. Matn'veva, O.A. Mashkova, A.A. Protasova, S.B. Protsenko, V.D. Romanenko, L.A. Sabliya, V.F. Frolova, V.I. Shcherbak [10; 11; 15; 18].

Materials and Methods. Features of conducting monitoring of surface waters according to remote sensing data. The study of the interaction of terrestrial ecosystems and water bodies has shown that the NDVI vegetation index can be used as an environmental indicator for both coastal (NDVIL) and 50–70 km of coastal zone (NDVIW). Spatial distributions for the aquatic environment are correlated with such optical-biological parameters as the concentration of chlorophyll and mineral suspension, the transparency of the water and the associated characteristics. The relationship between the NDVIL and NDVIW values is manifested in the general trend of increasing NDVIW (concentration of impurities in the aquatic environment) with increasing NDVIL for land.

According to the measurement data of NDVIW by optical satellite sensors and sampling for the concentration of suspended matter in water, the dependence of the concentration of the total CS suspension on the NDVIW value was obtained (Fig. 1).

In this case, NDVIW is calculated as:

$$\text{NDVI w} = \frac{L_w(0{,}8585) - L_w(0{,}645) + L_A(0{,}8585) - L_A(0{,}645)}{L_W(0{,}8585) + L_W(0{,}645) + L_A(0{,}8585) + L_A(0{,}645)}.$$

Where $L_{W,A}$ is the brightness of the ascending radiation from the water surface at the wavelength λ and the brightness of the molecular and aerosol scattering at the same wavelength.

This, in turn, can be rewritten taking into account the components of molecular scattering:

Where L_{AZ} is the brightness of aerosol scattering, L_M is the brightness of molecular scattering, which is calculated in accordance with:

$$\text{NDVI w} = \frac{L_A(0{,}8585) - L_A(0{,}645)}{L_A(0{,}8585) + L_A(0{,}645)} =$$

$$= \frac{L_{AZ}(0{,}8585) + L_M(0{,}8585) - L_{AZ}(0{,}645) - L_M(0{,}645)}{L_{AZ}(0{,}8585) + L_M(0{,}8585) + L_{AZ}(0{,}645) + L_M(0{,}645)}.$$

where $\tau_R(\lambda)$ is the optical thickness of the molecular scattering layer; τ_{0Z} – optical thickness of the ozone layer; $L_M(\lambda) = \tau_R(\lambda)F_0(\lambda)R(\alpha_S, \alpha_V, \varphi_S, \varphi_V)/4\pi$ – irradiance on the water surface; $F_{0_}$ irradiance at the upper atmosphere; $\alpha_S, \alpha_v, \varphi_S, \varphi_v$ – respectively, the zenith and azimuthal angles of the Sun and the satellite photometer.

Another component of scattering on aerosols in general is calculated by the ratio:

Table 1

Empirical coefficients of the calculated scattering equations

λ, microns	F_0, W / (m² microns)	τ_R	T_{0Z}
0,645	162,7	0,0504	0,0214
0,8585	104	0,0162	0,00154

$$L_{AZ}(\lambda) = F_0'(\lambda) \cdot C_{AZ} \cdot \lambda^{-n}.$$

Assuming in the first approximation $L_M = 0$, we find:

$$NDVIW = \frac{F_0'(0{,}8585) \cdot C_{AZ} \cdot 0{,}8585^{-n} - F_0'(0{,}645) \cdot C_{AZ} \cdot 0{,}645^{-n}}{F_0'(0{,}8585) \cdot C_{AZ} \cdot 0{,}8585^{-n} + F_0'(0{,}645) \cdot C_{AZ} \cdot 0{,}645^{-n}}.$$

Where do we get from $n = -1{,}56 - 3{,}5 \ln \frac{1 + NDVI_W}{1 - NDVI_W}$.

The estimates are consistent with the experimental data as well as the empirical relationship $C_S = 0{,}214 |NDVI_W|^{-3{,}0}$. Indeed, at the specified $NDVI_W$ value, the suspension concentration is 1,54 g/m³. Taking into account variations of empirical dependence $L_A(8585) = f[L_A(645)]$ minimum value of $NDVI_W$ for transparent water may with probability 0,95 reach -0,625, while the concentration of the suspension is 0.9 g/m³.

The $NDVI_W$ value for clear water varies from -0.45 to -0.6. The index of Angstrom is in the range from 1.82 to 3.28. The variability of the parameter n is related to the characteristic size of aerosol particles – large values of *n* correspond to small particles.

Analysis of a large number of L_M (0,645) and L_M (0,8585) values for clear waters with an insignificant suspension concentration showed that there is a high correlation between these values, equal to $R = 0.94$. The corresponding dependence is shown in Fig. 2. This dependence is used to refine the distribution under average conditions. So for clear water, the value of $NDVI_W$ is (31.0–1)/(0.31+1) = 0.5167, which corresponds to the observations. The weight factor C_{AZ} under these conditions is 0.017.

The obtained estimates correspond to experimental data, as well as empirical dependence $C_S = 0{,}214 |NDVI_W|^{-3{,}07}$. Indeed, at the indicated value of $NDVI_W$, the concentration of the suspension is 1.54 g/m³. Taking into account variations of the empirical dependence, the minimum $NDVI_W$ value for clear water can reach -0.625 with a probability of 0.95. The concentration of the suspension in this case is equal to 0.9 g/m³.

Thus, we obtain a theoretical and methodological basis for determining the concentrations of suspensions and suspended substances in water using spectral reflection indices, which can be measured using satellite imagery. This approach can be applied in assessing the ecological status of water areas, determining water quality indicators and assessing the risks of pollution, studying the interaction of land-water systems, and the like.

In water, both marine and terrestrial water objects, there are two main types of particles: scattering light and forming the brightness of the ascending radiation. These are particles of mineral and organic suspensions. Consider their relationship and the impact on the measured value *NDVI*.

It is known that the ratio of the energy of light emanating from the irradiation of two particles with different refractive indices n_1 and n_2 with respect to water is:

$$\left(\frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2}\right)^2 \Big/ \left(\frac{n_2^2 - 1}{n_2^2 + 2}\right)^2.$$

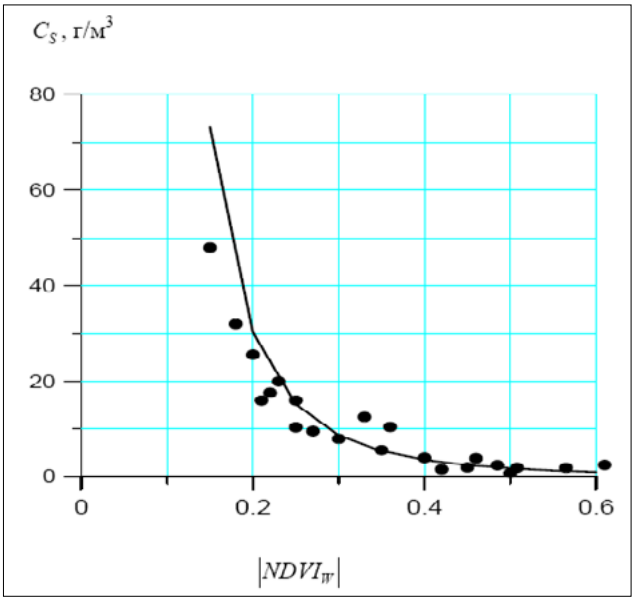


Fig. 1. Dependence of the total suspension concentration on the magnitude NDVIW (empirical dependence on the data of satellite measurements): $C_S = 0{,}214|NDVI_W|^{-3{,}07}$

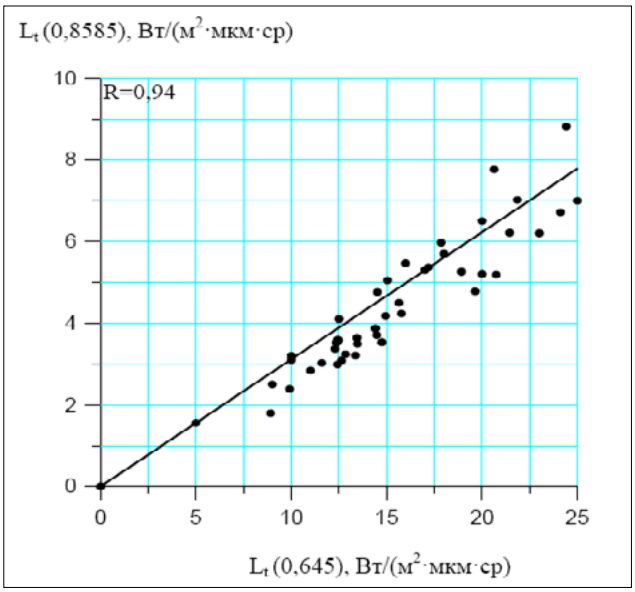


Fig. 2. Dependence of the minimum brightness values of the ascending radiation, characteristic for waters with minimum suspension concentrations (L_A (8585) = $f[L_A(645)]$)

For mineral suspension n_1 = 1.15, for organic – n_2 = 1.02. Other things being equal, the energy of light scattering by mineral particles will be about 50–70 times the energy of scattering by organic particles. The same ratio is obtained for backscattering indices (Kopelevich model), for the concentration of small P_s and large P_l particles. This allows us to consider the values of P_s and P_l as the concentrations of the mineral and organic suspensions, respectively.

The Mobli-Kopelevich model for backscattering of light by pure water, mineral and organic particles can be represented as:

$$b_b(\lambda) = 0{,}5b_W(\lambda) + B_S b_{PS}(\lambda)P_S + B_l b_{Pl}(\lambda)P_l$$

where the indices *w, s, l*, refer respectively to pure water, small particles and large particles; B_s = 0.039, B_l = 0.00064 – respectively, the probability of backscattering by small and large particles; P_s and P_l – respectively, the concentration of mineral and organic particles in g/m^3; $b_w(\lambda) = 5{,}826 \cdot 10^{-3}(400/\lambda)^{4{,}322}$, $b_{\text{в}}(\lambda) = 1{,}1513(400/\lambda)^{1{,}7}$, $b_{\text{в}}(\lambda) = 0{,}3411(400/\lambda)^{0{,}3}$ – respectively, scattering indicators for clean water, small and large particles; λ – wavelength, nm.

Using empirical dependencies, as well as the relationship between P_s and $P_l$in the Kopelevich model, we find:

$$P_S + 0{,}01P_l = 11{,}43(P_S + P_l)^{-0{,}652} - 21{,}46(P_S + P_l)^{-0{,}326} + 10{,}06.$$

In fig. 3. shows the dependence of the concentration of fine particles of mineral suspension and large particles of organic origin are given depending on the total concentration of the suspension. It is seen that statistically the concentration of large organic particles prevails. The ratio between the concentrations of mineral and organic particles in the marine environment is characterized by significant variability. It strongly depends on the productivity of water and with its increase the concentration of organic particles increases. On average, organic suspension (living plankton, detritus and other organic substances) accounts for about 80%, and mineral suspension – about 20%.

The corresponding regression dependencies are as follows:

$$L_t(0{,}645) = 96{,}836(NDVI)^2 + 109{,}95NDVI + 47{,}415;$$

$$R^2 = 0{,}85$$

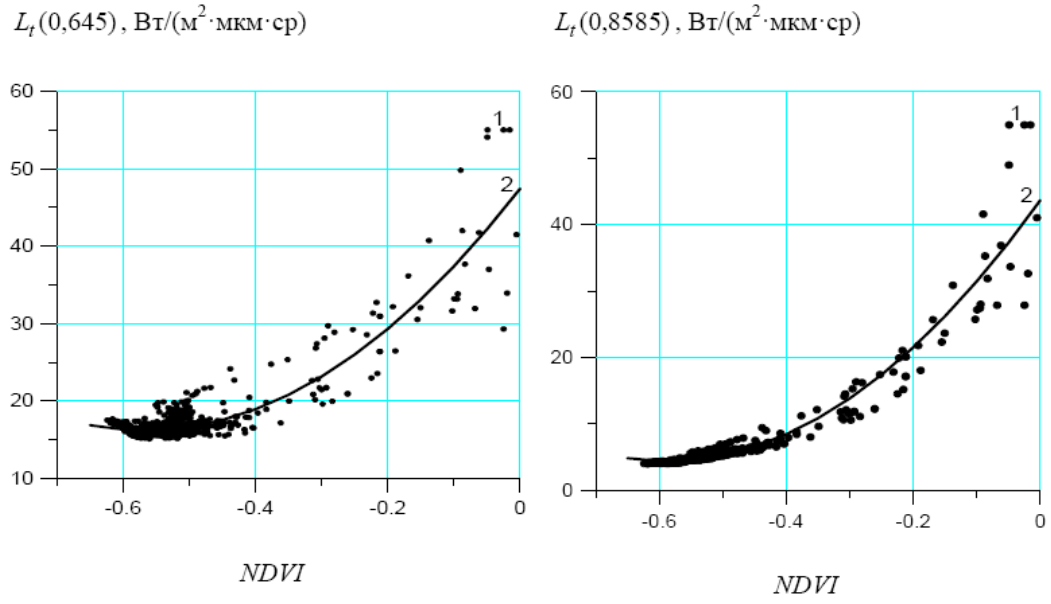
$$L_t(0{,}8585) = 113{,}42(NDVI)^2 + 133{,}44NDVI + 43{,}671;$$

$$R^2 = 0{,}93$$

Thus, we are able to determine the distribution of concentrations of individual components of suspended substances by spectral features.

Methods of satellite monitoring of intensive algal blooms (monitoring of planktonic alga clusters). It should be borne in mind that the existing EU Water Framework Directive, when assessing the ecological status and monitoring the environment, provides for an assessment of the hydromorphological characteristics of water bodies and streams. Therefore, remote sensing methods are essential for monitoring changes in the coastline.

In addition, phytoplankton has a direct impact on the quality of drinking water: suspension, color, toxicity; and with a significant development of biomass causes fish freeze, disruption to the work of sewage treatment plants, pollution of the coast and beaches. Indicators of the quantitative development of phytoplankton are widely used in determining the trophic status of water bodies and for making decisions on the ecological rehabilitation of water bodies. However, obtaining data

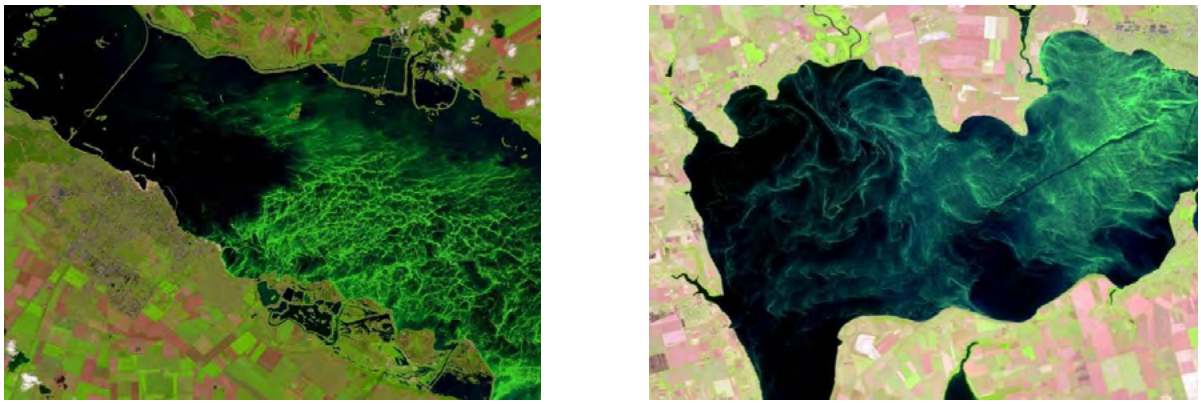


a) *b)*

Fig. 3. The brightness of the ascending radiation of the aqueous surface at a) λ = 0.645 microns, b) λ = 0.88585 microns

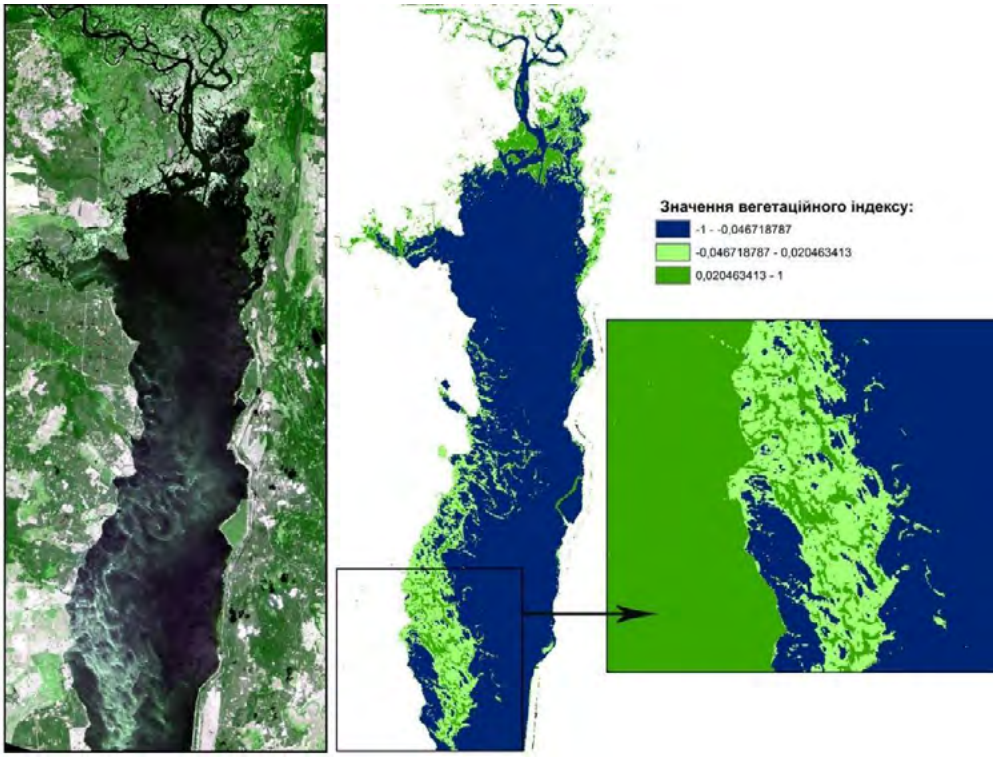
on the status of phytoplankton is quite time-consuming and costly process. All this requires the use of can be seen that areas of intense flowering are elongated along the currents and participate in vortex movements. Wind has a significant effect on the transfer of algae. During periods of prolonged warm, sunny and windless weather, cyanobacteria are combined into aggregates that float to the surface, forming surface or subsurface accumulations. However, it should be borne in mind that the data obtained using satellite observations should be confirmed by the results of field ground surveys.

Flood and flooding risk assessment using satellite observation data. The ability to determine the risks of flooding is determined by the relationship between changes in the spectral characteristics of the surface reflection and the response of ecosystems to external factors ((Q_{stress}). To describe the spectral reflection of a specific type of surface *N* (where *N* is a class, in accordance with the preliminary classification of land covers), we introduce an integrated indicator – the spectral reflection index *SRI*. This index is represented as a fixed combination of spectral characteristics in separate



a *b*

Fig. 4. Image of the phenomenon of "water bloom", obtained by the satellite Sentinel-2 on the example: a – Kremenchug reservoir received on August 22, 2015; b – Kakhovsky reservoir (received August 10, 2016)



a *b*

Fig. 5. Study of the spatial distribution of blooming areas of blue-green algae on the territory of the Kiev reservoir (a – a fragment of the Landsat satellite image 8 August 13, 2013; b – distribution of the values of the vegetation index in the "bloom" area in the area of Kozarovichi – Lyutezh settlements

bands of the spectrum r_λ. In general, its appearance can be represented as: $SRI_\tau = f(r_\lambda)_\tau$, where τ is the moment of shooting.

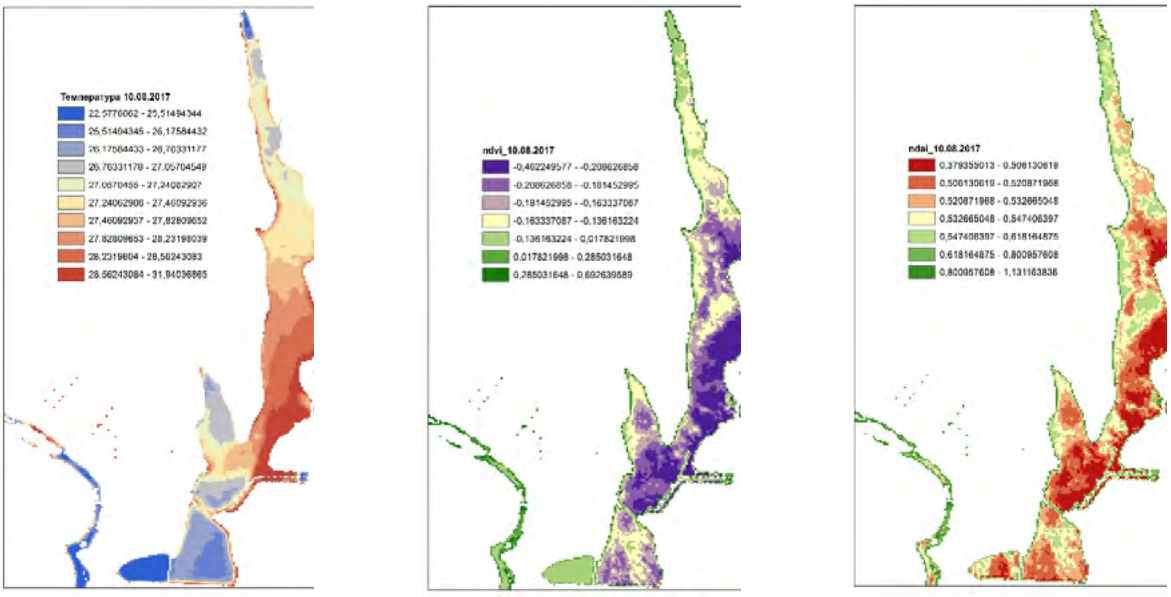
In our case, any of the *NDVI* (or *ARVI*) indices, *EVI*, allows us to determine the trends in the studied ecosystems. Also, the *PRI* (Photochemical Reflectance Index) can be useful, as well as the "Stressful" indexes: the *SIPI* (Structure Intensive Pigment Index), the *NDWI* water index and the Plant Stress Index. Depending on the controlled parameter, any of the existing spectral indices can be used as an integrated indicator (*PRI*, *SIPI* or *NDNI* indices – Normalized Difference Nitrogen Index). Considering the possibility of obtaining multiple surveys, we introduce an index reflecting the changes in the studied spectral parameters over the observation period – the normalized spectral reflection index:

$$SRI*_\tau = \frac{\max\{SRI_\tau\} - SRI_\tau}{\max\{SRI_\tau\} - \min\{SRI_\tau\}}.$$

Then you can consider the informative attribute $\Delta SRI*$ – the difference between the average value $SRI*$ for the observation period and the value obtained as a result of the experiment $SRI*_\tau$.

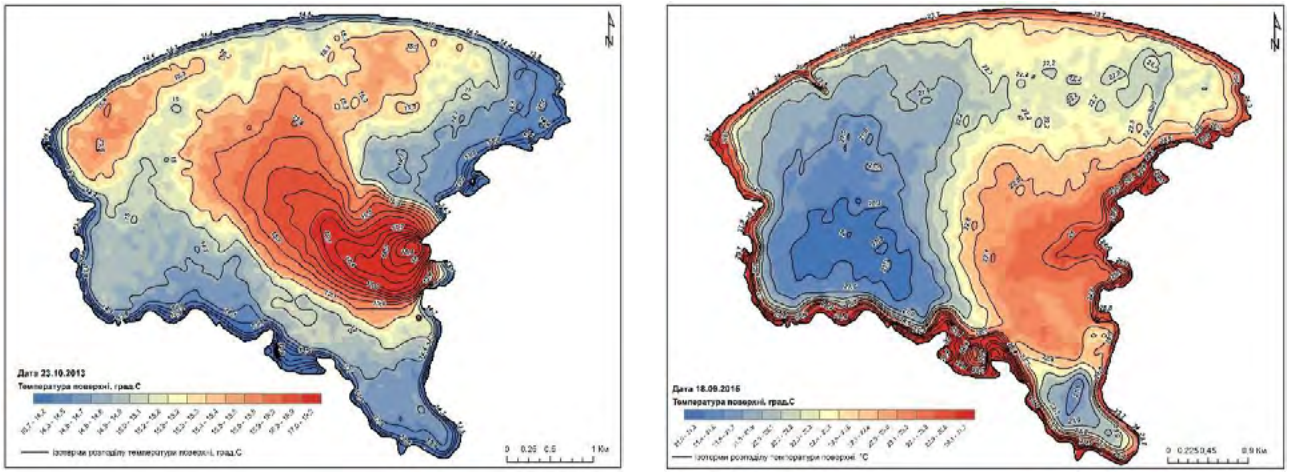
The equation that determines the probability of stress based on the totality of the spectral characteristics of the earth's surface is derived from the use of Bayes' rule:

$$P(\Delta SRI*(x,y)\,|\,Q_{stress}) = \frac{P_s(x,y)\cdot\prod_N P_N(\Delta SRI*\,|\,Q_{stress})}{\int P_N(\Delta SRI*\,|\,Q)dP_s(x,y)} =$$



a *b* *c*

Fig. 6. Remote study of reservoirs of the South-Ukrainian energy complex on the example of the Tashlykskaya PSPP (as of 10.08.2017): a – surface temperature; b – maps of the distribution of the normalized vegetation index (NDVI); c – maps of normalized relative algo-index (NDAI)



a *б*

Fig. 7. Dynamics of distribution of surface temperature indicators of the Netishinsky reservoir (water reservoirs – the Khmelnytskoe nuclear power plant) (a – as of October 23, 2013; b – as of 09/18/2015)

$$= \frac{P_S(x,y) \cdot P_N(\Delta SRI^* \mid Q_{stress})}{P_N(\Delta SRI^* \mid Q_{stress}) P_S(x,y) + P_N(\Delta SRI^* \mid Q_0) P_0(x,y)}.$$

In this equation, the Q_{stress} index refers to areas under the influence of stress factors, and the Q_0 index denotes the class of pixels in which the action of such factors is not present. The probability $P_s(x, y)$ is determined on the basis of the distribution of observational data, that is, semi-empirical. The ratio of the probabilities $P_s(x, y)$ and $P_0(x, y)$ is determined as $\lim_{x,y,\tau}(P_S(x,y)_\tau + P_0(x,y)_\tau) = 1.$

To determine the probability $P_s(x, y)$, one can use the rule based on the use of the Gauss function $P_S(x,y) = P_{\min} + (P_{\max} - P_{\min}) \cdot e^{d_s^2/2\sigma_p^2}$. Here $P_s(x, y)$ is the probability of a threat occurring; P_{max} – the maximum possible probability of occurrence of a threat in the studied place, which depends on the sensor type, physical and geographical features of the region and surface type (P_{max} for Landsat TM and ETM sensors is 0.25–0.3) P_{min} – minimum probability (P_{min} is close 0.01) $d_s(x,y)$ – distance from the nearest place that is under the threat; σ_p is an empirical indicator, determined on the basis of field studies, based on the characteristics of the vegetation cover of the research area and the type of sensor (for example, for Landsat TM and ETM in the region

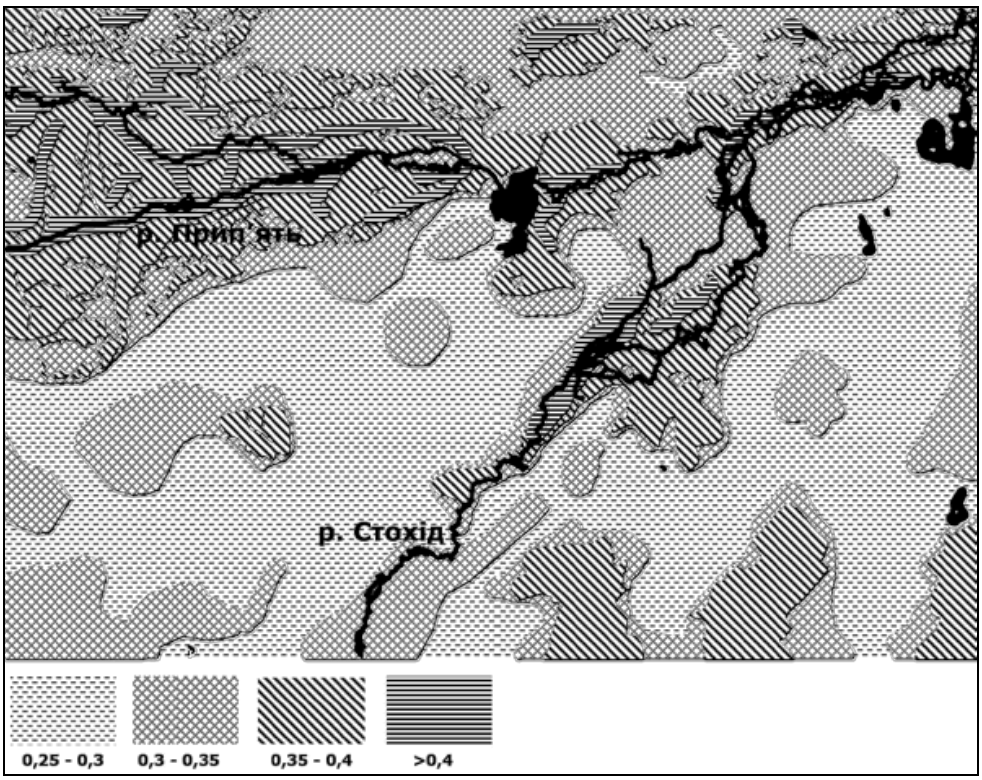
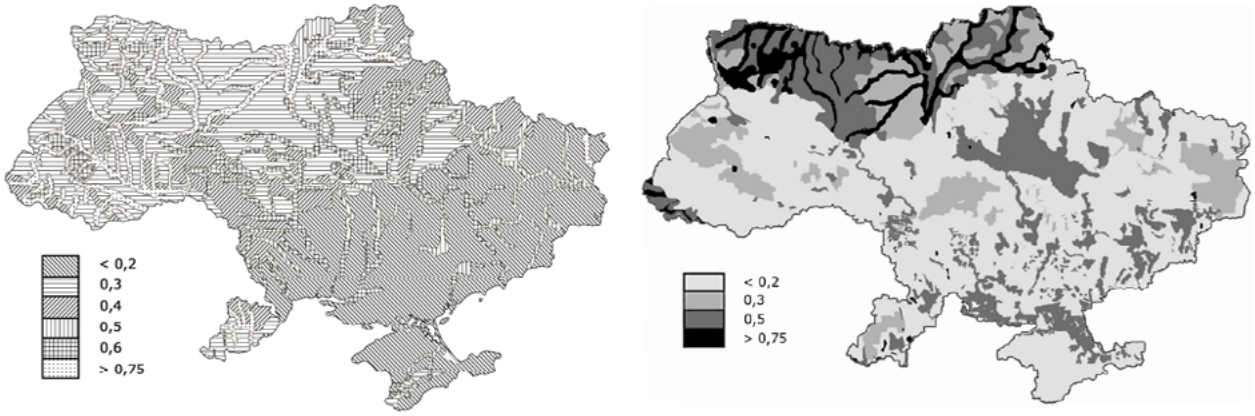


Fig. 8. Estimated risks of flooding of the territories between the Pripyat and Stokhod rivers in the Polesye region



a) *b)*

Fig. 9. a) Scenario calculation of indicators of flood risk for the period 2030; b) Scenario calculation of risk indicators for flood processes for the period 2030

of research, the indicator σ_p is 1.1–1.5 km). Thus, for the region of research and sensors, Landsat TM and ETM $P_s(x, y)$ can be determined using the formula: $P_S(x,y) = 0{,}01 + 0{,}26 \cdot e^{d_s^2/1{,}69}$. The task of identifying areas within the N classes with x, y coordinates (under the influence of stress caused by the influence of the factors Q_{stress},) can be reduced to the problem classification of images within the selected periods i, spectral bands r_{λ_i}, types of sensors and the region of research.

The calculated local risk values are presented in Fig. 8.

These risks are evaluated as the probability of negative consequences. Thus, a risk value of 0.5 means that in conditions of reliable exceeding the average level of seasonal fluctuations in the amount of precipitation, a flood event will be recorded.

Based on local and regional risks, flood, flood and flood risks were assessed. The calculation results are presented in Fig. 9.

Thus, the proposed approach to the assessment of risks of flooding and the method of calculating the spatial distribution of regional indicators of risks of flooding using satellite observations in the optical range.

Methods for quantitative assessment of water quality by observations and measurements. The idea of the method under consideration is to develop a formal approach to the use of heterogeneous data sets for assessing water quality indicators in terms of risk. The likelihood of deterioration in the presence of elevated concentrations of certain pollutants is assessed.

At the same time, we evaluate the quality of water by classes (first through fifth) and categories (first through seventh). Water quality is determined by the water class or water category. Analytically, water quality is determined by sets of indices, which are grouped into three arrays: mineral-salt indices (three indicators), sanitary and hygienic criteria (another name is trophosaprobiotic indices, 20 of them) and specific indices of toxic pollutants (another name are indices of specific substances of toxic and radiation exposure, this group includes 15 indicators).

In real situations, we have the ability to measure limited sets of indicators that are indirectly related to these indices. The task of reliable assessment of water quality becomes very difficult. However, we can estimate the probability of a change in water quality in accordance with the class (or category) with changes in the observed indicators.

Thus, the problem under consideration can be reduced to a formal algorithm for obtaining dimensionless interval estimates using rank criteria sets based on the theory of fuzzy sets.

The risk assessment algorithm is divided into several stages, and can be represented in a relatively simple form. The set of indices for risk assessment is defined as follows:

$$M = (x_1, x_2, ..., x_n) = \{x_i\}, i = 1,2,...,n .$$

Where n is the number of selected estimated parameters, x_i is a parameter from the set of i^{th} risk/pollutant parameters (in most real cases they operate with a set of several known pollutants, for example, we will take into account those that we can see by means of remote sensing: transparency, suspended matter, phytoplankton biomass, trophicity, surface-active organic substances, synthetic surfactants, $n = 6$).

Based on the water quality criteria introduced by most of the constituent documents, for example, the European Water Directive, many criteria for risk assessment should be defined as follows:

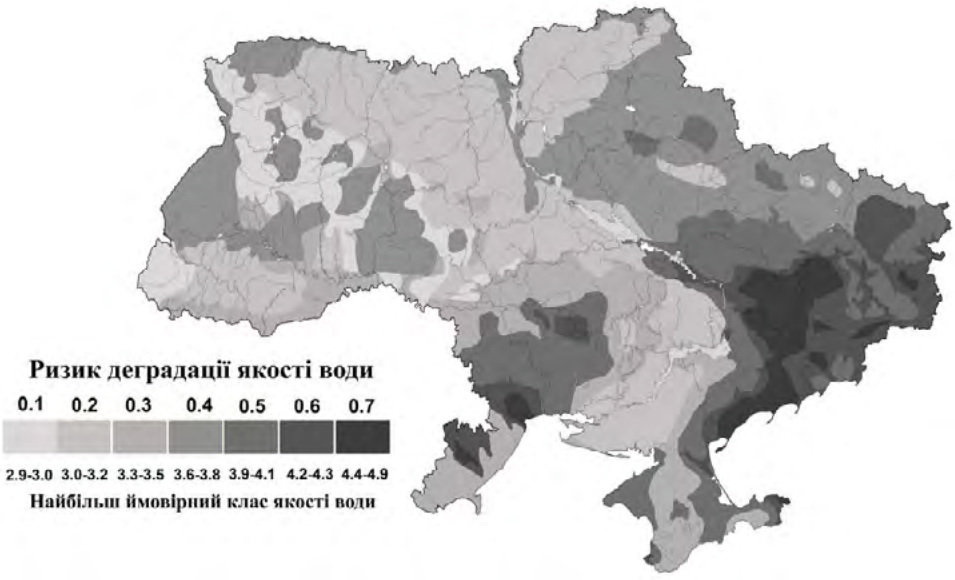


Fig. 10. The risk of deterioration of the quality of surface water resources according to satellite observations MODIS, MISR and AIRS 2002–2014 (model grid 50x50 km)

$$D = (d_1, d_2, ..., d_m) = \{d_i\},\ j = 1,2,...,m\ .$$

Here m is the number of classes or quality categories (the risk of assignment to which we will determine) d_j, the corresponding quantities of pollutants for which the assessment is carried out, usually $m = 5$ (which corresponds to the number of classes).

Further, the risks associated with water pollution are distributed by a fixed number of degrees (risk assessment intervals): low risk, acceptable risk, unacceptable risk, high risk and catastrophic risk.

The matrix Z, which will link the risk assessment indices (pollutants) M and the water quality criteria D, will look like this:

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} \cdots W \cdots z_{1m} \\ A \cdots C \cdots T \\ z_{n1} \cdots E \cdots Z_{nm} \end{bmatrix}.$$

Where z_{ij} is the assessment of the partial risk i^{th} by the criterion of the risk of individual pollution j^{th} from the total set of indices used to assess quality (38 parameters).

Here, to determine the weight of the indices V_i, we will use the coefficients of variation as follows:

$$V_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i)}}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i},$$

where $0 \le V_i \le 1$.

Then the risk assessment matrix F can be represented as follows:

$$F = V \bullet Z = (f_1 \ldots f_2 \cdots, \ldots f_m).$$

In this case, we can calculate the quantitative indicators of the risk of contamination (in accordance with the definition entered) *RI* by a simple algorithm:

$$RI = \frac{\sum_{j=1}^{n} f_i \times j}{\sum_{j=1}^{n} f_i}.$$

Thus, an algorithm can be proposed for assessing the risk of pollution of water bodies in accordance with the criteria for assessing water quality and sets of indicators, which are obtained from measurements and observations. The proposed method requires testing using field-based spectrometric measurements.

In fig. 10 presents the results of modeling the risk of degradation of the quality of terrestrial water resources according to satellite observations using the above algorithm.

In the future, this technique can be improved by using data from field spectrometric measurements and applying spatial modeling.

Features of the creation and monitoring of surface water. To solve the set tasks, it is necessary to develop spatial-oriented models of key facilities of the state environmental monitoring system and pollution control systems. Such models should take into account the spatial (geographical) and informational characteristics of objects. Such models are called geo-information models or GIS-models. So, during the synthesis of GIS-models of objects of the environmental monitoring system, all relations between the main objects of this system should be determined for both their spatial and informational characteristics.

Mathematically, the ratio of the spatial components of GIS models will be described using the following notation:

$$O_1 \subset (X_1, Y_1),\ O_2 \subset (X_2, Y_2),\ \exists (x_2, y_2) \in (X_2, Y_2): (x_2, y_2) \in (X_1, Y_1),$$

This expression means the following: the object O_1, the coordinates of the points of which belong to the set (X_1, Y_1) , and the object O_2, the coordinates of the points of which belong to the set (X_2, Y_2) have "there are common points", that is, there are such ("$\exists$") pairs of coordinates (x_2, y_2) from the set (X_2, Y_2) , which also belong to the set (X_1, Y_1).

Option, when all points of the object O_3 belong to the points of the object O_2, can be described as follows:

$$O_3 \subset (X_3, Y_3),\ \ O_2 \subset (X_2, Y_2):\ (X_3, Y_3) \in (X_2, Y_2).$$

The specified pairs of coordinates of points can be Cartesian (abscissa and ordinate), and polar (length and angle), and geodesic (latitude and longitude).

The description of the attribute database of objects that contain the information component of the GIS model will be presented in this form

$$O = [\text{CodeO, Par01, Par02, } \ldots],$$

where CodeO is the unique object code O in the monitoring system database (the key field for setting informational relations with other models) Par01, Par02 ... are the names of the parameters of the object A.

The description of the information component of the GIS-model of the object O1, which is in a certain relationship with the object B, will look like

$$O_1 = [\text{CodeO}_1, \text{CodeO, Par11, Par12, } \ldots],$$

where CodeO_1 is the unique object code O_1 in the database of the monitoring system (the key field for establishing information relations with other models, in particular with the model of object O); Par11, Par12 ... – names of the parameters of the object O_1.

Conclusions. Methods are proposed for remote assessment of the ecological and technical state of water technical systems. A comprehensive approach is proposed for predicting the risks of natural disasters based on physical, mathematical, and geospatial modeling using Earth remote sensing data. A method for determining the density of planktonic algae based on satellite imagery data has been developed. Using remote sensing methods, one can obtain maps of the distribution of turbidity, algo-index, lakes and thermal heterogeneity maps in the surface layer of reservoirs. Formed requirements for the protection of aquatic ecosystems using aerospace technology. The development of scientific foundations of multispectral

methods and technical means of monitoring the ecological status of aquatic ecosystems is a prerequisite and the basis for the effective management of their ecological safety. As a result of research, it was found that when assessing the complex impact of pollutants on the ecological state of aquatic ecosystems using aerospace technologies, it is advisable to take into account changes in biological indicators (biomass indicators and species composition of phytoplankton and higher aquatic plants). In accordance with the Water Framework Directive 2000/60/EC, the monitoring of integral indicators of water pollution should be based on their ecotoxicity, which is determined using biotesting and allows for the synergistic interaction of pollutants to be taken into account.

References

1. Multi-spectral methods of remote sensing of the Earth in the problems of nature use / Lyalko V.I., Fedorovsky O.D., Popov M.O. et al. Kyiv : Scientific thought, 2006. 357 p.
2. Bilyavsky G.O., Furduy R.S., Kostikov I.Yu. Fundamentals of Ecology. Kyiv : Lybid, 2005. 408 p.
3. Environmental monitoring / O.I. Bondar, I.V. Korin'ko, V.M. Tkach, O.I. Fedorenko ; ed. O.I. Fedorenko. Kyiv : DEI-GTI, 2005. 126 p.
4. Bogolyubov V.M., Klymenko M.O. Environmental monitoring : textbook / ed. V.M. Bogolyubov and T.A. Safranov. Kherson : Grin DS, 2016. 530 p.
5. Toom L.M., Tomiltsev A.I., Tomchenko O.V. Assessment of the status of water protected areas using the methods of remote sensing of the Earth (for example, the Dniester complex of HPS and PSP). *Hydropower of Ukraine*. 2016. № 3–4. P. 51–56.
6. Klymenko M.O. Environmental Monitoring. Rivne : UDUVGP, 2002. 232 p.
7. Kostyuchenko Yu.V., Kopachevsky I.M., Solovyov D.M., Yushchenko M.V., Akimenko P.O. The use of satellite observations for the assessment of regional hydro-hydrogeological risks. *Space Science and Technology*. 2011. T. 17. № 6. P. 19–29.
8. Koshan S.S., Orient A.B. Remote sensing of the Earth: theoretical basis. Kyiv : High school, 2009. 511 p.
9. Lyalko V.I., Sahatsky A.I., Khodorovsky A.Ya. Application of multi-zonal space images for assessing the ecological state of forests (on the example of the CHAES alienation zone). *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Information technologies for environmental safety management, resources and emergency measures"*. Krym, Sibirskaya Rybache, September 8–11, 2002 : thesis doc. NAU "KhAI", 2002. P. 75–77.
10. Matsnev A.I., Protsenko S.B., Sabli L.A. Monitoring and engineering methods of environmental protection : teaching. manual. Rivne : OJSC "Rivne Printing House", 2017. 504 p.
11. Mashkov O.A., Vasiliev V.E., Frolov V.F. Methods and technical means of ecological monitoring. *Scientific and practical journal "Ecological sciences"*. 2014. № 1 (5). P. 57–67.
12. Mashkov O.A., Kachalin I.G., Sinitsky R.N. Design and development of an automated system for the collection and processing of geophysical information. *Collection of scientific works* / Institute of Modeling Problems in Power Engineering. Kyiv, 2005. Vip. 29. P. 57–64.
13. Monitoring and methods for measuring environmental parameters : training manual / B.M. Isaenko, G.V. Lisichenko. Kyiv : Vt. Nats. aviation Un "NaU-Print", 2016. 312 p.
14. Pichugin M.F., Mashkov O.A., Saschuk I.M., Kirilyuk V.A. Processing of geophysical signals in modern automated complexes. Zhytomyr : ZVIERE, 2006. 176 p.
15. The threats of anthropogenic impact on the landscape and biological diversity of the lakes of Shatsk National Nature Park / V.D. Romanenko, V.I. Shcherbak, V.M. Yakushin, N.V. Maistrova, N.E. Semenyuk. *Nature of Western Polissya* : Sat. sciences Prospekt VSU them. Lesia Ukrainka. Lutsk : RVB "Tower" Volyn. The state un-th them Lesia Ukrainka, 2012. № 9. P. 319–324.
16. Method of remote estimation of ecological status and quality of water of inland water bodies. *Reference edition "Prospective scientific and technical developments of the National Academy of Sciences of Ukraine"*. Issue "Ecology and Environmental Protection". Kyiv : Academiperiodica, 2017. P. 32.
17. Stankevich S.A., Kozlova A.O. Features of the calculation of the index of species diversity by the results of the statistical classification of aerospace images. *Uchenye zapiski Tavricheskogo National University named after VI Vernadsky*. 2006. T. 19 (58). P. 144–150.
18. Tomchenko O.V., Silayeva A.A., Protasov O.O. Use of space observation data from the earth's surface to assess the transformation of the lithologic zone of the cooling water reservoir provided the water level is reduced. *Materials of the 5th International Scientific and Practical Conference "Clean Water. Fundamental, Applied and Industrial Aspects"* (October 26–27, 2017, Kyiv, Ukraine). P. 207–209.
19. Shapar A.G., Eemets N.A., Bugor A.N. Analytical component (knowledge base) of the environmental monitoring system. *Ecology and Nature Management* : Coll. sciences Works of IPPI of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2013. Issue 17. P. 181–187.

УДК 620.97:697.34
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-23

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ Й ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ В КОНТЕКСТІ СВІТОВИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

Предун К.М.
Київський національний університет будівництва і архітектури
просп. Повітрофлотський, 31, 03037, м. Київ
31172@ukr.net

Розглянуто сучасні тенденції екологічного будівництва на основі принципів біосферної сумісності. Показано необхідність комплексного, багаторівневого підходу до вирішення питань екологічної безпеки урбанізованих територій. Системи теплопостачання населених пунктів України сьогодні є прикладом неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у державі. Розглянуто особливості впровадження енергоаудиту в будівництві в державі. Доведено, що енергетичний аудит дозволяє об'єктивно оцінити енергетичний і фізичний стан будівель, вказати на основні недоліки, розрахувати та правильно підібрати заходи для їх усунення. Заміна основного палива – природного газу – для потреб джерел теплоти альтернативним дає економію коштів (за рахунок різниці цін природного газу та інших органічних палив) як власникам індивідуального житла, так і місцевим бюджетам (в умовах децентралізації державного управління). Водночас лише такі заходи породжують ряд інших проблем, однією з яких є збільшення забруднення навколишнього природного середовища. Влаштування альтернативних джерел енергії – сонячних електростанцій, використання теплонасосних технологій – вирішує проблему «теплового забруднення» атмосфери. На прикладі індивідуального житлового будинку на основі техніко-економічного порівняння варіантів його енергозабезпечення визначено пріоритетність заходів. На основі виконаних розрахунків обґрунтовані величини економії органічних палив і зменшення забруднення атмосферного повітря. Реалізація вказаних заходів дозволить зменшити споживання традиційного природного газу для потреб теплопостачання населених пунктів. *Ключові слова:* органічні палива, джерела енергії, енергопостачання, енергоефективність, енергоаудит, екологія, забруднювальні речовини, парникові гази, показники емісії, викиди в атмосферне повітря, сонячні електростанції, техніко-економічне обґрунтування.

Innovative technologies of heat supply systems design and operations in the context of global ecological challenges. Predun K. The article considers current trends in ecological construction based on the principles of biosphere compatibility. The necessity of an integrated, multi-level approach to addressing the environmental safety of urbanized areas is shown. Heat supply systems of residential areas of Ukraine are an example of the inefficient fuel and energy resources usage. The peculiarities of introduction of energy audit in construction in our country are considered. It is proved that the energy audit allows you to objectively assess the energy and physical conditional of buildings, point out the main shortcomings, calculate and correctly choose the measures to eliminate them. Substitution of the core fuel – natural gas with an alternative fuel – for the caloric sources need, yields costs economy for the individual property owners (due to the price difference between natural gas and other fossil fuels) as well as for the municipal treasures (under the conditions of decentralization of the governmental control). At the same time these efforts cause other challenges. Increased environmental pollution is one of them. Deployment of the alternative energy sources – solar power plants, usage of heat pump technologies solves the atmosphere "thermal pollution" challenge. Action plan and priorities are defined using the individual residential house example, and based on technical and economic feasibility study of its energy supply options. On the basis of the performed calculations, the values of natural gas savings and reduction of the atmosphere air pollution are determined. The implementation of these measures will reduce the consumption of traditional natural gas for the needs of the heat supply of settlements. *Key words:* organic fuels, energy sources, electrical power supply, energy efficiency, energy audit, ecology, pollution agents, greenhouse gases, emission indicators, atmospheric emissions, solar power plants, technical and economic feasibility study.

Постановка проблеми. Традиційно найбільш затребуваними в Україні є викопні ресурси: природний газ і вугілля, які сумарно складають понад 60% вітчизняного енергетичного балансу [1]. Після підписання Угоди про асоціацію з ЄС [2] в державі розпочалося реальне реформування паливно-енергетичного сектору економіки. Пріоритетом стають підвищення енергоефективності, використання енергії з альтернативних джерел [1]. Внаслідок впровадження таких заходів значно зменшується шкідливий вплив на довкілля (насамперед – атмосферне повітря) під час генерації, транспортування та використання енергії.

Актуальність дослідження. За рішеннями Паризької кліматичної угоди країни-підписанти повинні забезпечити недопущення підвищення глобальної середньої температури довкілля більш, ніж на 2°С (за можливості – не більше 1,5°С) [3] щодо показників доіндустріальної епохи. Моделювання ситуації показало, що, якщо органічні палива видобуватимуть із тією самою швидкістю протягом наступних 28 років, як це було упродовж 1988–2017 рр., то глобальні середні температури повітря зростуть на 4°С до кінця століття.

Ще однією метою Угоди є зменшення викидів парникових газів у атмосферу до нульового рівня

протягом другої половини XXI ст. Україна за період 1988–2015 рр. увійшла в топ-100 країн і компаній за величиною викидів парникових газів і займає 40 місце з 0,49% від загального обсягу викидів у атмосферне повітря [4].

Енергоефективність – дієвий спосіб вирішення проблем за рахунок зменшення первинного споживання енергії та, відповідно, скорочення викидів забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря. У європейських країнах впровадження заходів згідно з вимогами Директиви Європарламенту 2012/27EU (збільшення частки альтернативних джерел енергії, використання вторинних енергоресурсів, відмови від використання вугілля тощо) [5] дає відчутний результат щодо пом'якшення наслідків зміни клімату.

Таким чином, зменшення споживання традиційних органічних видів палива в експлуатації будівель і споруд різного призначення та, відповідно, скорочення викидів забруднювальних речовин і парникових газів із продуктами спалювання в атмосферне повітря є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теплову енергію для централізованих систем населених пунктів генерують теплоелектроцентралі (ТЕЦ), опалювальні та промислово-опалювальні котельні. У місцевих системах теплопостачання її забезпечують зазвичай квартирні та будинкові генератори, а останнім часом – і джерела альтернативних енергоресурсів.

Частка потужностей у тепловій генерації, що відповідає екологічним вимогам ЄС (щодо викидів в атмосферне повітря забруднювальних речовин і парникових газів), не перевищує декількох відсотків [1]. Аналогічна картина і з часткою альтернативних видів палива у місцевих паливно-енергетичних балансах [1; 6]. Проте, з погляду екологічних наслідків, домінування природного газу як основного палива для джерел теплопостачання є найбільш сприятливим для довкілля [7].

Шляхом реалізації поставлених Законами України, іншими нормативно-правовими актами [1; 8–12] завдань до 2035 р. планується досягти європейського рівня щодо екобезпеки виробництва теплоти (поточний рівень викидів забруднювальних речовин в Україні, наприклад, при використанні вугілля є більшим за нормативи ЄС у середньому в 7–80 разів залежно від виду палива). Водночас частка місцевих альтернативних палив сягне 20%.

Останнім часом у світі дедалі більше уваги приділяється установкам, які безпосередньо перетворюють сонячне випромінювання в електричну енергію за допомогою напівпровідникових фотоелектричних елементів. В Україні вартість такої електроенергії сьогодні у декілька разів перевищує вироблену традиційним способом, наприклад, тепловими електростанціями (ТЕС) [13]. Незважаючи на це, широко впроваджуються як дрібні установки для енергопостачання індивідуальних будинків, так і великі сонячні електростанції (СЕС), здатні замінити традиційні на викопних паливах.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Робота присвячена дослідженню ефективності заходів із заміни в Україні традиційних палив і джерел енергії альтернативними для потреб теплопостачання як окремих будівель і споруд, так і населених пунктів загалом, а також оцінки впливу на навколишнє природне середовище викидів забруднювальних речовин разом із продуктами спалювання.

Виклад основного матеріалу. Індивідуальний двоповерховий житловий будинок котеджного типу розташований поблизу м. Києва. Кондиціонована площа складає A_f = 180 м². Теплова енергія використовується для потреб опалення і гарячого водопостачання (розрахунки виконано відповідно до вимог [14; 15]): $Q_{H,nd}+Q_{DHW,nd}$ = 7 927 кВт-год. Для таких будівель нормативне максимальне значення питомої енергопотреби на підставі [14] дорівнює EP_{max} = 120 кВт-год/м². За результатами розрахунку питомої енергопотреби її величина становить EP = 44,04 кВт-год/м², що відповідає класу енергоефективності «С», тобто мінімальним вимогам чинних нормативних документів для житлових і громадських будівель, що проектуються.

На підставі розгляду декількох можливих варіантів опалення з урахуванням вимог нормативних документів і рекомендацій на проектування [15; 16] була прийнята така структурна схема опалення: перший поверх – «тепла підлога», другий поверх – горизонтальна система з використанням як опалювальних приладів фанкойлів. Параметри теплоносія – гарячої води – 45–35°С. Регулювання теплових потоків відбувається за допомогою термостатичних клапанів. У теплий період року за допомогою фанкойлів передбачається охолодження внутрішнього повітря.

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) розташований у приміщенні цокольного поверху. Він оснащується автоматичними пристроями, які реалізують погодне регулювання і підтримують задану температурним графіком температуру теплоносія системи опалення.

Для систем теплопостачання житлових будинків традиційним енергоносієм є природний газ. В умовах зростання його вартості, а також збільшення вимог щодо енергоефективності будинку розглянуто декілька альтернативних варіантів теплопостачання.

Органічні види палива – природний газ, вугілля, торф – спалюють в індивідуальних теплогенеруючих установках (ТГУ), топки котрих розраховані на згоряння відповідних палив. Також проаналізовані варіанти екологічно чистої енергетики – встановлення як індивідуального електрокотла, підключеного до міських електромереж, так і теплонасосної установки (ТНУ) типу «повітря-вода», яка живиться електроенергією, виробленою власною сонячною

електростанцією (СЕС). Проміжний варіант – комбіноване забезпечення електроенергією власної сонячної електростанції, а у разі її недостачі – мережевим струмом, що надходить від теплоелектростанції. Паливо для ТЕС – газове вугілля марки ГР.

Фізико-хімічні властивості використаних палив наведено у табл. 2 і 3.

Як СЕС запропоновано використати інноваційні технології: сонячні плитки Тесла [17], суміщені з конструкцією покрівлі даху, кожна з яких містить по два елементи вихідною електричною потужністю 12 Вт кожний. Відповідно до конструктиву покрівлі загальна кількість плиток, розміщених на даху будинку, $n = 661$ шт. Таким чином, максимальна потужність «сонячного даху» становитиме 15 864 Вт, якої більш ніж достатньо для потреб будинку. Надлишкова енергія надходитиме в акумулятор Powerwall 2 [17], від якого в період відсутності сонячної активності, наприклад, уночі живитимуться усі споживачі.

Протягом року може бути згенеровано 5 580 кВт-год. електроенергії. Різниця від потреби – приблизно 2 500 кВт – компенсується мережевим струмом.

Із застосуванням теплонасосної установки сумарна споживана потужність протягом року складе 4 632 кВт-год., що гарантовано «покривається» власною СЕС.Для екстренних випадків передбачено дизельний електрогенератор потужністю 5 кВт для забезпечення безперервної роботи теплового насосу.

Прогнозовані викиди в атмосферне повітря разом із продуктами згоряння визначені розрахунковим шляхом згідно з методикою [18] на основі даних про кількість і фізико-хімічні властивості використаних палив. Також враховані характеристики процесів спалювання й ефективність заходів щодо зменшення викидів кожного з інгредієнтів. Загалом разом із димовими газами в атмосферне повітря надходять:

1) забруднювальні речовини:

а) оксиди азоту NO_x в перерахунку на діоксин азоту NO_2;

б) оксид вуглецю CO;

в) сполуки сірки в перерахунку на сірчистий ангідрид SO_2;

г) тверді частки у вигляді сажі, золи тощо;

2) парникові гази:

а) діоксин вуглецю CO_2;

б) метан CH_4;

в) діазоту оксид N_2O.

Для невеликих ТГУ, зазвичай, відсутні дієві заходи щодо зменшення викидів забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря. Результати розрахунків наведено у табл. 4.

Вартість кожного з палив визначена за ринковими цінами станом на 01 травня 2019 р. Для твердих палив

Таблиця 1

Варіанти теплозабезпечення індивідуального будинку

Позн.	Джерело теплоти	Паливо		Витрата електроенергії, кВт-год	Джерело електроенергії
		вид	витрата, кг/рік		
А1	ТГУ	Газ природний	959*		
А2	Те саме	Вугілля	1 941		
А3	Те саме	Торф	3 960		
А4	Те саме	Електроенергія	5 021**	8 050	ТЕС
Б	Те саме	Електроенергія	-	5 580	СЕС
			1 564**	2 470	ТЕС
В	ТНУ	Електроенергія	-	4 632	СЕС

Примітки. Для природного газу витрата палива вказана у м³.** Витрата палива визначена з урахування втрат при трасформації та передачі енергії від ТЕС до електрощитової будинку.*

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості природного газу [18]

Родовище	Склад газу, % об'ємний				Густина ρ, кг/м³	Теплота спалювання $Q_н^р$, МДж/м³
	CH_4	C_2H_6	CO_2	N_2		
Ямбурзьке	98,6	0,1	0,1	1,2	0,723	33,07

Таблиця 3

Фізико-хімічні властивості твердих палив [18]

Вид палива	Родовище	Склад палива, %							Теплота спалювання $Q_н^р$, МДж/кг
		$C^р$	$H^р$	$N^р$	$O^р$	$S^р$	$A^р$	$W^р$	
Вугілля ГР	Львівсько-Волинське	49,3	3,6	1	8,3	1,5	21,8	13	19,6
Торф	Волинське	30	3	1,2	3	0,15	12,5	50	8,95

у подальших розрахунках не врахована вартість доставки, зберігання та утилізації твердих відходів.

Податкові зобов'язання за викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря розраховані відповідно до вимог ст. 243 ПКУ-2019 [19].

Із використанням мережевого струму для опалення та підігріву води зростає кількість органічного палива, спожитого ТЕС, за рахунок втрат при генерації, передачі та використанні електроенергії. Водночас на джерелах централізованого енергозабезпечення за рахунок запровадження новітніх технологій спалювання вугілля, встановлення пилогазоочисного устаткування можна суттєво зменшити «теплове забруднення» атмосферного повітря.

Для кожного з розглянутих варіантів теплопостачання індивідуального житлового будинку підібрано технологічне устаткування в середньому ціновому в Україні діапазоні станом на 01 травня 2019 р. Вартість послуг із підключення до відповідних вуличних мереж вказана для типових схем. Вартість обладнання СЕС обрахована за курсом національної валюти станом на 01 травня 2019 р. Результати розрахунків наведено у табл. 6.

Якщо за критерій порівняння вибрати вартість технологічного устаткування, то найбільш економічним варіантом забезпечення тепловою енергією є влаштування електричного підігріву води для систем опалення і гарячого водопостачання шляхом підключення електрощитової будинку до мережевого струму ТЕС. Влаштування власної СЕС дорожче більш, ніж у 10 разів.

Більш доцільно порівняти конкурентоспроможність запропонованих варіантів теплопостачання

Таблиця 4

Викиди забруднювальних речовин і парникових газів із використанням індивідуальних теплогенераторів на органічному паливі

Показник	Умовн. познака	Один. виміру	Паливо		
			Газ	Вугілля	Торф
1. Теплове навантаження	Q	кВт	7 927	7 927	7 927
2. Витрата палива	В	м^3/рік	959	-	-
		т/рік	0,693	1,941	3,960
А. Викиди забруднювальних речовин					
3. Оксиди азоту:					
- показник емісії	k_{NOx}	г/ГДж	56	100,9	100,9
- валовий викид	M_{NOx}	т/рік	0,0013	0,0038	0,0036
4. Оксид вуглецю:					
- показник емісії	k_{CO}	г/ГДж	17	121	121
- валовий викид	M_{CO}	т/рік	0,0004	0,0042	0,0042
5. Тверді частинки (сажа):					
- показник емісії	k_{TB}	г/ГДж	-	1 676	2 105
- валовий викид	M_{TB}	т/рік	-	0,0638	0,0746
6. Оксиди сірки:					
- показник емісії	k_{SO2}	г/ГДж	-	1377	302
- валовий викид	M_{SO2}	т/рік	-	0,0524	0,0107
7. Разом	ΣM_I	т/рік	0,0017	0,1242	0,0931
Б. Викиди парникових газів					
8. Діоксид вуглецю:					
- показник емісії	k_{SO2}	г/ГДж	57 659	93 740	121 675
- валовий викид	M_{SO2}	т/рік	1,3214	3,5662	4,3124
9. Метан:					
- показник емісії	k_{CH1}	г/ГДж	1	1	1
- валовий викид	M_{CH1}	т/рік	0,00002	0,00004	0,00004
10. Оксид діазоту:					
- показник емісії	k_{N1O}	г/ГДж	0,1	1,4	1,3
- валовий викид	M_{N2O}	т/рік	$2{,}3*10^{-6}$	0,00005	0,00005
11. Разом:	ΣM_{II}	т/рік	1,3214	3,5663	4,3125
12. Всього викиди:	ΣM	т/рік	1,3231	3,6905	4,4056
В. Економічні показники					
13. Вартість палива	С	грн	8 243,24	5 046,60	7 920,00
14. Податкові зобов'язання	ПЗ	грн.	16,45	179,94	85,67

Таблиця 5

Викиди забруднювальних речовин і парникових газів із використанням індивідуальних електричних теплогенераторів

Показник	Умовн. познака	Один. виміру	Паливо – вугілля		
			ТЕС	СЕС+ТЕС	ТЕС*
1. Теплове навантаження	Q	кВт	7 927		
2. Витрата палива	В	т/рік	5,021	1,564	5,021
А. Викиди забруднювальних речовин					
3. Оксиди азоту:					
- показник емісії	k_{NOx}	г/ГДж	116	116	43
- валовий викид	M_{NOx}	т/рік	0,0114	0,0036	0,0042
4. Оксид вуглецю:					
- показник емісії	k_{CO}	г/ГДж	11,4	11,4	9,7
- валовий викид	M_{CO}	т/рік	0,0011	0,0003	0,0010
5. Тверді частинки (сажа):					
- показник емісії	k_{TB}	г/ГДж	282	282	282
- валовий викид	M_{TB}	т/рік	0,0278	0,0086	0,0278
6. Оксиди сірки:					
- показник емісії	k_{SO2}	г/ГДж	1 454	1 454	72
- валовий викид	M_{SO2}	т/рік	0,1431	0,0446	0,0071
7. Разом	ΣM_I	т/рік	0,1834	0,0571	0,0401
Б. Викиди парникових газів					
8. Діоксид вуглецю:					
- показник емісії	k_{SO2}	г/ГДж	91814	91 814	91 814
- валовий викид	M_{SO2}	т/рік	9,0356	2,8145	9,0356
9. Метан:					
- показник емісії	k_{CH1}	г/ГДж	1	1	1
- валовий викид	M_{CH1}	т/рік	0,0001	0,00003	0,0001
10. Оксид діазоту:					
- показник емісії	k_{N2O}	г/ГДж	1,4	1,4	1,4
- валовий викид	M_{N2O}	т/рік	0,0001	0,00004	0,0001
11. Разом:	ΣM_{II}	т/рік	9,0358	2,8146	9,0358
12. Всього викиди:	ΣM	т/рік	9,2192	2,8717	9,0759
В. Економічні показники					
13. Вартість палива	С	грн	13 054,6	4 066,4	13 054,6
14. Податкові зобов'язання	ПЗ	грн	472,25	147,31	121,14

Примітка. Для зменшення викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря запроваджені технології спалювання вугілля в кип'ячому шарі, а також десульфатизації димових газів.*

Таблиця 6

Вартість технологічного устаткування

Найменування витрат	Варіант теплозабезпечення					
	А1	А2	А3	А4	Б	В
1. Підключення до мережі:						
- газопостачання	14 500	-	-	-	-	-
- електропостачання	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
2. ТНУ	-	-	-	-	-	154 000
3. Індивідуальна ТГУ:						
- газова	34 650	-	-	-	-	-
- твердопаливна	-	110 340	110 340	-	-	-
- електрична	-	-	-	17 380	17 380	-
4. Покрівля даху:						
- звичайна черепиця	46 000	46 000	46 000	46 000	-	-
- черепиця Tesla	-	-	-	-	588 800	588 800
5. Акумулятор + інвертор	-	-	-	-	196 000	196 000
Всього	120 150	181 340	181 340	88 380	827 180	963 800

Таблиця 7

Порівняння вартості варіантів теплопостачання

Варіант теплопостачання			Вартість, тис. грн				Пріоритет
			паливо	викиди	обладнання	всього	
А1	ТГУ	газ	103,04	0,21	132,17	235,42	1
А2	ТГУ	вугілля	63,08	2,25	199,47	264,80	2
А3	ТГУ	торф	99,00	1,07	199,47	299,54	4
А4	ТГУ	ТЕС	163,18	5,90	97,22	266,30	3
Б	ТГУ	СЕС+ТЕС	50,83	1,84	909,90	962,57	5
В	ТНУ	СЕС	-	-	1060,18	1060,18	6

індивідуального будинку за деякий проміжок часу, наприклад, 10 років. У розрахунках вартості палив, податкових зобов'язань за викиди продуктів спалювання в атмосферне повітря враховано інфляційні очікування в розмірі 25%. На ціну обладнання нараховано 10% витрат на поточні ремонти.

Головні висновки. За результатами виконаних розрахунків визначено пріоритетність варіантів теплопостачання індивідуальних житлових будинків. Незважаючи на найдорожчу ціну природного газу порівняно з іншими паливами, він залишається основним екологічно безпечним енергоносієм для потреб теплопостачання будівель і споруд. Сонячні електростанції, попри повну відсутність забруднень довкілля, залишаються найдорожчим варіантом альтернативної енергетики. За умови продажу всієї виробленої електроенергії за «зеленим тарифом» [13] термін окупності такої СЕС складе не менше 15 років. Водночас слід суттєво збільшити в ПКУ зобов'язання за викиди продуктів спалювання в атмосферне повітря, оскільки їх частка для найгіршого варіанта забруднення довкілля – вугільної ТЕС – не перевищує 2,5% від загальних витрат.

Література

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвал. розпорядженням КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/ control/publish/article?art_ id=245234085(дата звернення: 10.06.2019).
2. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом,Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. URL: https://zakon.rada.gov.ua/ laws/show/984_011 (дата звернення: 10.06.2019).
3. Паризька кліматична угода: що відбувається та які результати? URL: https://24tv.ua/blog_media_ tag5427 (дата звернення: 10.06.2019).
4. Украина попала в ТОП-100 стран по выбросупарниковых газов: названо место. URL: https://economy.apostrophe.ua/news/ finansy-i-banki/2018-10-09/ukraina-popala-v-top-100-stran-po-vyibrosu-parnikovyih-gazov-nazvano-mesto-/142923 (дата звернення: 10.06.2019).
5. Директива Європейського парламенту та Ради 2012/27EU «Про енергоефективність». URL: http://saee.gov.ua/sites/default/ files/UKR_Directive_ 27 2012_2 (дата звернення: 10.06.2019).
6. Войтко С.В., Волинець К.В. Дослідження динаміки обсягів інвестування в альтернативну енергетику за секторами та регіонами. *Економічний форум*. 2017. № 1. С. 58–63.
7. Predun K.M., Shevchuk O.M., Franchuk Y.Y. Modernization of applied organizational and technological solutions in design and use modern heating systems. Innovative Solutions In Modern Science. 2019. № 2 (29). P. 61–77.
8. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України № 2118-VII. *Відомості Верховної Ради України.* 2017. № 3. С. 5. Ст. 359.
9. Про теплопостачання : Закон України. Редакція від 09 червня 2018 р. № 2417-VIII. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/ show/2633-15 (дата звернення: 10.06.2019).
10. Про альтернативні види палива : Закон України. Редакція від 24 листопада 2016 р. № 1713-VIII. URL: http://zakon.rada.gov.ua/ laws/ show/1391-14 (дата звернення: 10.06.2019).
11. Про альтернативні джерела енергії : Закон України. Редакція від 11 червня 2017 р. № 2019-VIII. URL: http://zakon.rada.gov.ua/ laws/show/555-15 (дата звернення: 10.06.2019).
12. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України. Редакція від 12 жовтня 2018 р. № 2354-VIII. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ 1264-12 (дата звернення: 10.06.2019).
13. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії : Закон України. № 1804-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2017. № 4. С. 85. Ст. 47.
14. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Чинний із 01 травня 2017 р. Київ : Мінрегіон України, 2017. 30 с.
15. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Чинний із 01 січня 2016 р. Київ : Мінрегіон України, 2015. 145 с.
16. ДБН В.2.5-67:2013. Інженерне обладнання будинків і споруд. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинний з 01 січня 2014 р. Київ : Мінрегіон України, 2013. 141 с.

17. URL:https://ecotechnica.com.ua/products/1611-solnechnaya-krysha-tesla-i-domashnie-batarei-powerwall-2-ilon-mask-prezentoval-novinki-video.html (дата звернення: 10.04.2019).
18. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. Київ : Видавництво «КВІЦ», 2002. 50 с.
19. Податковий кодекс України. № 2755-VI від 02 грудня 2010. Редакція від 01 січня 2019 р. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2628-19 (дата звернення: 10.06.2019).

УДК 621.865.8(031)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-24

МОБІЛЬНИЙ РОБОТ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАРКОВИХ ТА ЛІСНИХ ДЕРЕВНИХ МАСИВІВ

Поліщук М.М.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
пр. Перемоги, 37, 03056, м. Київ
borchiv@ukr.net

Стаття присвячена проблемі створення мобільних роботів для обслуговування паркових та лісних деревних масивів, а також об'єктів плодоовочевих господарств. Надано аналіз сучасних конструкцій роботизованих пристроїв для обрізки дерев та опис принципово нової конструкції мобільного робота довільної орієнтації на стовбурах дерев. Сучасний стан технічного та профілактичного обслуговування вітчизняних лісових й паркових господарств характеризується вкрай низьким рівнем використання автоматизованого обладнання або, принаймні, застосуванням технічних засобів з дистанційним керуванням. Технічний парк у вигляді лісових комбайнів та пересувних автотракторних агрегатів завдає негативного впливу навколишньому середовищу в наслідок викиду в атмосферу забруднювальних речовин, тобто продуктів згорання палива та залишків мастил при використанні приводів із двигунами внутрішнього згорання. Тим часом, виконання таких технологічних операцій як обрізка гілок, суків і наростів дерев, а також діагностика стану деревних масивів може з не аби яким успіхом виконуватись обладнанням с електричним приводом і дистанційним керуванням із залученням засобів як радіозв'язку, так і супутникової навігації – GPS (Global Positioning System) системи глобального позиціонування. Таким автоматизованим обладнанням для виконання вказаних операцій можуть бути мобільні роботи з відповідним технологічним оснащенням. Застосування цього відносно нового виду техніки забезпечує не тільки мобільність пересування по стовбурам дерев, а й головне – дотримання вимог екологічної чистоти щодо відповідного виробництва. Слід враховувати, що автономні джерела живлення приводів мобільних роботів мають обмежений ресурс, то у випадку знеструмлення приводів захватів для зчеплення транспортного засобу з поверхнею переміщення, останні не забезпечують гарантованого втримання робота на дереві, що суттєво знижує надійність його роботи. Вирішенню вказаних задач присвячена дана стаття, в котрій викладено принципово нову конструкцію мобільного робота, надана модифікована методика параметричного синтезу мобільних роботів і наведені рекомендації щодо синтезу крокуючих механізмів. Застосування запропонованого мобільного робота дозволяє здійснювати технічне обслуговування дерев незалежно від їх топології та породи. *Ключові слова:* мобільні роботи, крокуючі механізми, альпіністський робот, обрізка дерев.

Mobile robot for maintenance of park's and forest woodlands. Polishchuk M.M. The article is devoted to the problem of the creation of mobile robots for maintenance of park and woodlands, as well as objects of fruit and vegetable farms. The analysis of modern designs of robotic devices for tree trimming and description of fundamentally new construction of mobile robot of arbitrary orientation on tree trunks is given. The current state of technical and preventive maintenance of domestic forest and park farms is characterized by extremely low level of use of automated equipment, or, at least, the use of technical means with remote control. The technical park in the form of forest combines and mobile tractor units has a negative impact on the environment due to the release of pollutants into the atmosphere, that is, the products of combustion of fuel and residues of oils when using drives with internal combustion engines. Performing such technological operations as trimming of branches, bumps and tree stands, as well as diagnosing the condition of woodlands can be performed by equipment with electric drive and remote control with the use of means of radio communication and satellite navigation – GPS (Global Positioning System) of the global positioning system. The use of mobile robots with the appropriate technological equipment ensures not only the mobility of the movement along the tree trunks, but also the main thing – compliance with the requirements of environmental cleanliness in relation to the corresponding production. But keep in mind that autonomous power supplies for mobile robot drives have limited resources. In the event of a power failure of the mobile robot drives, the latter do not provide a guaranteed maintenance of the robot on the tree, which significantly reduces the reliability of its work. The solution of these problems is devoted to this article, in which a fundamentally new construction of a mobile robot is presented, a modified method of parametric synthesis of mobile robots is given and recommendations for the synthesis of stepping mechanisms are given. The application of the proposed mobile robot allows the maintenance of trees regardless of their topology and breed. *Key words:* mobile robots, stepping mechanisms, climber robot, tree trimming.

Постановка проблеми. Сучасним машинам для технічного та профілактичного обслуговування лісового й паркового господарств, що здійснюють технологічні операції обрізки гілок, суків і наростів дерев, притаманний такий суттєвий недолік як відсутність мобільності пересування по стовбурам дерев, тобто без посередньої участі людини у їх орієнтації незалежно від топології та порід дерев. Машини у вигляді лісових комбайнів є досить ефективним засобом механізації процесу обрізки дерев, однак цей вид техніки не обмежує функції людини тільки дистанційним керуванням, а вимагає особистої участі оператора у водінні ходової частини. У разі застосування мобільних транспортних засобів, слід враховувати,

що автономні джерела живлення їх приводів, мають обмежений ресурс, то у випадку знеструмлення приводів захватів для зчеплення транспортного засобу з поверхнею переміщення, останні не забезпечують гарантованого втримання робота на дереві, що суттєво знижує надійність його роботи.

Актуальність дослідження. Використання транспортних засобів у вигляді різноманітних моделей автотракторного обладнання для обслуговування паркових та лісних масивів завдає негативного впливу навколишньому середовищу, оскільки цим засобам притаманний викид в атмосферу забруднювальних речовин в наслідок використання приводів із двигунами внутрішнього згорання.

Альтернативою використанню автотракторних засобів із зазначеною метою є створення й експлуатація мобільних роботів довільної орієнтації в просторі, відомих у міжнародних виданнях під терміном Climber Robot (альпіністський робот). Ця нова модифікація мобільних роботів оснащена засобами втримання робота на поверхні довільної орієнтації відносно обрію технологічного простору. Беручи до уваги, що даний вид робототехніки повною мірою задовольняє вимогам екологічної чистоти, а його створення перебуває на початковій стадії й тільки у вигляді дослідних зразків, слід уважати викладені нижче дослідження актуальними.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Робота виконана відповідно до науково-технічної теми ФІОТ-1ТК/2017 «Синтез технологічних роботів довільної орієнтації» за Державним номером реєстрації № 01117U004912, що реалізується в межах досліджень в галузі робототехніки Національного технічного університету України «КПІ ім. І. Сікорського», зокрема на базі лабораторії робототехніки Факультету інформатики та обчислювальної техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні й експериментальні дослідження зі створення роботів довільної орієнтації в просторі, тобто роботів здатних переміщатися по поверхнях, розташованих під довільними кутами до обрію, почалися відносно недавно – в останньому десятилітті XX століття в країнах Західної Європи, США, Японії, Кореї, Китаї й Росії. На жаль, приклади вітчизняних розробок, так само як і публікацій (крім авторських) до теперішнього часу в даній області відсутні.

Брак мобільності відомих машини для контурної обрізки плодових чи паркових дерев, що, як правило, включають встановлену на ходовій частині раму зі змонтованим на ній ріжучим апаратом у вигляді дискових пилок або вертикальних ножів, може бути компенсований використанням мобільних роботів вертикального переміщення [1] або, так званих, роботів для скелелазіння (Wall Climbing Robots). Ці роботи містять як колісну, так і крокову трансмісію, а головне, оснащені засобами для зчеплення робота з поверхнею переміщення у вигляді вакуумних або механічних пристроїв, а також систему дистанційного керування. Однак відсутність у даних роботів, будь-якого технологічного оснащення для обрізки дерев не дозволяє використовувати їх із зазначеною метою. В той же час, не аби який інтерес викликає робот-обрізувач [2] для деревоподібних і чагарникових насаджень, що включає самохідне шасі з розміщеними на ньому механізмами для переміщення й орієнтації ріжучих органів відносно крон дерев і чагарників. Високотехнологічне інформаційне оснащення робота, дозволяє відтворити віртуальні 3D–образи крон дерев для ідентифікації об'єктів обрізки. Однак у конструкції даного робота, так само як і у відомих комбайнах для обрізки дерев, використовується самохідне шасі, позбавлене можливості переміщення безпосередньо по дереву, що обмежує його технологічні можливості.

На відміну від попереднього технічного розв'язку робот [3] із шістьома ногами має здатність переміщення безпосередньо по стовбуру дерева. Робот містить корпус із установленими на ньому шістьома приводними ніжками у вигляді шарнірних паралелограмів, оснащених голчастими зачепами. При оснащенні даного робота відповідним технологічним інструментом, він може бути використаний для обрізки гілок дерев. Однак відсутність у конструкції робота пристрою повороту не дозволяє роботові змінювати траєкторію руху, що суттєво обмежує його маневреність як мобільного засобу для пересування по деревах. Мобільний робот, описаний в монографії [4], містить корпус із захватами, виконаними у вигляді пазурів, що утворюють фаланги захвату й постачених пружинами для зчеплення захвату зі стовбуром дерева й лінійним приводом для розкриття захвату.

Однак при виконанні силових технологічних операцій, таких як обрізання гілок дерев, необхідне підвищення зусилля пружин (точніше їх жорсткості), що стискають пазурі захватів, а, отже, і підвищення потужності лінійного приводу для розкриття пазурів захватів, що неминуче приводить до збільшення ваги пристрою, а значить і до зростання гравітаційного навантаження на робот.

Аналіз наведених технічних рішень вказує на необхідність підвищення надійності експлуатації мобільного робота при відсутності обмежень його орієнтації на стовбурі або гілках дерев. Таки чином, задача створення мобільного робота для обслуговування деревних масивів залишається актуальною.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Для запобігання аварійної ситуації, тобто зриву робота з поверхні переміщення довільної орієнтації, у цьому випадку з поверхні стовбурів дерев, необхідно створити конструкцію його трансмісії, що володіє здатністю блокування систем зчеплення з поверхнею переміщення у випадку знеструмлення приводів руху робота. Крім того, дотепер відсутня

методика параметричного синтезу подібних мобільних роботів, яка б дозволила здійснювати їхнє проектування, з наступним забезпеченням надійного виконання технологічних операцій на поверхнях з довільною орієнтацією в просторі.

Новизна. Принципова новизна конструктивних рішень мобільного робота підтверджена кваліфікаційною експертизою Державного підприємства «Укрпатент» [5]. Запропонована нижче конструкція мобільного робота для обслуговування дерев дозволяє суттєво підвищити надійність експлуатації застосуванням самогальмуючих механізмів у конструкції захватів робота для його зчеплення з поверхнею дерева, а можливість довільної орієнтації забезпечується поділом корпуса робота на дві паралельні платформи, постачені приводом відносного повороту.

Методологічне або загальнонаукове значення. Запропонована модифікована методика структурно-параметричного синтезу мобільних роботів довільної орієнтації. Пропонована модифікація полягає в відображені не тільки наявності зв'язку критеріїв оптимізації з незалежними змінними в межах цільових функцій, що вже відомо, але ще й зв'язок цільових функцій на різних рівнях такої ієрархічної технічної системи як мобільний робот для обслуговування дерев.

Викладення основного матеріалу. Спочатку розглянемо принципово нову конструкцію та алгоритм дії мобільного робота для обслуговування деревних масивів, а потім запропонуємо модифікацію параметричного синтезу вказаного типу робота.

Конструкція робота. Мобільний робот працює наступним чином. У початковому положенні розташовані по діагоналі платформ 1 і 2 (рис. 1) захвати A і D зчеплені зі стовбуром дерева, а захвати B і C вільні від зчеплення. По командах системи дистанційного керування включають двигуни 3 і встановлені на їхніх валах шестірні 4 повідомляють переміщення зубчастим рейкам 5, жорстко з'єднаним з корпусом робота по діагоналі. У результаті платформи 1 і 2 роблять переміщення ±ΔZ у напрямку осі Z у системі координат XYZ щодо стовбура дерева.

Для виконання наступного кроку руху робота зі стовбуром дерева зчіплюються захвати B і C, а захвати A і D звільняються від зчеплення. При реверсі двигунів 3 шестірня 4 обкатується по зубчастій рейці 5 (оскільки тепер корпус робота через захвати B, C фіксовано на стовбурові дерева) і діагонально розташовані ноги робота з вільними від зчеплення захватами A і D переміщаються на таку ж величину ±ΔZ. Для продовження поступального руху викладений цикл повторюється при зчепленні попарно діагонально розташованих захватів A, D і B, C, а також при відповідному реверсі двигунів 3. Одночасно з поступальним переміщенням робота уздовж дерева, залежно від топології його стовбура, здійснюють кутовий рух стегна 6 і гомілки 7 ніг робота. Для цього включають двигуни 8, які обертаючи *самогальмуючі* гвинти 9 зі швидкістю ω_1 через шарнірно закріплені гайки, повідомляють стегнам кутовий рух $\pm\varphi_1$ згідно із заданою програмою або по командах оператора. Аналогічно роблять кутові рухи $\pm\varphi_2$ і гомілки ніг робота, оснащені такими ж *самогальмуючими* гвинтовими приводами зі швидкістю ω_2, як і стегна, але з меншою потужністю. Програма комбінаторики рухів визначається топологією дерева.

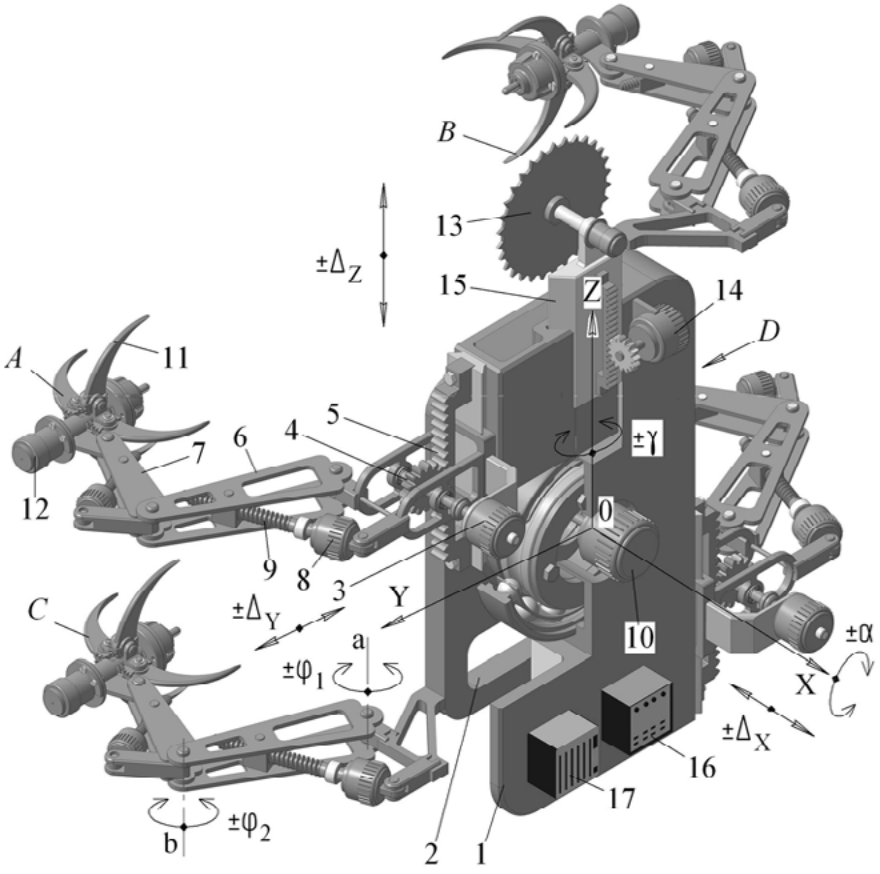
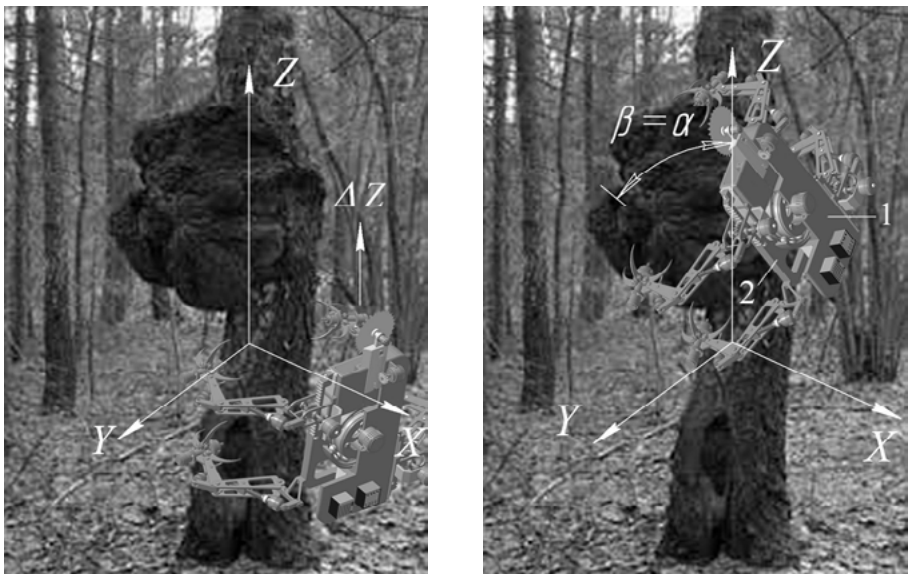


Рис. 1. Мобільний робот для обрізки дерев

Рух повороту мобільного робота, точніше його платформ 1 і 2, здійснюється при почерговому зчепленні захватів A, D і B, C. Так, наприклад, коли зі стовбуром дерева зчеплені захвати A і D а захвати B і C вільні від зчеплення, то при включенні двигуна 10 через трансмісію повертається нижня платформа 2 навколо осі X на кут ±α. А при зчепленні захватів B і C нижньої платформи й звільненні від зчеплення зі стов-



а *б*

Рис. 2. Положення мобільного робота на дереві з наростом

буром дерева захватів A і D, при реверсі двигуна 10 повертається верхня платформа 1 на кут β = α. Таким чином, реалізуючи вище викладені переміщення, мобільний робот має п'ять ступенів свободи, а саме: поступальний рух ±Δz уздовж осі Z під дію приводів і поворот ±α навколо осі X при обертанні привода 10. А також, у результаті погодженого програмою кутових рухів $\pm\varphi_1$ та $\pm\varphi_2$ відповідно стегон і гомілок, ще два поступальні переміщення ±Δx, ±Δy і кутовий рух ±γ навколо осі Z. Зазначених п'яти ступенів рухливості цілком достатньо для довільної орієнтації робота при виконанні обрізки дерев будь якої топології.

Власне зведення та розведення важелів-пазурів 11 захватів A, D і B, C робота здійснюється за допомогою відповідних двигунів 12 через *самогальмуючу* черв'ячну передачу, яка і забезпечує надійність утримання робота на стовбурі у разі вимкнення або знеструмлення автономних джерел живлення приводів робота. Відрізка гілок дерев, сучків і різних наростів на стовбурах дерев здійснюється технологічним модулем, що складається з дискової пили 13 та електромеханічного приводу 14, розміщених на полозку 15. Керування роботом здійснюється бортовим комп'ютером 16, а живлення блоком 17 акумуляторних батарей.

На рис. 2 показані різні положення мобільного робота на дереві з наростом, що підлягає видаленню. У системі координат XYZ робот рухається по стовбуру дерева за командами системи дистанційного керування в напрямі осі Z (рис. 2, а), пройшовши дистанцію ΔZ до наросту, робот зупиняють. По команді виключають зчеплення захватів верхньої платформи 1 і розвертають її в напрямку наросту на кут β=α (рис. 2,б) до збігу з нижньою платформою. Далі за допомогою дискової фрези зрізують наріст вроздріб, здійснюючи відповідне керування рухами робота в порядку описаному вище.

Запропонований мобільний робот може бути реалізований в умовах промислового виробництва з використанням стандартного встаткування, сучасних матеріалів і технологій на будь-якому машинобудівному підприємстві.

Параметричний синтез робота. Динамічний аналіз мобільного робота довільної орієнтації у технологічному просторі виконано в роботі [6], в котрій надана математична модель динамічного навантаження робота та результати імітаційного моделювання з відображенням графоаналітичних залежностей конструктивно-технологічних параметрів робота.

Параметричний синтез[1] мобільного робота виконаємо на основі окремо обраної морфологічної структури [7]. Нехай згідно з технічним завданням потрібно розробити конструкцію мобільного робота для обслуговування паркових деревних масивів, зокрема для обрізки наростів, сучків і віток на деревах. На основі методу морфологічного конструювання попередньо виконано синтез необхідної структури, що виділена на морфологічному графові (рис. 3) стовщеними лініями зі стрілками й позначеннями морфологічних ознак A, B, C і D комбінацій, що відображають: деревні масиви → технологічні операції → електропривод → із крокуючою трансмісією → й механічними захватами для зчеплення зі стовбуром дерева. Структура мобільного робота

[1] Параметричний синтез – процес визначення оптимальних або квазіоптимальних параметрів елементів синтезованого об'єкта, при задоволенні умовам технічного завдання (ТЗ). При параметричному синтезі структура повинна бути задана.

показана із відображенням цільових функцій для оптимізації її параметрів.

Згідно з технічним завданням мобільний робот 1 (рис. 3,а), оснащений крокуючої трансмісією 2 з електроприводами 3 (C) і механічними (D) захватами 4, повинен переміщатися по стовбуру дерева 5 у системі координат XYZ на величину ΔZ і виконувати технологічну операцію (A), що полягає в тому, щоб дисковою фрезою 6 зрізати деревні нарости 7. Тоді, відповідно до обраної з морфологічного графу структури на рис. 3(б), оптимізації підлягають наступні параметри: режими технологічної операції (різання наростів) → характеристики електроприводу → крокуючої трансмісії → конструктивні параметри механічного захвату.

Оскільки функціонали цільових функцій, що зв'язують критерій оптимізації з незалежними факторами, можуть бути різноманітні й визначаються рівнем кваліфікації конструктора чи математика, то тут для стислості обмежимося відображенням цільових функцій у загальному виді, що поки достатньо для викладання застосованої методології параметричного синтезу. Таке обмеження виправдане ще й тим, що власне процедура обчислення оптимальних або, скоріше, квазиоптимальных значень параметрів може здійснюватися як аналітичними, так і чисельними методами, що в сукупності виходить за рамки цих досліджень.

Тут викладемо запропоновану модифікацію методики параметричного синтезу для такої багаторівневої ієрархічної структури, як мобільний робот. Пропонована модифікація полягає в наступному: відобразимо не тільки наявність зв'язку критеріїв оптимізації з незалежними змінними в межах цільових функцій, що вже відомо та істотно (тобто тривіально), але ще й зв'язок самих цільових функцій на різних рівнях технічної системи (див. позначення штриховими стрілками на рис. 3б), у цьому випадку структури мобільного робота.

Отже, на 1-му рівні параметричного синтезу для морфологічної комбінації «А» цільова функція, що включає режими технологічної операції, може бути представлена в загальному виді як функція швидкості різання деревини дисковою фрезою:

$$V = f_1(s, t, T^{-1}) \Rightarrow \max, \qquad (1)$$

при обмеженнях: $s = f_{11}(\sigma)$; $t_1 \le t_i \le t_n$, де: s – величина подачі на зуб дискової фрези; σ – межа міцності деревини певної породи; t – глибина різання в межах діапазону значень $t_1 \ldots t_n$; T – період стійкості інструмента.

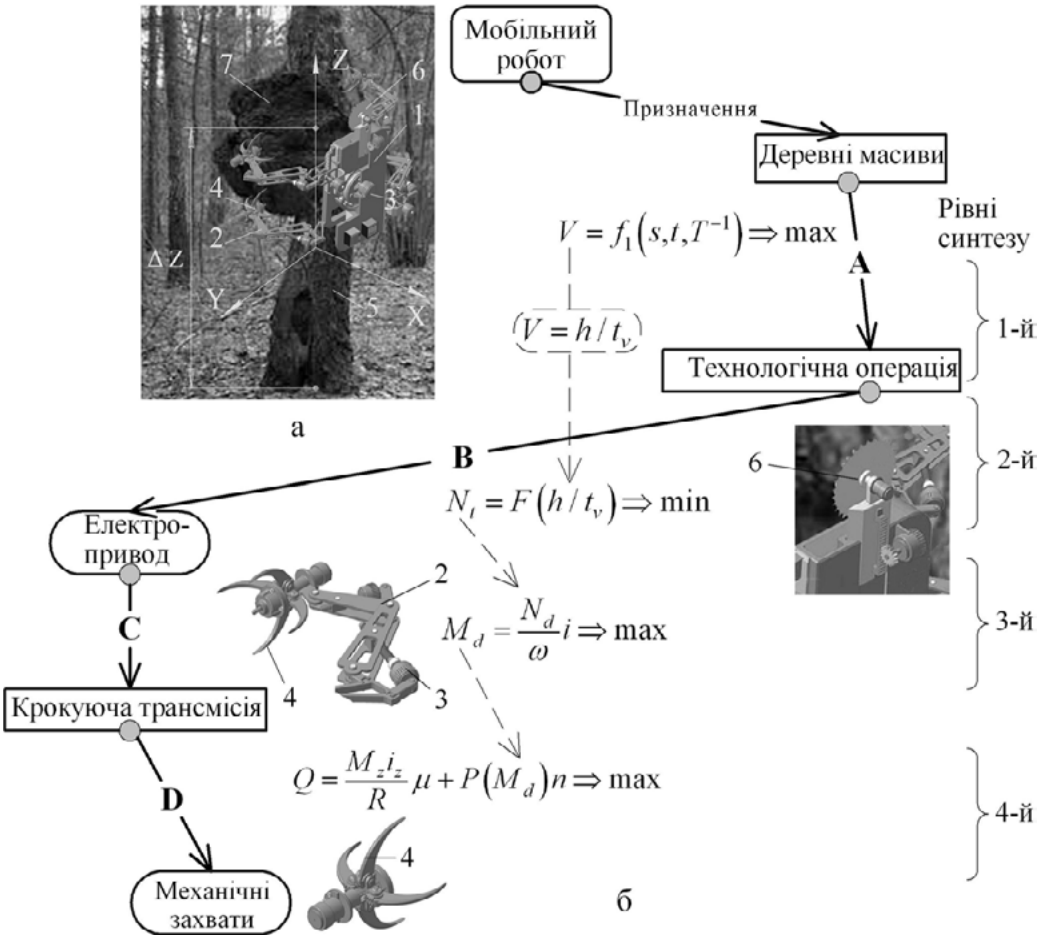


Рис. 3. Структурно-параметрична модель мобільного робота для обрізки дерев

На 2-му рівні синтезу для морфологічної комбінації ознак «В» (технологічна функція – привод) цільову функцію можна записати як функцію потужності $N_t(kW)$ виконування технологічної операції (у цьому випадку різання):

$$N_t = F\,(h/t_v) \Rightarrow \min, \qquad (2)$$

де: F – зусилля різання деревини; h – товщина або діаметр об'єкта різання (вітки, сука, наросту); t_v – час різання; оскільки $(h/t_v)=V$, те можна записати як $N_t = FV \Rightarrow \min$, відобразивши тим самим *взаємозв'язок* 1-го й 2-го рівнів синтезу.

Для 3-го рівня синтезу морфологічної комбінації ознак «С» (привод – трансмісія) цільову функцію можна представити у вигляді крутного моменту M_d електропривода:

$$M_d = \frac{N_d}{\omega} i \Rightarrow \max;\ \text{при}\ N_d = M_d \omega \geq N_t, \qquad (3)$$

де: N_d і w – потужність і кутова швидкість двигуна; i – передатне відношення підсилювально-передатної ланки (тобто редуктора).

На 4-му рівні параметричного синтезу для комбінації «D» (привод – система зчеплення з поверхнею переміщення робота) цільову функцію також бажано *зв'язати* з попереднім функціоналом. Це можна виконати, записавши у вигляді цільової функції вираження для сили зчеплення Q механічного захвата з поверхнею переміщення мобільного робота:

$$Q = \frac{M_z i_z}{R} \mu + P\left(M_d\right) n \Rightarrow \max;\ \ Q \geq \left(F + mg\right) K, \qquad (4)$$

де: M_z і i_z – крутний момент і передатне відношення приводу захвата; R – виліт (довжина) пазурів захвата; μ – коефіцієнт тертя ковзання між матеріалом пазурів захвата й поверхнею дерева; P – зусилля однієї ноги із числа n ланок крокуючої трансмісії, як функція моменту двигуна M_{d} у вираженні (3); m – маса робота; g – прискорення вільного падіння; K – коефіцієнт запасу (1,2…1,5) для компенсації інерційних перехідних процесів.

Зазначені цільові функції параметричного синтезу спрощені та аж ніяк не є вичерпними, вони можуть бути доповнені й змінені, тим більше, коли буде поставлено аналогічне завдання оптимізації для інших гілок морфологічного графа. На даному етапі згідно методу параметричного синтезу надзвичайно важливий параметричний *взаємозв'язок* цільових функцій оптимізації компонентів структури, як ієрархічної багаторівневої технічної системи, показаної на прикладі мобільного робота, зокрема, для обрізки дерев.

Створення подібних формалізованих моделей, тобто у взаємозв'язку цільових функцій на різних рівнях ієрархії системи, дозволить максимально підвищити їхню адекватність реальним умовам експлуатації мобільних роботів. Власне методи розв'язку задачі відшукання локальних екстремумів критеріїв оптимізації на кожному з рівнів досить відомі й можуть включати як аналітичні, так і чисельні методи. У всякому разі знаходження квазіоптимальних розв'язків сприяє підвищенню ефективності проектування, а значить і експлуатації мобільних роботів довільної орієнтації в технологічному просторі, як нового виду засобів виробництва.

Головні висновки. Завдяки виконанню робота у вигляді двох паралельних платформ, постачених приводом повороту відносно одна одної, робот практично не має обмежень по куту повороту, що забезпечує його достатню маневреність при переміщенні по деревах будь якої топології та породи.

Оснащення приводу важелів-пазурів захватів для зчеплення робота з поверхнею переміщення *самогальмуючою* черв'ячною зубчастою передачею виключає розкриття захватів у випадку знеструмлення приводів, а, отже, забезпечує гарантоване втримання робота на дереві, тобто підвищує надійність його експлуатації.

Модифікація параметричного синтезу, що полягає у взаємозв'язку цільових функцій на різних рівнях синтезу, надає можливість шляхом знаходження квазіоптимальних розв'язків, суттєво підвищити ефективність проектування мобільних роботів, а, отже, і їхньої майбутньої експлуатації.

Перспективи використання результатів дослідження. Оскільки створення мобільних роботів довільної орієнтації у технологічному просторі знаходиться на початковій стадії, то вкрай важливо використання не тільки принципово нових конструкцій роботів, а й модифікованих методик їх проектування. Такий підхід до синтезу роботів вказаного типу дозволить в кінцевому підсумку створювати нові засоби виробництва, що відповідають вимогам забезпечення екологічної чистоти обладнання для обслуговування паркових та лісових масивів дерев.

Література

1. Dethe R.D, Jaju S.B. Developments in Wall Climbing Robots: A Review. *International Journal of Engineering Research and General Science*. Volume 2, Issue 3, 2014. P. 35–37.
2. Патент RU 2409931 МПК A01G 3/00. Робот–обрезчик; заявл. 17.07.2008; опубл. 27.01.2011, Бюл. № 3, 2011.
3. Saundersa A., Goldmanb D.I, Fullb R.J., Buehlera M. The RiSE Climbing Robot: Body and Leg Design. *Boston Dynamics, Unmanned Systems Technology VIII* 2005; Vol. 6230. P. 1–13.
4. Tin Lun Lam, Yangsheng Xu. Tree Climbing Robot: Design, Kinematics and Motion Planning. Springer Heidelberg, New York, 2012. P. 37–46.
5. Мобільний робот для обрізки дерев. МПК A01G 23/00. Заявка № a201901310; заявл. 11.02.2019; опубл. 10.05.2019. Укрпатент. Бюл. № 9. 14 с.
6. Polishchuk M.N., Oliinyk V.V. Dynamic Model of a Stepping Robot for Arbitrarily Oriented Surfaces. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education II. ICCSEEA* 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, Cham, vol. 938, 2019. P. 32–42.
7. Поліщук М.М., Кузнєцов Ю.М. Морфологічний аналіз і параметричний синтез мобільних роботів довільної орієнтації. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Технічні науки*. Том 30 (69). Ч. 1 № 2, 2019. С/ 1−12.

УДК 549.5
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-25

КОМПОЗИТНИЙ АДСОРБЕНТ-ФОТОКАТАЛІЗАТОР НА ОСНОВІ АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ І ТИТАНУ (IV) ОКСИДУ

Іваненко І.М., Кезікова Ю.Є., Кух А.А., Нагаєвська С.Д.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
пр. Перемоги 37, корп. 4, 03056, м. Київ,
irinaivanenko@hotmail.com

Серед багатьох полютантів водних акваторій особливу увагу привертають барвники. У роботі оцінювалась можливість застосування композитного адсорбенту-фотокаталізатору на основі продукційного активованого вугілля і оксиду титану (IV) для видалення барвників. Для отримання композитного адсорбенту-фотокаталізатору використовувалось промислове активоване вугілля марки Norit SAE SUPER і титану (IV) оксид марки Evonik P25. Вихідне активоване вугілля обробляли концентрованим розчином пероксиду водню для отримання окисненої модифікації, потім і вихідне, оксинене активоване вугілля змішували з титаном (IV) оксидом Evonik P25 у рівному співвідношенні, ретельно перетираючи в агатовій ступці протягом години, для отримання двох композитів. Адсорбційну ефективність синтезованих зразків проводили в статичних умовах і оцінювали за ступенем адсорбції азобарвника аніонного типу конго червоного, розраховуючи значення питомої адсорбції. Фотокаталітичну активність синтезованих зразків проводили в статичних умовах і оцінювали за ступенем знебарвлення розчину основного (катіонного) органічного барвника метиленового синього, розраховуючи значення ступеня фотодеградації. Вихідне активоване вугілля, його окиснена модифікація, а також обидва отриманих композита показали практично однакову питому адсорбцію на рівні 38-40 мг/г по відношенню до барвника конго червоного, а ступінь адсорбційного вилучення для всіх досліджених в цьому експерименті зразків становив ~99,8%. По відношенню ж до метиленового синього не один з цих адсорбентів не показав помітної адсорбційної ємності. Ступінь фотокаталітичного розкладання барвника метиленового синього дослідженими фотокаталізаторами зростав в міру збільшення тривалості процесу, причому отримані композитні фотокаталізатори виявляли більшу фотокаталітичну активність по відношенню до барвника, в порівнянні з відомим промисловим TiO_2 Evonik P25: найбільший досягнутий ступінь фотокаталітичного розкладання метиленового синього у присутності TiO_2 Evonik P25 складав 44%, а для композитних фотокаталізаторів 64 і 65%. *Ключові слова:* активоване вугілля, оксид титану, адсорбент, фотокаталізатор, барвник.

Composite adsorbent-photocatalyst based on activated carbon and titanium (IV) oxide. Ivanenko I., Kezikova Yu., Kukh A., Nahaievska S. Among many pollutants of aquatic areas, dyes attract particular attention. In this paper, the possibility of using a composite adsorbent-photocatalyst based on the production activated carbon and titanium (IV) oxide for the removal of dyes was evaluated. To obtain a composite adsorbent-photocatalyst the industrial activated carbon Norit SAE SUPER and titanium (IV) oxide Evonik P25 were used. The initial activated carbon was treated with a concentrated solution of hydrogen peroxide to obtain an oxidized modification, then the initial and oxidised activated carbon were mixed with titanium (IV) oxide Evonik P25 in an equal ratio, carefully grinding in an agate mortar during an hour, for obtaining two composites. The adsorption efficiency of the synthesized samples was carried out under static conditions and was evaluated by the adsorption degree of anionic type of Congo red azo dye, calculating the values of specific adsorption. The photocatalytic activity of the synthesized samples was carried out under static conditions and evaluated by the bleaching degree of the basic (cationic) organic dye methylene blue, calculating value of the photodegradation degree. The initial activated carbon, its oxidized modification, as well as both the resulting composite showed almost the same specific adsorption at the level of 38–40 mg/g toward Congo red dye, and the adsorption degree for all studied in this experiment samples were ~99.8%. Noone of these adsorbents showed a noticeable adsorption capacity toward methylene blue. The degree of photocatalytic decomposition of methylene blue dye by the studied photocatalysts increased with increasing of the process duration; obtained composite photocatalysts exhibited a greater photocatalytic activity toward the dye comparing to the known industrial TiO_2 Evonik P25: the highest level of methylene blue photodegradation in the presence of TiO_2 Evonik P25 amounted to 44%, and for composite photocatalysts it was at the level of 64 and 65%. *Key words:* activated carbon, titanium oxide, adsorbent, photocatalyst, dye.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших екологічних проблем світового масштабу є забруднення водних акваторій, прибережних зон та ґрунтів внаслідок роботи промислових підприємств. Серед багатьох полютантів особливу увагу привертають барвники, оскільки більшість із них є токсичними та небезпечними для оточуючого середовища.

Основними джерелами забруднення барвниками є підприємства легкої, хімічної, целюлозно-паперової та фармацевтичної промисловості, оскільки вагома частка таких підприємств скидає відпрацьовані води до водойм без належного очищення. Потрапляючи у довкілля, барвники забруднюють воду і оточуюче середовище, погіршують її органолептичні властивості, істотно впливають на здатність мешканців водойм до фотосинтезу, зменшують інтенсивність проникнення світла і можуть бути токсичними для деяких водних видів флори і фауни. У зв'язку з цим пошук шляхів ефективного вилучення барвників зі стічної води є наразі актуальним питанням.

У наш час розроблено багато різноманітних методів очищення стічних вод від барвників, в основу яких покладено фізико-хімічні або біохімічні процеси. Проте недосконаліть існуючих технологій зумовлює необхідність пошуку альтернативних методів, які б забезпечували необхідний ступінь вилучення барвника. При такому підході одним з перспективних методів очищення стічних вод від барвників є метод очищення композитними вуглецевими адсорбентами-фотокаталізаторами.

На сьогоднішній день спостерігається зростаючий інтерес до фотокаталізаторів на основі оксиду титану (TiO_2). Пов'язано це з тим, що фотокаталіз є досить недорогою і легко застосовуваною технологією, що не потребує високих витрат, але здатна вирішувати багато завдань. Для фотокаталізу потрібен сам каталізатор (TiO_2) і сонячне світло або ультрафіолетове випромінювання [1–13].

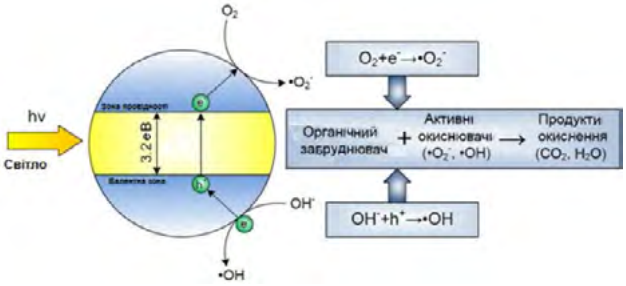


Рис. 1. Схематичне зображення процесу фотокаталітичного розкладання на поверхні часточок титану (IV) оксиду

Оксид титану при поглинанні кванта світла з енергією більше 3,2 еВ (це світло з довжиною хвилі менше 390 нм – ультрафіолет) генерує вільні носії зарядів – негативні електрони і позитивні вакансії (дірки). Електрони і дірки, виходячи на поверхню TiO_2, вступають в окиснювально-відновні реакції з киснем і парами води з повітря або водою [1]. В процесі цих реакцій утворюються сильні окиснювачі (O_2,-OH і радикали), які вступають в безпосередню взаємодію з різними органічними забрудненнями, як це показано на Рис. 1. Утворення таких радикалів робить поверхню TiO_2 дуже сильним окиснювачем, що дозволяє розкладати шкідливі речовини шляхом їх фотокаталітичного окиснення до безпечних H_2O і CO_2 [1].

Метою представленого дослідження було вивчення можливості застосування композитного адсорбенту-фотокаталізатору на основі продукційного активованого вугілля і оксиду титану (IV) для видалення барвників.

Підготовка зразків та методи дослідження. У роботі для отримання композитного адсорбенту-фотокаталізатору використовувалось промислове активоване вугілля марки Norit SAE SUPER, характеристики якого представлені в Табл. 1, а також титану (IV) оксид марки Evonik P25, основні характеристики якого наведені в табл. 2.

Вихідне активоване вугілля (AB_{in}) обробли концентрованим розчином пероксиду водню для отримання окисненої модифікації (AB_{ox}). І вихідне і окиснене активоване вугілля змішували з титаном (IV) оксидом Evonik P25 у співвідношенні 1:1, ретельно перетираючи в агатовій ступці протягом години, для отримання двох композитів $AB_{in}TiO_2$ та $AB_{ox}TiO_2$.

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості Norit SAE SUPER

Характеристика	Значення
Йодне число	1050
Питома площа поверхні (БЕТ)	1150 м^2/г
Насипна густина	425 кг/м^3
Часточки з розміром >150 мкм	3% мас.
Ефективний діаметр D_{50}	15 мкм
pH	лужний

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості TiO_2 P25 Evonik

Характеристика	Значення
Питома площа поверхні (БЕТ)	50±15 м^2/г
pH	3,5-4,5
Насипна густина	130 г/дм^3
Вологість (2 години при 105 °C)	≤1,5%
Втрата при розжарюванні	≤2,0%
Вміст TiO_2	>99,5%

Адсорбційну ефективність синтезованих зразків досліджували в статичних умовах і оцінювали за ступенем адсорбції азобарвника аніонного типу конго червоного, формула якого та спектр поглинання представлені на Рис. 2. Вихідна концентрація модельного розчину барвника становила 150 мг/дм^3. Залишкову концентрацію конго червоного визначала на спектрофотометрі UNICO 2150 при довжині хвилі поглинання 505 нм. Питому адсорбцію (G, mg/g) та ступінь адсорбції (X,%) розраховували за відповідними формулами:

$$G = V (C_o - KC_p) / m, \quad (1)$$

$$X = (C_o - C_p) / C_o, \quad (2)$$

де V – об'єм розчину барвника, дм^3; m – маса адсорбента, г; C_o – початкова концентрація барвника, мг/дм^3; K – коефіцієнт розбавлення; C_p – рівноважна концентрація барвника, мг/дм^3.

Фотокаталітичну активність синтезованих зразків досліджували в статичних умовах і оцінювали за ступенем знебарвлення розчину основного (катіонного) органічного барвника метиленового синього, структурна формула та спектр поглинання якого представлені на рис. 3. Лабораторна установка для дослідження фотокаталітичної активності складалась із магнітної мішалки, скляного стакану ємністю 70 см^3 та УФ лампи з довжиною хвилі 368 нм. Вихідна концентрації модельних розчинів барвника

становили 5 мг/дм^3 та 3 мг/дм^3. Залишкову концентрацію метиленового синього визначала на спектрофотометрі UNICO 2150 при довжині хвилі поглинання 600 нм. Ступінь фотодеградації розраховували за формулою (2).

Результати досліджень. Результати адсорбційних досліджень представлені на рис. 4, на якому видно, що вихідне активоване вугілля, його окиснена модифікація, а також обидва отриманих композита показують практично однакову питому адсорбцію на рівні 38-40 мг/г по відношенню до барвника конго червоного. Ступінь адсорбційного вилучення для всіх досліджених в цьому експерименті зразків сягав ~99,8%. По відношенню ж до метиленового синього не один з цих адсорбентів не показав помітної адсорбційної ємності.

Результати фотокаталітичних досліджень представлені на Рис. 5, на якому видно, що ступінь фотокаталітичного розкладання барвника метиленового синього дослідженими фотокаталізаторами зростає в міру збільшення тривалості процесу. Також видно, що отримані композитні фотокаталізатори виявляють більшу фотокаталітичну активність по відношенню до барвника, в порівнянні з відомим промисловим TiO_2 Evonik P25. Найбільший досягнутий ступінь фотокаталітичного розкладання метиленового синього у присутності TiO_2 Evonik P25 становить 44%, а для композитних фотокаталізаторів він складає 64 і 65%.

Це відбувається завдяки поєднанню властивостей двох матеріалів, на основі яких отримано композити, і рівномірному розподіленню фотокаталітичних центрів, представлених частинками TiO_2, на розвиненій поверхні вуглецевого носія, внаслідок чого відбувається поєднання двох гетерогенних процесів – адсорбційного та фотокаталітичного.

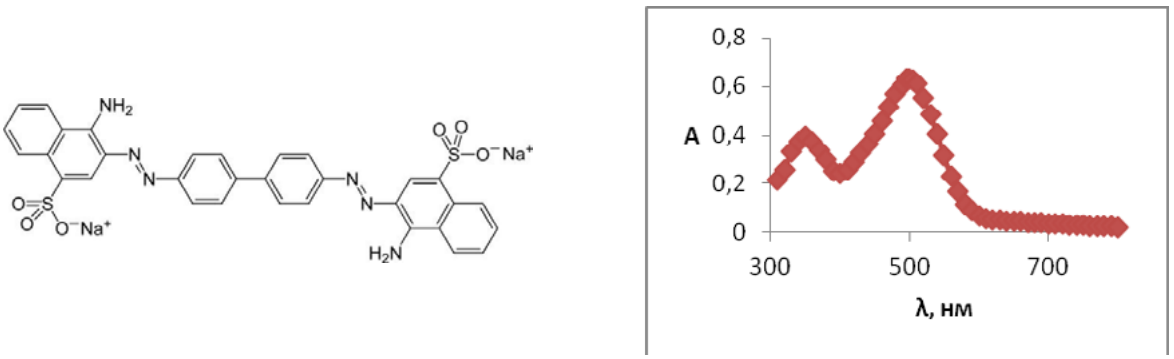


Рис. 2. Формула та спектр поглинання азобарвника конго червоного

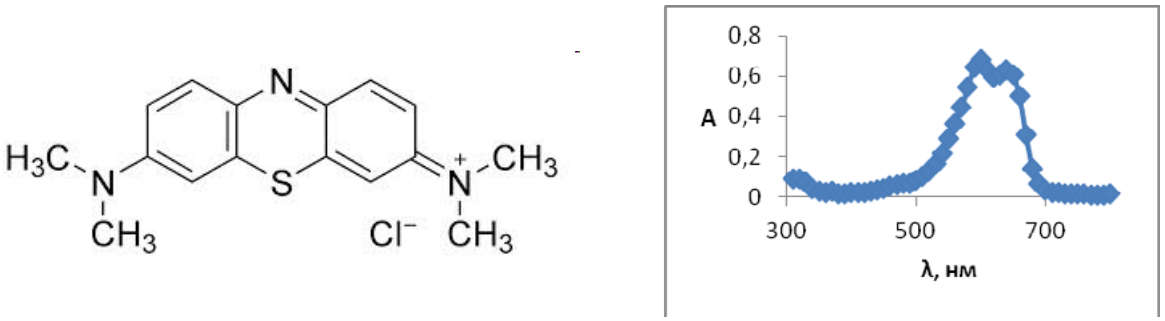


Рис. 3. Формула та спектр поглинання барвника метиленового синього

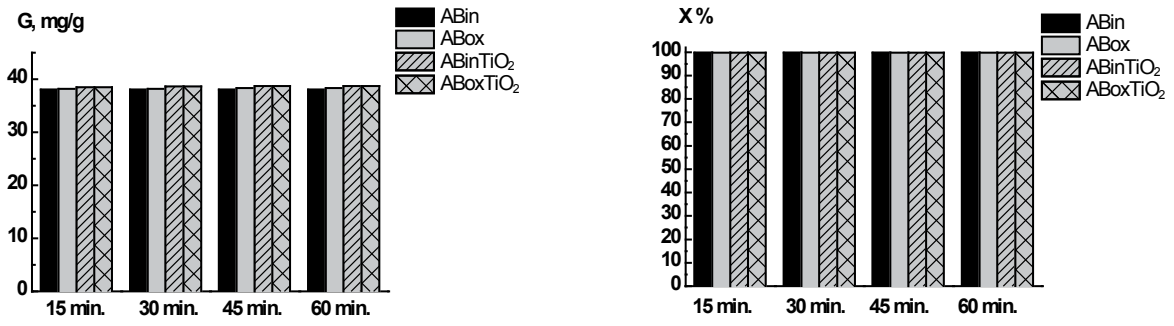


Рис. 4. Питома адсорбція та ступінь адсорбції азобарвника конго червоного вихідним активованим вугіллям, його окисненою модифікацією та отриманими композитами

Такі експериментальні дані не тільки підтверджують високу фотокаталітичну ефективність отриманих композитів, а й свідчать про безперечну перспективність такого роду композитних матеріалів. Відносно барвника конго червоного, жоден із досліджених фотокаталізаторів не проявив істотної фотокаталітичної активності.

Результати дослідження ступеня фотокаталітичного розкладання метилового синього в залежності від дози досліджених фотокаталізаторів за різної тривалості ультрафіолетового випромінювання наведені на Рис. 6-8.

Як видно на Рис. 6, оптимальна доза для промислового TiO_2 Evonik P25 знаходиться в діапазоні 2-4 мг при тривалості фотокаталітичного процесу 20-30 хвилин.

Оптимальною дозою отриманого композитного фотокаталізатора $AB_{in}TiO_2$ є 4-5 мг при тривалості фотокаталітичного процесу 20-30 хвилин, як видно з даних, представлених на рис. 7.

Експериментальні дані, отримані при дослідженні композитного фотокаталізатору $AB_{ox}TiO_2$, наведені на Рис. 8. Так, фотокаталітична активність цього зразка в найбільшому ступені залежить від його дози та тривалості процесу. Так, наприклад, його фотокаталітична активність коливається в межах 30-62% при 25-хвилинному контактуванні з розчином барвника, і в діапазоні 40-67% при 30-хвилинному. Однак найбільше значення фотокаталітичного розкладання метиленого синього, досягнуте для цього зразка композита, припадає на дозу 5 мг за півгодини процесу.

Перспективи використання результатів дослідження. Таким чином, отримані і досліджені в представленій роботі композитні вуглецеві адсорбенти-фотокаталізатори продемонстрували високу і конкуретну фотокаталітичну ефективність без втрати адсорбційної активності. Представлені дослідження демонструють можливість використання таких композитних матеріалів в процесах адсорбційного та фотокаталітичного очищення стічних вод.

Висновки. На основі вихідного і окисненого промислового активованого вугілля марки Norit SAE SUPER, яке змішували з титаном (IV) оксидом Evonik P25 у співвідношенні 1:1, було отримано два композити $AB_{in}TiO_2$ та $AB_{ox}TiO_2$. І вихідні матеріали, і отримані композити були досліджені в модельних адсорбційних та фотокаталітичних процесах.

За результатами адсорбційних досліджень на модельному розчині барвника конго-червоного проаналізовано адсорбційну ємність отриманих зразків композитів та встановлено, що композитні зразки на основі активованого вугілля та діоксиду титану показують ступінь адсорбційного вилучення ~99,9% при питомій адсорбції на рівні 37 мг/г.

На основі фотокаталітичних досліджень розкладання модельного розчину барвника метиленового синього проаналізовано залежність ступеня фотодеградації барвника від тривалості фотоокиснення і визначено, що при тривалості ультрафіолетового

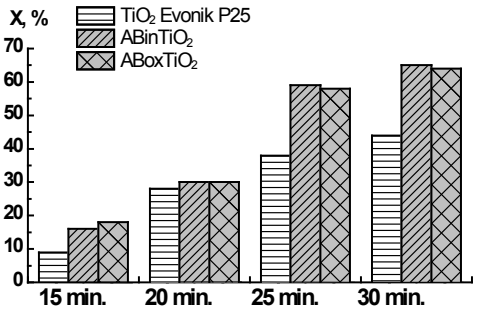


Рис. 5. Залежність ступеня розкладання метиленового синього від тривалості ультрафіолетового випромінювання TiO_2 Evonik P25 та отриманими композитами

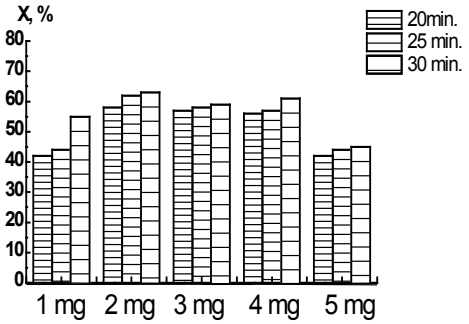


Рис. 6. Ступінь фотокаталітичного розкладання метилового синього в залежності від дози TiO_2 Evonik P25 за різної тривалості ультрафіолетового випромінювання

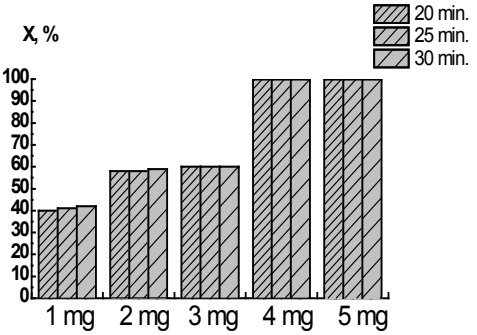


Рис. 7. Ступінь фотокаталітичного розкладання м етилового синього в залежності від дози $AB_{in}TiO_2$ за різної тривалості ультрафіолетового випромінювання

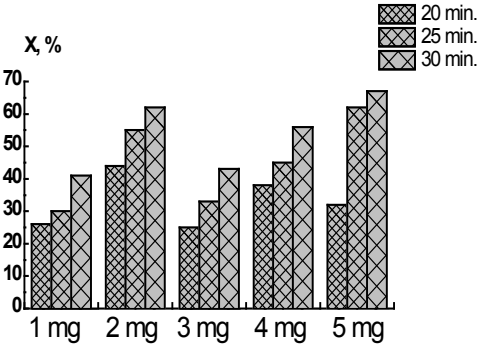


Рис. 8. Ступінь фотокаталітичного розкладання метилового синього в залежності від дози $AB_{ox}TiO_2$ за різної тривалості ультрафіолетового випромінювання

випромінювання 30 хвилин для TiO_2 Evonik P25 максимально отриманий ступінь фотокаталітичного розкладання становить 44%, а для композитних зразків за цей же час досягнуто ступінь розкладання в 65%.

Залежність ступеня вилучення від дози зразка показала, що для титану (IV) оксиду Evonik P25 оптимальною є доза 2 мг, а для композитів $AB_{in}TiO_2$ та $AB_{ox}TiO_2$ вона становить 5 мг.

Література

1. Ivanenko I., Dontsova T., Astrelin I. Nanoplasmonics, Nano-Optics, Nanocomposites and Surface Studies (Chapter 19: Synthesis and Characterization of Titanium (IV) Oxide from Various Precursors). Selected Proceedings of the Second FP7 Conference and Third International Summer School Nanotechnology: From Fundamental Research to Innovations, August 23-30, 2014, Yaremche-Lviv (Springer, Proceedings in Physics 167). Springer International Publishing, Switzerland, 2015. P. 275-293.
2. Chekem C.T., Goetz V., Richardson Y., Plantard G., Blin J. Modelling of adsorption/photodegradation phenomena on AC-TiO_2 composite catalysts for water treatment detoxification. *Catalysis Today*, 2018. doi.org/10.1016/j.cattod.2018.12.038.
3. Haider A.J., AL-Anbari R.H., Kadhim G.R., Salame C.T. Exploring potential environmental applications of TiO_2 Nanoparticle. *Energy Procedia*. 2017. Vol. 119. P. 332-345.
4. Marien C.B.D., Cottineau T., Robert D., Drogui P., TiO_2 Nanotube arrays: Influence of tube length on the photocatalytic degradation of Paraquat. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2016. Vol. 194. P. 1-6.
5. Kukh A.A., Ivanenko I.M., Astrelin I.M. TiO_2 and its composites as effective photocatalyst for glucose degradation processes. *Applied Nanoscience*. 2018. doi.org/10.1007/s13204-018-0691-2.
6. Zouzelka R., Kusumawati Y., Remzova M., Rathousky J., Pauporté T. Photocatalytic activity of porous multiwalled carbon nanotube-TiO_2 composite layers for pollutant degradation. *J. Hazard. Mater*. 2016. Vol. 317. P. 52-59.
7. Czech B., Buda W. Photocatalytic treatment of pharmaceutical wastewater using new multiwall-carbon nanotubes/TiO_2/SiO_2 nanocomposites. *Environm. Res*. 2015, Vol. 137. P. 176-184.
8. Luo J., Li F., Zhou Y., Liu S., Ma J., Liu J. Paper-like TiO_2/graphene-carbon nanotube hybrid electrode with high mass loading: Toward high-performance lithium ion battery. *J. Alloys Compoun*. 2018. Vol. 749. P. 697-704.
9. Wang C., Cao M., Wang P., Ao Y., Hou J., Qian J. Preparation of graphene-carbon nanotube-TiO_2 composites with enhanced photocatalytic activity for the removal of dye and Cr(VI). *Appl. Catal. A: Gen*. 2014. Vol. 473. P. 83-89.
10. Ong W.L., Wong J.H.M., Ling Ng S.W., Ho G.W. Light-induced remediation of environmental pollutants by highly adsorptive activated carbon centered TiO_2 nanoflowers. *Proced. Engin.* 2017. Vol. 215. P. 152-162.
11. Alalm M.G., Tawfik A., Ookawara S. Enhancement of photocatalytic activity of TiO_2 by immobilization on activated carbon for degradation of pharmaceuticals. *J. Environ. Chem. Engin.* 2016. Vol. 4(2). P. 1929-1937.
12. Martins A.C., Cazetta A.L., Pezoti O., Souza J.R.B., Zhang T., Pilau E.J., Asefa T., Almeida V.C. Sol-gel synthesis of new TiO_2/activated carbon photocatalyst and its application for degradation of tetracycline. *Ceram. Intern*. 2017. Vol. 43 (5). P. 4411-4418.
13. Ivanenko I.N., Dontsova T.A., Astrelin I.M., Trots V.V. Low-temperature synthesis, structure-sorption characterisics and photocatalytic activity of TiO_2 nanostructures. *J. Water Chem. Technol.* 2016. Vol. 37 (1). P. 14-20.

УДК 621.314
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-26

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ КІНЕТИЧНИХ ЕНЕРГОНАКОПИЧУВАЧІВ ЯК АКУМУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Кравець В.А., Савченко Н.П., Трет'як А.В.
Донбаська національна академія будівництва і архітектури
вул. Героїв Небесної Сотні,14, 84333, м. Краматорськ, Донецька обл.
natali_a_savchenko@ukr.net

Перспективи розвитку систем зберігання енергії надзвичайно важливі для усіх галузей енергетики як із технічного, так і з екологічного погляду. Останнім часом загострилося питання зберігання енергії в автономних системах електропостачання з альтернативними джерелами енергії. Можливість оперативного підключення споживачів до системи зберігання енергії у разі її нестачі від гібридної вітросонячної установки є одною з основних вимог у разі використання систем альтернативного електропостачання. Другою важливою вимогою є екологічність систем альтернативного електропостачання, яка потребує використання екологічно чистих елементів системи, що не забруднюють навколишнє середовище. У роботі виконано аналіз структури систем зберігання енергії у складі систем електропостачання з альтернативними джерелами енергії, як автономних, так і при підключенні до розподільчої електричної мережі, та виявлено основні елементи, що впливають на забруднення навколишнього середовища. Розглянуто і визначено переваги та недоліки акумулюючих пристроїв, які використовуються у системах зберігання енергії. Виявлено, що найбільш поширеними акумулюючими пристроями у складі систем зберігання енергії є хімічні акумулятори, у яких містяться важкі метали та кислоти, що завдають значної шкоди навколишньому середовищу у разі потрапляння у воду та ґрунт. Зроблені висновки стосовно екологічності хімічних накопичувачів енергії та їх утилізації вказують на необхідність їх заміни альтернативними накопичувачами, котрі є екологічними. З метою підвищення екологічності системи зберігання енергії запропоновано використання стаціонарних кінетичних накопичувачів енергії, в яких для зберігання електроенергії її перетворюють у механічну, а у разі підключення навантаження – навпаки, в електричну. Визначено, що використання кінетичних накопичувачів енергії повністю є екологічним і безпечним порівняно з іншими акумулюючими пристроями. *Ключові слова:* екологічність, система зберігання енергії, кінетичний енергонакопичувач (КЕН), акумулюючий пристрій, вітроенергетична установка (ВЕУ), фотоелектричні перетворювачі (ФЕП).

Improving the environmental friendliness of energy storage systems when using kinetic energy storage devices as storage devices. Kravets V., Savchenko N., Tretyak A. Prospects for the development of energy storage systems are extremely important for all energy sectors both from a technical and an environmental point of view. Recently, the issue of energy storage in the autonomous power supply systems with alternative energy sources has become very acute. The possibility of operative connection of consumers to the energy storage system in case of its lack of a hybrid windshield is one of the main requirements for the use of alternative power supply systems. The second important requirement is the environmental friendliness of alternative power supply systems, which requires the use of environmentally friendly elements of the system that do not pollute the environment. The paper analyzes the structure of energy storage systems as part of power supply systems with alternative energy sources, both autonomous and when connected to a distribution electrical grid, and identifies the main elements that affect the pollution of the environment. The advantages and disadvantages of storage devices used in energy storage systems are considered and identified. It was discovered that the most common accumulating devices in the storage of energy are chemical accumulators that contain heavy metals and acids, which cause significant damage to the environment when it enters the water and soil. Conclusions regarding the environmental friendliness of chemical storage and energy utilization indicate the need to replace them with alternative environmental drives. In order to increase the environmental friendliness of the energy storage system, it is proposed to use stationary kinetic energy storage devices, in which they are converted into mechanical energy for storage of energy, and when the load is connected to the electric one. It has been determined that the use of kinetic energy storage devices is completely environmentally friendly and safe compared to other accumulating devices. *Key words:* environmental friendliness, energy storage system, kinetic energy storage (KES), storage device, wind power installation (wind turbine), photoelectric converters (PEC).

Постановка проблеми. Автономні системи електропостачання з альтернативними джерелами енергії нині бурхливо розвиваються, що пов'язано з енергетичною ефективністю будівель та екологічними питаннями щодо виробництва електроенергії. Отримання електричної енергії від природних явищ, таких як вітер і сонце, дозволяє зробити її екологічно «чистою» – її виробництво не забруднює навколишнє середовище й обходиться дешевше, ніж розробка та видобуток традиційних джерел. Однак у разі використання альтернативних джерел виникає проблема зберігання електричної енергії. Рішенням цього питання є монтування у складі таких систем електропостачання акумулюючих пристроїв, які є основним елементом систем зберігання енергії. Від типу акумулюючого пристрою залежить продуктивність та екологічність системи зберігання енергії.

Актуальність дослідження. Найбільш поширеними акумулюючими пристроями у складі систем зберігання енергії є хімічні акумулятори, у яких містяться важкі метали та кислоти, що завдають значної шкоди навколишньому середовищу у разі потрапляння у воду та ґрунт. Утилізація хімічних джерел струму є небезпечним і недешевим заходом, який можуть виконувати тільки спеціалізовані компанії. Тому з погляду екологічності особливий інтерес викликає дослідження електромеханічних накопичувачів для застосування у складі систем зберігання енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом спостерігається підвищений інтерес до систем накопичення електроенергії як для побутового, так і для промислового використання. За оцінками експертів, річне зростання світового ринку накопичувачів електроенергії становить 27%. Також маємо об'єктивні передумови для широкого впровадження систем накопичувачів в Україні. Це пов'язано, по-перше, з появою систем локальної електрогенерації, по-друге, з розвитком різновидів накопичувачів.

Загальний порівняльний аналіз типів накопичувачів, застосовуваних в енергетиці, наведено в наукових працях М.І. Смоленцева, Б.А. Алексєєва, А.Г. Сошинова, Г.Г. Угарова та ін. [1–4].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Вже зараз є чимало фірм і компаній, котрі виробляють системи накопичення електроенергії, серед яких Tesla, PeaconPower, ATZ та ін. Але незважаючи на бурхливий розвиток технології, рішення питання оптимізації систем накопичення електроенергії, особливо їх роботи в умовах конкретних систем «альтернативне джерело енергії – накопичувач – споживач», а саме з використанням як накопичувача КЕН, достатньо не опрацьовані.

Метою дослідження є аналіз і деталізація складників системи зберігання енергії, які використовуються в автономних системах елекропостачання, що забезпечить підвищення їх екологічності за рахунок застосування електромеханічних акумулюючих пристроїв.

Виклад основного матеріалу. Вибір системи накопичення енергії та її складників залежить від потреб електричної мережі. Основним елементом усього різноманіття систем зберігання енергії є накопичувальні пристрої, саме завдяки їм визначається економічність, ефективність та екологічність системи. З виконаного аналізу маємо, що як акумулюючі пристрої для автономних систем електропостачання можуть використовуватися конденсаторні батареї, акумулятори або кінетичні енергонакопичувачі (маховики).

У загальному вигляді накопичувачі енергії – це пристрої, які дозволяють накопичувати в них енергію будь-якого виду протягом періоду заряду $t_з$, а потім передавати значну частину цієї енергії навантаженню протягом періоду розряду $t_р$. Взаємозв'язок параметрів накопичувача при заряді та розряді визначається законом збереження енергії, що виражається очевидним співвідношенням [3]:

$$P_з t_з \eta = P_р t_р , \qquad (1)$$

Внаслідок сильної нерівномірності графіка електричних навантажень в автономних системах електропостачання застосування батарей конденсаторів фіксованої ємності малоефективне [2].

Акумуляторні батареї мають суттєвий недолік – це обмежене число зарядно-розрядних циклів, наявність саморозряду і негативний екологічний вплив [4].

Особливий інтерес викликає застосування електромеханічних накопичувачів для систем автономного електропостачання, а саме кінетичних енергонакопичувачів. Важливою складовою частиною КЕН є механічний інерційний накопичувач – маховик. Від його конструкції залежить кількість накопиченої енергії.

Рівняння руху маховика, справедливе як у режимі заряду, так і розряду, має вигляд [5]:

$$M_{зов} = M_{дин} - M_т = J\frac{d\omega}{dt} - M_т , \qquad (2)$$

де $M_{зов}$ – зовнішній момент, який є активним (рушійним) моментом при заряді або реактивним (гальмівним) моментом при розряді маховика;

$M_{дин}$ – динамічний момент, знак якого визначається кутовим прискоренням $\frac{d\omega}{dt}$;

J – момент інерції маховика;

$M_т$ – момент тертя, що визначається за формулою [5]:

$$M_т = M_{т,а} + M_{т,п}, \qquad (3)$$

де $M_{т,а}$ – момент аеродинамічного тертя;

$M_{т,п}$ – момент тертя у підшипникових опорах.

Тоді рівняння балансу енергії виглядатиме [5]:

$$J\frac{(\omega_1^2 - \omega_2^2)}{2} - \int_{t_1}^{t_2} \omega M_{т,а} dt - \int_{t_1}^{t_2} \omega M_{т,п} dt = \int_{t_1}^{t_2} \omega M_{зов} dt, \qquad (4)$$

де w_1, w_2 – початкова та кінцева кутові швидкості маховика;

t_1, t_2 – відповідні значення часу.

У загальному вигляді рівняння (4) має вигляд:

$$W_к - W_т = W, \qquad (5)$$

де $W_к$ – кінетична енергія;

$W_т$ – енергія втрат на тертя;

W – повна енергія, яка відводиться від маховика.

Згідно з виразом (5) маємо, що кінетична енергія маховика витрачається на енергію, яка відводиться від маховика, й енергію втрат на тертя, тому для підвищення ефективності маховика необхідно збільшити можливий рівень початкової кінетичної енергії та звести до мінімуму енергію втрат [5].

Сучасні електромеханічні накопичувачі енергії мають суттєву перевагу над іншими видами сис-

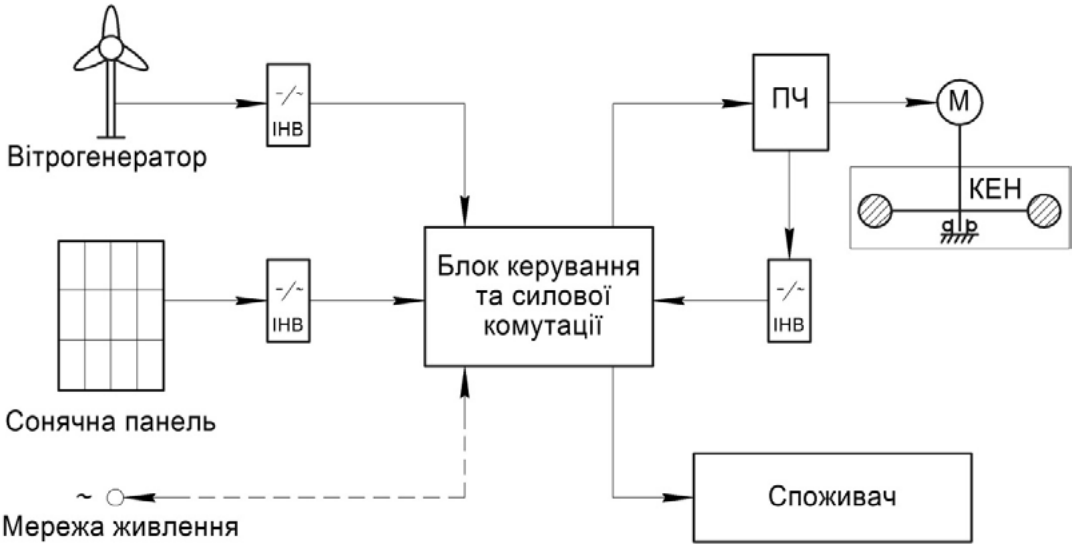


Рис. 1. Структурна схема оптимізованої системи накопичення з використанням КЕН для автономної системи електропостачання

тем акумулювання в ефективності відновлення енергії (кВт · год на розряд по відношенню кВт·год на заряд). ККД в них перевищує 95%, що значно краще, ніж у будь-якої свинцево-кислотної батареї. Питома величина збереженої енергії може досягати 5–10 кВт, що в кілька десятків разів вище, ніж у електрохімічних батарей.

Розробка оптимізованої системи накопичення з використанням КЕН може дати конкурентну перевагу тим чи іншим системам накопичувачів. Оптимізація системи накопичення може бути виконана за рахунок використання гібридних систем накопичувачів або масштабованих систем із КЕН, налаштуванням параметрів контролера системи [6; 7].

Структурна схема оптимізованої системи накопичення з використанням КЕН для автономної системи електропостачання наведена на рис. 1. Принцип дії схеми такий. Надлишкова електроенергія з джерел, яку не використав споживач, у певний час через перетворювач частоти (ПЧ) подається на електродвигун, котрий розкручує маховик для запасу кінетичної енергії. Після того, як споживач відновив здатність утилізувати одержувану електроенергію, генератор перетворює енергію обертання назад в електроенергію, яку з ланки постійного струму отримує інвертор (ІНВ) і через блок силової комутації передає споживачу. Якщо врахувати, що сучасні електродвигуни та генератори володіють високим ККД, а втрати з використанням сучасних технологій і матеріалів у конструкції накопичувача мінімальні, можна зробити висновок, що використання електродинамічного накопичувача у зв'язці «виробник – споживач» в автономних енергосистемах є перспективним рішенням.

Одним із основних завдань для запропонованої на рис. 1 схеми є задача розподілу навантажень між генеруючими потужностями. Якщо сумарна потужність ФЕП і ВЕУ, яка надходить до споживача, не менша за навантаження споживача, то вся вона покривається за рахунок ВДЕ. Якщо спостерігається надлишок потужності, то він надходить на зарядку накопичувачів. У разі, коли накопичувачі вже заряджені повністю, на відповідну величину скорочується потужність ВЕУ. Причому спочатку регулюються ВЕУ (як найбільш зношується), а потім ФЕП. Також можливе транспортування енергії у загальну мережу живлення. Якщо сумарна потужність ВДЕ менша за навантаження споживачів, то нестача потужності покривається за рахунок накопичувачів [8].

Перевагою системи накопичення з використанням КЕН для автономної системи електропостачання є підвищення рівня екологічної безпеки й ефективності відновлення енергії.

Головні висновки. Аналіз проведених теоретичних досліджень у статті демонструє перспективи застосування кінетичних енергонакопичувачів в автономних системах електропостачання, що дозволить підвищити екологічність системи накопичення енергії та знизити експлуатаційні витрати за весь термін служби.

Таким чином, принциповою відмінністю запропонованої структурної схеми автономного електропостачання з кінетичними енергонакопичувачами є її високий рівень екологічності, адже всі складові частини системи є екологічно «чистими» та чинять мінімальний шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Література

1. Смоленцев Н.И. Накопители энергии в локальных электрических сетях. *Ползуновский вестник*. Барнаул, 2013. Вып. 4 (2). С. 176–181.
2. Алексеев Б.А. Применение накопителей энергии в электроэнергетике. *Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность.* Москва, 2005. Вып. 1. С. 42–46.
3. Сошинов А.Г., Угаров Г.Г. Накопители энергии в электроэнергетических системах : учебное пособие. Волгоград : ВолгГТУ, 2007. 106 с.
4. Возмилов А.Г., Андреев А.А., Калмаков В.А. Особенности эксплуатации накопителей энергии на основе химических источников тока в составе автономных энергосистем. *Наука ЮУрГУ* : материалы 67-й научной конференции. Секции технических наук. Челябинск, 14–17 апреля 2015 г. С. 47–51.
5. Бут Д.А., Алиевский Б.Л., Мизюрин С.Р., Васюкевич П.В. Накопители энергии / под ред. Д.А. Бута. Москва : Энергоатомиздат, 1991. 400 с.
6. Shevchenko S.Yu., Savchenko N.A., Tretjak A.V. Managing the load schedule of the administrative building taking into account emerging risks when connecting the kinetic energy storage to the power supply system. *Електротехніка і електромеханіка.* Харків, 2017. Вип. 6. С. 69–73. DOI: 10.20998/2074-272X.2017.6.11.
7. Савченко Н.П., Шевченко С.Ю. Математична модель системи електропостачання адміністративної будівлі з кінетичним енергонакопичувачем. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. Кременчук, 2018. Вип. 1 (41). С. 47–52. DOI: 10.30929/2072-2052.2018.1.41.
8. Карамов Д.Н. Математическое моделирование автономной системы электроснабжения, использующей возобновляемые источники энергии. *Вестник ИрГТУ.* Иркутск, 2015. Вып. 9 (104). С. 133–139.

УДК 504.064.4.03
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-27

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДІВ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ

Виговська Г.П., Власюк Т.В.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління Мінприроди України
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
202907@ukr.net

Розвиток роздільного збирання та перероблення відходів є невіддільною частиною підвищення ефективності використання природних ресурсів і переходу до сталої економіки. У роботі визначається необхідністю формування екологічно безпечної системи поводження з відходами, що утворюються в закладах громадського харчування з урахуванням сучасних пріоритетів охорони навколишнього природного середовища, раціонального природокористування та ресурсозбереження. Відходи виробництва і споживання можуть використовуватись як джерела сировини і енергії, що одночасно сприятиме вирішенню завдань ресурсозбереження й охорони навколишнього середовища. Це посилює народногосподарський зміст проблеми, а розширення та використання відходів набуває особливо важливого економічного значення. Зазначається, що ступінь концентрації харчових відходів у закладах громадського харчування вищий, ніж у домогосподарствах, що уможливлює їх централізоване збирання й ефективне використання. Як показують наукові дослідження, проведені наприкінці минулого століття, технічних обмежень для використання харчових відходів немає. На цей час є багато технологій утилізації харчових відходів. У роботі значна увага приділяється обґрунтуванню напрямів мінімізації захоронення відходів, що утворюються в закладах громадського харчування, з посиланням на дослідження оптимальних шляхів поводження з такими відходами, розвитку напрямів утилізації й визначення можливостей заощадження природної сировини та матеріалів. Проведений огляд технологій перероблення відходів закладів громадського харчування. Наведені напрями вторинного використання відходів та біологічні методи їх переробки. Потреби у вторинних ресурсах, їх залучення у відтворювальний процес залежать від попиту на продукти, що виготовляються з їх використанням. Тому сфера виробничих відносин має включати як власний складник розвитку переробних підприємств, так і відповідну інфраструктуру. Це зумовлює необхідність підготовки відповідної техніко-технологічної бази для вирішення проблеми утилізації відходів. Тому сфера поводження з відходами має розглядатися як один із елементів відтворення суспільного виробництва. *Ключові слова:* відходи, заклади громадського харчування, мінімізація відходів, вторинна сировина, харчові відходи.

Priority directions of waste utilization of catering establishments. Vigovska H., Vlasyuk T. The development of separate waste collection and recycling is an integral part of improving natural resource efficiency and the transition to a sustainable economy. The paper defines the necessity of creating an ecologically safe waste management system, which is generated in catering establishments, taking into account the modern priorities of environmental protection, rational use of nature and resource conservation. Waste from production and consumption can be used as sources of raw materials and energy, which will simultaneously contribute to solving the problems of resource conservation and environmental protection. This enhances the economic substance of the problem, and the expansion and use of waste is of particular economic importance. It is noted that the degree of concentration of food waste in catering establishments is higher than in households, enabling their centralized collection and efficient use. According to research conducted at the end of the last century, there are no technical restrictions on the use of food waste. Today, there are many technologies for the disposal of food waste. In the work considerable attention is paid to substantiation of directions of minimization of disposal of waste generated in catering establishments, with reference to research of optimal ways of management of such waste, development of directions of utilization and determination of possibilities of saving of natural raw materials and materials. The review of technologies of recycling of waste of catering establishments is carried out. The directions of waste recycling and biological methods of their treatment are given. Requirements for secondary resources, their involvement in the reproduction process, depend on the demand for products made with their use. Therefore, the sphere of industrial relations should include both its own component of the development of processing enterprises and the corresponding infrastructure. This necessitates the preparation of a suitable technical and technological base for its solution. Therefore, waste management should be considered as one of the elements of reproduction of social production. *Key words:* waste, catering establishments, waste minimization, secondary raw materials, food waste.

Постановка проблеми. Утворення, накопичення зберігання, транспортування та переробка відходів стали для світового співтовариства однією з найбільш злободенних проблем, з якою пов'язана небезпека для здоров'я людей та навколишнього природного середовища. В різних сферах життя і господарської діяльності вона перманентна і не передбачає універсальних та одномоментних рішень. Проблему відходів та токсичного забруднення ними навколишнього природного середовища

віднесено Організацією економічного співробітництва і розвитку ‘OECP) до однієї з визначальних екологічних проблем людства, що стосуються не тільки урядовців, промислових корпорацій, комунальних служб, науковців, але й кожної окремої людини [1]. Як фактор скорочення негативного впливу на довкілля та ресурсоощадливого розвитку проблеми відходів поєднують завдання соціального та економічного змісту, які стосуються світової спільноти. Щодо екологічної безпеки, то відходи є деструктивним чинником, оскільки їх накопичення належить до найбільш критичних проблем. Їх зберігання потребує вилучення значних земельних ділянок та негативно впливає на стан навколишнього середовища і здоров’я людей.

Водночас відходи виробництва і споживання можуть використовуватись як джерела сировини і енергії, що одночасно сприятиме вирішенню завдань ресурсозбереження й охорони навколишнього середовища. Це посилює народногосподарський зміст проблеми, а розширення та використання відходів набуває особливо важливого економічного значення. Багато видів відходів уже сьогодні можуть бути введені в баланс первинної сировини, але для цього необхідна обґрунтована оцінка доцільності їх використання, яка враховувала б розв’язання технічних і технологічних проблем з ефективними кінцевими економічними, екологічними та соціальними результатами.

Сучасне європейське законодавство передбачає новий підхід як до проблеми скорочення відходів, так і до їх використання.

У 2008 році Європейським парламентом та Радою прийнято нову директиву 2008/98/ЄС, «Про відходи та відміну деяких інших директив» [2], яка планує наближення ЄС до «суспільства рециклінгу утилізації», суттєве скорочення утворення відходів та використання їх в якості ресурсів. Директива запроваджує підхід, який враховує весь життєвий цикл руху продукції та матеріалів, а не тільки стадію відходів. При цьому посилюється увага до зменшення впливу відходів та поводження з ними на довкілля, що посилює їхню економічну цінність. Окрім того, Директивою пропонується заохочувати утилізацію відходів та використання перероблених матеріалів для збереження природних ресурсів.

Отже, головна мета – не тільки скорочення обсягів утворюваних відходів, але й нарощування їх кількості, що спрямовується на остаточне захоронення. До 2020 року визначені конкретні індикатори щодо підготовки окремих категорій відходів до повторного використання та переробки.

Відповідно до такої мети для зростання потенціалу утилізації відходи повинні збиратися окремо, якщо це можливо технічно, екологічно та економічно, перед операціями утилізації, які забезпечують загалом найкращий для довкілля результат. Держави-члени повинні сприяти відділенню небезпечних компонентів з відходів, якщо це необхідно для забезпечення екологічно безпечного управління.

Нові підходи до організації процесів вилучення і переробки відходів знайшли відображення у сучасному національному законодавстві, зокрема у Національній стратегії управління відходами до 2030 року та Національному плані управління відходами до 2030 року [3; 4].

Національна стратегія управління відходами передбачає здійснення заходів щодо багаторазового використання природних ресурсів, перероблення (оброблення) відходів та їх утилізації, а концептуально – досягнення «нульового рівня відходів» не тільки шляхом мінімізації утворення, але й шляхом рециклінгу, повторного використання, відновлення чи утилізації. Це стосується і видів відходів, що утворюються в закладах громадського харчування.

На жаль, діюча в Україні господарська практика не забезпечує раціональне управління як поводженням з відходами, так і ресурсоспоживанням загалом. Особливо це проявляється через відсутність комплексного підходу до управління ресурсами й відходами. Йдеться про взаємозв’язок ресурсно-господарських відносин з утворенням, накопиченням та використанням відходів. Саме це має забезпечувати високий рівень взаємоузгодженого розв’язання екологічних і соціальних питань, ефективний розвиток підприємницької діяльності, раціональне використання, збереження і відновлення природних ресурсів, що вимагає сталий розвиток. У Стратегії зазначено, що відсутність системи перероблення (у тому числі роздільного збирання) побутових відходів призводить до втрати Україною щороку мільйонів тонн ресурсоцінних матеріалів, що містяться у відходах, які потенційно можуть бути залучені у господарський обіг. Розвиток роздільного збирання та перероблення відходів є невіддільною частиною підвищення ефективності використання природних ресурсів і переходу до сталої економіки.

Актуальність дослідження визначається необхідністю формування екологічно безпечної системи поводження з відходами, що утворюються в закладах громадського харчування з урахуванням сучасних пріоритетів охорони навколишнього природного середовища, раціонального природокористування та ресурсозбереження. Створення ефективної системи поводження з такими відходами потребує теоретичного осмислення, методичного забезпечення та розроблення відповідних організаційно-економічних засад.

Мета роботи – обґрунтування напрямів мінімізації захоронення відходів, що утворюються в закладах громадського харчування, дослідження оптимальних шляхів поводження з такими відходами та утилізації, визначення можливостей заощадження природної сировини та матеріалів.

Виклад основного матеріалу. Діяльність закладів громадського харчування супроводжується утворенням різноманітних відходів. Це папір, картон, скло бій,

використана скляна тара, дрібна використана пластикова тара, суміш відходів, матеріалів, виробів із пластмас, дерев'яна використана тара та інші вироби з деревини використані або зіпсовані, металеві відходи, у тому числі дрібні консервні банки та інший дрібний брухт кольорових та чорних металів, органічні кухонні та харчові відходи, олія та жири харчові зіпсовані або використані, спецодяг зношений або зіпсований.

Згідно з Законом України «Про відходи» (ст. 1) відходи, що утворюються в закладах громадського харчування, належать до побутових, тобто таких, що утворюються в процесі життя і діяльності людини в житлових та нежитлових приміщеннях [5].

У таблиці 1 наведено класифікацію відходів закладів громадського харчування за державним класифікатором відходів ДК 005–96 [6].

З наведеної класифікації видно, що відходи у закладах громадського харчування можна поділити на дві категорії: відходи, що за визначенням є вторинною сировиною (макулатура паперова та картонна, використана скляна тара та склобій, використана пластикова тара та інші відходи пластмас, дерев'яна тара та вироби з деревини, металева тара й брухт чорних та кольорових металів, одяг зношений або зіпсований) та органічні кухонні відходи, які визначені за класифікатором як придатні для компостування.

Визначені напрями використання категорій відходів, які віднесені до вторинної сировини.

Відходи деревини використовуються для одержання технологічної щепи для різних цілей, деревоволокнистих плит, товарів культурно-побутового призначення та енергії. Середньозважений коефіцієнт заміни ділової деревини відходами становить 0,89 $м^3/м^3$.

Головний напрям використання **полімерних відходів** під час їх переробки – повернення у виробничий процес і після спеціальної обробки (чистки, промивки, дроблення) застосування у вигляді домішок в процесі одержання спеціальних (невідповідальних) видів продукції з метою економії первинної сировини (сантехнічні вироби, тара і пакувальні матеріали, листи, деталі для меблів, плівка, труби тощо). Найбільш рентабельний шлях використання відходів – повернення їх у виробничий цикл після спеціальної обробки. Основні напрями використання відходів:

– переробка у вторинний гранулят з подальшим виготовленням продукції;

– використання у різних композиціях для дорожнього будівництва, гідроізоляційних покрівель;

– піроліз, тобто термічне розщеплення з одержанням цільових продуктів.

Таблиця 1

Класифікація відходів закладів громадського харчування за Державним класифікатором відходів ДК 005-96

	ВІДХОДИ ДІЯЛЬНОСТІ УСТАНОВ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ, ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ УСТАТКОВАННЯ, ПРИЛАДІВ ТА ІНШИХ ВИРОБІВ, ВІДХОДИ КОМУНАЛЬНІ ТА АНАЛОГІЧНІ НЕСПЕЦИФІЧНІ ПРОМИСЛОВІ ІНШІ
71	Відходи, які сортують і збирають окремо
710	Відходи, які сортують і збирають окремо
7710.3	Відходи продукції, які утворилися під час її експлуатації (застосування, споживання), які збирають окремо
7710.3.1	Відходи продукції, які утворилися під час її експлуатації (застосування, споживання), які збирають окремо
7710.3.1.01	Макулатура паперова та картонна
7710.3.1.02	Тара скляна використана та бій скла (за винятком відходів тари, що утворилися під час перевезень, та тари аптечної)
7710.3.1.03	Бій скла технічного та скловиробів, що не підлягає спеціальному обробленню
7710.3.1.04	Тара пластикова дрібна використана
7710.3.1.05	Суміш відходів, матеріалів та виробів з пластмас та інших матеріалів, що не підлягають спеціальному обробленню
7710.3.1.06	Тара дерев'яна використана (за винятком відходів тари, що утворилися під час перевезень)
7710.3.1.07	Тара металева використана, у тому числі дрібна (банки консервні тощо), за винятком відходів тари, що утворилися під час перевезень
7710.3.1.08	Брухт чорних металів дрібний інший
7710.3.1.09	Брухт кольорових металів дрібний інший
7710.3.1.10	Деревина та вироби з деревини зіпсовані або використані
7710.3.1.11	Відходи кухонні органічні, придатні для компостування
7710.3.1.12	Олія та жири харчові зіпсовані або використані
7710.3.1.13	Одяг зношений чи зіпсований

Відходи пластмас широко використовуються і в інших галузях промисловості (крім виробництва товарів для дітей та харчової промисловості).

Коефіцієнт заміни первинної полімерної маси вторинною становить 1,0.

Склобій належить до цінних видів вторинної сировини й традиційно використовується як зворотний компонент скляної шихти у виробництві сортового скла, скляної тари (пляшки, банки тощо), будівельної кераміки, ізоляційних матеріалів тощо. Частка склобою у скляній шихті може досягати 40–50%. Використання склобою дозволяє заощаджувати дефіцитну кальциновану соду.

Матеріали текстильні вторинні (зношений та зіпсований одяг) використовуються у виготовленні нетканих матеріалів, волоку, ватину тощо. Коефіцієнт їх заміни при цьому становитиме 0,95.

Зазначені типи відходів належать до традиційних видів вторинної сировини, для яких уже склалися технологічні, організаційно-виробничі та економічні передумови їх перероблення та утилізації. Вони вже зараз займають помітне місце у забезпеченні певних виробництв сировиною. Однак в Україні їх потенціал сьогодні використовується недостатньо [7]. Збільшення обсягів їх використання пов'язується з удосконаленням системи збирання та заготівлі. Це стосується і відходів закладів громадського харчування.

Окрему проблемну групу складають **харчові відходи,** які утворюються як у домогосподарствах, так і у закладах громадського харчування, змішуються разом з іншими побутовими відходами й вивозяться на звалище. Їх особливість, а разом з тим і небезпека, полягає в тому, що під час розкладання на звалищах харчові відходи, як і інші біологічні відходи, виділяють токсичні речовини, а також слугують живильним середовищем для різного роду шкідливої мікрофлори – мікроскопічних грибів і бактерій, що заражають ґрунт, повітря, ґрунтові води і водойми та спричинюють утворення фільтрату. Самі по собі харчові відходи особливої шкоди природному середовищу не завдають – ними харчуються різні організми. Однак за великого накопичення вони завдають шкоди навколишньому середовищу в цілому і людині зокрема. У процесі гниття харчові відходи поширюють мікроби і служать джерелом інфекційних захворювань. При цьому їх не можна змішувати з іншими відходами через утворення небезпечних сполук (диоксид). Тому так необхідна грамотна утилізація харчових відходів.

Але разом з тим харчові відходи являють собою цінну вторинну сировину, яку можна використовувати для одержання різноманітної продукції. Залучення їх у господарський обіг сприятиме покращенню санітарно-гігієнічної ситуації, зменшенню загального обсягу захоронення і може давати прямий економічний ефект. Слід також зазначити, що ступінь концентрації харчових відходів у закладах громадського харчування вища, ніж у домогосподарствах, що уможливлює їх централізоване збирання й ефективне використання. Як показали наукові дослідження, проведені наприкінці минулого століття, технічних обмежень для використання харчових відходів немає.

На цей час є багато технологій утилізації харчових відходів.

Захоронення на полігонах та звалищах. Величезні маси біологічних залишків просто гниють і викидають в навколишнє середовище токсичні речовини. Крім цього, харчові відходи під час розкладання виділяють органічні кислоти, які в результаті хімічної реакції з важкими металами серйозно отруюють ґрунт і атмосферу. Оскільки знезараження не виконується, це спричиняє згубні наслідки для навколишнього середовища. Такий підхід вважається застарілим, але він повсюдно практикується у багатьох країнах, у тому числі є найпоширенішим в Україні.

Термічна обробка. Основними видами термічної переробки відходів є спалювання, піроліз і плазмова газифікація. Важливими перевагами сучасних методів такої переробки є ефективне знешкодження відходів, скорочення обсягу відходів до 10 разів, використання енергетичного потенціалу органічних відходів.

Звичайне спалювання відходів у спеціальних печах забезпечує можливість перетворення відходів на корисну енергію і отримання палива, переважно газу, із залишків їжі. Цей спосіб також неминуче призводить до виділення токсичних речовин, проте завдяки знезараженню продуктів горіння екологічна загроза дещо зменшується.

Спалювання відходів здійснюють у печах різної конструкції з решітками, на яких відбувається процес горіння. Простір усередині печі розділений на кілька зон, в яких послідовно відбувається спалювання відходів.

Загалом процес спалювання складається з п'яти стадій: сушка, газифікація, займання, горіння і допалювання. У зоні сушіння випаровується волога, що міститься у відходах. У зоні газифікації відбувається утворення летких компонентів, які потрапляють в зону займання. І якщо в перших двох зонах потрібно підводити тепло ззовні, то після запалення леткі компоненти горять самостійно. Для повного згоряння відходів і охолодження колосників у зоні горіння необхідне підведення повітря.

Існують різні технології спалювання відходів (різні види шарового спалювання, технології псевдозрідженого шару тощо). Кожна технологія має свої переваги й недоліки. Під час використання будь-якої технології спалювання відходів виділяється велика кількість вуглекислого газу і газоподібних викидів, які містять оксиди азоту, сірки, соляну кислоту тощо, а також важкі метали і дисперсійний пил. Все це надходить в атмосферу, тому леткі гази на сміттєспалювальному заводі піддаються очищенню

сухим, мокрим чи електростатичним способами або їх комбінацією.

У процесі **піролізу** відходи нагрівають у безкисневому середовищі, в результаті чого утворюються рідини і гази, які можна використовувати в якості палива. Цей метод потенційно ефективний, але на практиці піролізні установки застосовують переважно для переробки однорідних відходів (наприклад, автомобільних шин), але для побутових відходів їх практично не використовують. Зараз у всьому світі найбільшого поширення набуло спалювання відходів.

Технологія **плазмової газифікації** є відносно новою розробкою, але небезпроблемною, тому вона менш поширена, ніж спалювання. Ця технологія реалізована на ряді підприємств в Японії, Індії, Великобританії, Китаї, США, також виконуються роботи з проектування та будівництва в країнах Євросоюзу. Її перевагами є можливість переробки різнорідної вихідної сировини за її мінімальної підготовки і зниженого рівня утворення відходів. Кінцевим продуктом процесу плазмової газифікації можуть бути електроенергія, пара або рідке паливо.

Термічні технології переробки органічних відходів удосконалюються і в Україні. Наприклад, розроблена інноваційна технологія переробки відходів за допомогою окисного піролізу Інституту відновлюваної енергетики НАН України, дає можливість одержувати корисні продукти. Унікальність цього проекту полягає в простоті конструкції обладнання, можливості реалізації на існуючих майданчиках, низькому рівні споживання енергії та екологічній безпеці [8].

Біологічні методи переробки

Компостування є найпростішим методом переробки харчових відходів. Цей спосіб базується на перегниванні і сушінні харчових відходів на спеціальних територіях з підтриманням постійного температурного режиму. Одержану в результаті цього масу можна застосовувати в якості добрива, а після ретельного висушування включати до складу будівельних сумішей як добавку. Використання такого методу є прийнятним не тільки для спеціалізованих компаній, а й простих людей, які можуть отримувати з харчових відходів натуральне добриво для городу. Його можна виготовляти за допомогою домашнього компостера. Крім цього, натуральний компост затребуваний фермерами і рибалками, оскільки він є придатною основою для розведення черв'яків.

У природних умовах процес біодеградації відбувається повільно на поверхні землі за відповідної температури навколишнього середовища і переважно в анаеробних умовах. Природний процес розкладання можна прискорити, якщо перероблюваний субстрат зібрати в купи, що дозволить зберегти частину теплоти, яка виділяється під час ферментації, і досягти більш високої швидкості реакції. Застосовуються й інші методи удосконалення компостування – застосування вермикультури, переробка комахами та їх личинками тощо.

Методи компостування постійно удосконалюються, розробляються різні види сучасних компостерів, які можна використовувати як безпосередньо у закладах харчування, так і у домогосподарствах (вермикомпостери, ЕМ–технології, девайс тощо) Така тенденція спостерігається і в Україні. Для прикладу можна навести еко-проект «Компола», яким передбачено встановлення компостерів для утилізації залишків їжі та інших побічних продуктів шкільних їдалень. Цей проект був започаткований київськими школярами, а ідею підтримали Міністр екології та природних ресурсів України та Міністр освіти і науки України. Нині проект успішно реалізований у 32 навчальних закладах України. Передбачається за результатами конкурсу встановити компостери для переробки харчових відході ще у 200 закладах.

Основна мета проекту – дати додатковий поштовх та ресурс українським школам для розвитку екологічної грамотності учнів, допомогти школярам одержати практичні навички, а не тільки теоретичну інформацію щодо відповідального споживання.

Мікробіологічний синтез у біогазових установках використовується для одержання біогазу. Сьогодні в світі використовується близько 60 різновидів технологій отримання біогазу. Найбільш поширений метод – анаеробне зброджування в метатанках або анаеробних колонах. За останнє десятиріччя розроблено декілька поколінь технічно надійних рішень одержання біогазу з біовідходів.

Переваги отримання біогазу з відходів:

– орієнтовний термін окупності проекту 4–5 років;

– незалежність у сфері енергоносіїв і енергозабезпечення;

– економія коштів за рахунок переходу на свій біогаз;

– замість звичайної утилізації органічних відходів виробляється енергія та використовуються поживні речовини;

– одержання додаткового доходу за рахунок виробництва «зеленої» енергії й зниження рівня шкідливих викидів в атмосферу (економія на податках);

– перероблені відходи є ефективними як добриво порівняно з неферментованими;

– підвищення рівня екологічної безпеки навколишнього середовища та підтримка захисту клімату;

– виробництво екологічно безпечної енергії – додатковий спосіб фінансування.

Українські науковці працюють над створенням інноваційних напрямів переробки харчових відходів. Інститут мікробіології і вірусології НАН України запропонував вирішити цю проблему за допомогою мікробної технології швидкого і ефективного зброджування екологічно небезпечних змішаних харчових відходів. Таке зброджування відбувається дуже швидко, протягом 2–3 тижнів, і має високу ефективність – відбувається зменшення маси відходів у 20–30 разів. При цьому в навколишнє

середовище не потрапляють токсичні продукти. Області застосування рішення надзвичайно широкі: знешкодження змішаних харчових відходів мегаполісів, переробка відходів промислових харчових виробництв, готелі і харчові підприємства в курортних зонах, знешкодження змішаних відходів в екстремальних умовах, що впроваджено на українській антарктичній станції «Академік Вернадський».

Виробництво корму для тварин

Цей напрям використання відходів здається найбільш цікавим, оскільки 1 т харчових відходів замінює 250 кг фуражного зерна. Виготовлення комбікормів для худоби розпочалося ще у двадцятому столітті. Харчові відходи використовували для годування тварин (здебільшого свиней) у переробленому вигляді. Технологія перероблення включала очищення від інородних включень на конвеєрах, стерилізацію в герметичних котлах за температури 100^{0}С і тиску 3 атм протягом 40 хв. Такі відходи в раціоні тварин можуть становити до 60%.

Є технології та наявний досвід перероблення відходів у кормове борошно, гранульовані корми, кормові пасти. За такою технологією відходи очищуються, висушуються, подрібнюються та змішуються з трав'яним борошном, борошном із фуражного зерна, білково-вітамінними добавками. Така технологія дозволяє використовувати серійне устаткування, що застосовується на комбікормових заводах.

Використання сухих гранульованих кормів має ряд переваг. Їх використання дає можливість повністю механізувати процес, спростити складання раціону годування, включати до складу кормової суміші необхідні макро- і мікроелементи, скоротити витрати на транспортування, а також витрати на годування. При цьому підвищується середньодобовий привіс тварин (на 5–10%), що сприяє зниженню собівартості одиниці продукції. Крім того, використання гранульованих кормів виключає занесення інфекції у тваринницькі комплекси, значно покращує їх мікроклімат і санітарно-гігієнічні умови. Гранульовані корми з харчових відходів можуть довго зберігатися без зниження якості і можуть застосовуватись тоді, коли знижується заготівля інших кормів, що дозволяє забезпечувати стабільну й надійну кормову базу тваринництва.

До недоліків гранульованих кормів із харчових відходів слід віднести невисоку їх засвоюваність тваринами.

Розвиток сучасних прогресивних технологій забезпечує можливість для перетворення харчових відходів на корм вищої якості. Дія високого тиску і температури протягом короткого часу дозволяє знищити шкідливі мікроорганізми і виготовити насичений жирами і білками корм.

Збір харчових відходів проводиться в багатьох європейських країнах, зокрема в НДР, ЧСФР, Румунії, Фінляндії, Норвегії тощо. У Фінляндії харчові відходи збирають переважно в ресторанах, школах, інтернатах тощо. Для збору харчових відходів використовують збірники місткістю 50 л. Оскільки до якості харчових відходів, що доставляються на кормоприготувальні підприємства, споживачі пред'являють підвищені вимоги, то для їх доставки використовують двошарові мішки разового користування. Внутрішній мішок виготовлений з поліетиленової плівки, зовнішній – з вологостійкого паперу.

Харчові відходи збирають у спеціально призначені збірники (баки, відра, контейнери), що закриваються кришками і мають надпис «Харчові відходи». Внутрішню і зовнішню поверхні металевих збірок фарбують. Щодня після спорожнення збірники харчових відходів промивають водою з застосуванням миючих засобів. Періодично збірники дезінфікують 2%-им розчином кальцинованої соди, їдкого натру або розчином хлорного вапна, що містить 2% активного хлору. Після дезінфекції збірники миють чистою водою. Зберігати харчові відходи в теплу пору року дозволяється не більше 10 годин з моменту їх збору, восени і взимку – за температури повітря нижче 6–7°С не більше 30 год.

Якість приготовлених кормів характеризується такими показниками, як поїдання (запах, смакові якості, фізична форма, вміст сухої речовини, забрудненість, наявність баластних домішок), концентрація енергії (кількість кормових одиниць в 1 кг сухої речовини корму), вміст поживних речовин (сирий протеїн, мінеральні і біологічно активні речовини) [9].

Разом з тим під час організації використання харчових відходів необхідно враховувати й деякі обмеження, а вивіз харчових відходів повинен проводитися своєчасно. Збір відпрацьованих продуктів дозволений тільки в спеціальні баки чи контейнери. Вони повинні бути пофарбовані зовні і зсередини, обладнані кришкою з запірною арматурою.

Харчові відходи кухонь і організацій громадського харчування повинні утилізовуватися організаціями, що мають кваліфікований персонал та володіють необхідним транспортом й відповідним обладнанням.

Як підсумок слід зазначити, що використання харчових відходів має здійснюватись за будь-яким напрямом залежно від конкретних особливостей закладу і має ряд переваг: знешкодження органічних і неорганічних токсичних відходів, відновлення ресурсів та повернення в кругообіг речовин вуглецю, азоту, фосфору, сірки, мікроелементів, одержання органічного палива і цінних кормів для тварин, риб, птахів та цінних органічних добрив тощо.

Головні висновки. Відходи закладів громадського харчування можуть бути віднесені до вторинної сировини і бути складником сировинної бази виробництва різноманітної продукції. Комплексність і нерозривність проблеми утворення й використання відходів є загальною проблемою ресурсозбереження: все переробляється, використовується, нейтралізується, повертається у виробничий цикл, а за

його межі надходить лише товарна продукція. Це сприятиме підвищенню ефективності виробництва і скороченню негативного впливу відходів на навколишнє середовище.

Огляд технологій перероблення відходів закладів громадського харчування свідчить, що всі напрями їх використання мають соціально-економічне та екологічне значення. Вибір будь-якого напряму та технологій перероблення відходів має враховувати обсяги їх утворення, ступінь їх концентрації в джерелах утворення, можливості і спосіб організації їх збирання й використання. Пріоритетні напрями використання відходів закладів громадського харчування мають визначатися на основі вивчення потоків відходів, їх складу та властивостей, економічного обґрунтування можливих варіантів. За системою відповідних пріоритетів мають розроблятися економіко-організаційні заходи, пілотні проекти для забезпечення оптимізації напрямів і структур їх переробки чи видалення.

Політика мінімізації відходів має органічно поєднувати як завдання зменшення їх негативного впливу на довкілля та здоров'я людей, так і розширення потенціалу ресурсоощадливого розвитку. Управління відходами щодо становлення рециклінгу матеріалів і розвитку вторинного ресурсокористування розглядається світовою спільнотою як одна з найважливіших передумов переходу до «зеленої економіки».

Потреби у вторинних ресурсах, їх залучення у відтворювальний процес залежать від попиту на продукти, що виготовляються з їх використанням. Тому сфера виробничих відносин має включати як власний складник розвитку переробних підприємств, так і відповідну інфраструктуру. Це зумовлює необхідність підготовки для її вирішення відповідної техніко-технологічної бази. Тому сфера поводження з відходами має розглядатися як один із елементів відтворення суспільного виробництва.

Харчові відходи доцільно використовувати для виробництва кормів. Вони за належної переробки можуть бути повноцінним кормом для тварин. Поживна цінність 1 кг харчових відходів становить 0,25–0,35 кормових одиниць, а 1 т харчових відходів замінює 250 кг фуражного зерна. Економічна доцільність переробки харчових відходів у корм для сільськогосподарських тварин зумовлена не тільки заощадженням кормової сировини, а й зниженням витрат на їх ліквідацію та покращенням екологічної ситуації.

В умовах децентралізації у місцевих органів влади є можливість організувати перероблення харчових відходів й стимулювати створення спеціалізованих підприємств з їх переробки у повноцінний корм, що одночасно дозволить скоротити загальні обсяги захоронення відходів на полігонах та покращити санітарно-гігієнічний стан населених пунктів.

Реалізація наведених напрямів використання відходів має забезпечуватись визнанням пріоритетності вторинного ресурсокористування в системі розвитку галузей економіки, науки, технік й інноваційної діяльності та соціально-економічного розвитку загалом.

Література

1. Програма дій «Порядок денний на XXI століття / Пер. з анг. : ВГО «Україна Порядок денний на XXI століття», Київ : Інтелсфера, 2000. 300 с.
2. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. *Official Journal of the European Union.* 2008. L 312/3 – L 312/30.
3. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 №820-р «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року». URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/820-2017-р.
4. Розпорядження кабінету міністрів України від 20 лютого 2019 р. № 117-р «Про затвердження Національного плану управління відходами до 2030 року». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/117-2019-р.
5. Закон України «Про відходи» №187/98-ВР від 05 березня. 98 р. [із змінами і доповненнями, поточна редакція. Редакція від 01.05.2019, підстава – 2189-VIII]. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр.
6. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96 URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va089217-96.
7. Звіт про НДР за темою «Розроблення організаційних та науково-методичних засад удосконалення системи збирання, заготівлі та утилізації відходів кінцевого споживання продукції (відходи тари та пакувальних матеріалів, зношені шини, відпрацьовані технічні оливи, відходи електричного й електронного обладнання)» за договором № 25 від 02.03. 2015 р. № гос. реєстрації.
8. ТОП-10 новых отечественных решений для переработки отходов URL: https://naukatehnika.com/top-10-novyix-otechestvennyix-reshenij-dlya-pererabotki-otxodov.html.
9. Что делать с пищевыми отходами дома? URL: https://np-mag.ru/obraz-zhizni/dliadoma/pererabotka-pishchevyh-othodov-sposoby-pererabotki-utilizacii/.

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

УДК 502.2+502.1](477.7)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-28

ЗАПОВІДНА ТА РЕКРЕАЦІЙНА СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ СОЦІОЕКОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ КІНБУРНСЬКОГО ПІВОСТРОВА

Малюченко І.О.
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 десантників, 10, 54003, м. Миколаїв
imalyuchenko@gmail.com

Наведені проблеми соціоекологічноої системи Кінбурнського півострова, який має умови для розвитку рекреаційного комплексу на березі Чорного моря. Проаналізовані суперечності між наявністю природних рекреаційних територій і забороною відпочинку на них, оскільки більшість території півострова входить до складу заповідних територій різного рангу. Подано визначення соціоекологічної системи. Кінбурнська коса – унікальний для Європи природно-територіальний комплекс давньорічкових рівнинних піщаних і приморських засолених ландшафтів. Це екосистема, що характеризується існуванням багатьох видів рослин, грибів, тварин, серед яких багато ендемічних видів. Територія Кінбурнської коси має яскраво виражені ознаки привабливості, доступності та пристосованості для широкого рекреаційного відпочинку на узбережжі Чорного моря та Ягорлицької затоки, для культурно-пізнавального, лікувально-оздоровчого, природничо-пізнавального, науково-освітнього, екологічного, водного, спортивно-оздоровчого, зеленого сільського туризму. Метою роботи є дослідження заповідних і рекреаційних проблем Кінбурнської коси. Визначена соціоекосистема Кінбурнської коси, що включає в себе багато компонентів, зокрема екологічну і соціальну підсистему. Екологічна підсистема складається з природних і штучних утворень. Соціальна підсистема поділяється на людські ресурси та інфраструктуру. Виконаний аналіз соціально-екологічної системи дозволяє виявити недосконаліть у системі управління територіями природно-заповідного фонду й у способах забезпечення соціальних потреб жителів. Зроблені висновки щодо використання Кінбурнської коси для активного та пізнавального відпочинку. Обгрунтована проблема утилізації відходів. Виявлені недоліки у сфері поводження з відходами на заповідних і рекреаційних територіях. *Ключові слова:* заповідна територія, рекреанти, соціоекологічна система, Кінбурнська коса.

Nature reserving and recreational composition of the socio-ecological system of the Kinburn peninsula. **Malyuchenko I.** The problems of the socioecological system of the Kinburn peninsula, which have conditions for the development of the recreational complex on the Black Sea coast, are presented. The contradictions between the presence of natural recreational areas and the prohibition of recreation on them are analyzed, since most of the peninsula is part of protected areas of different rank. The definition of the socioecological system is given. Kinburnska Spit – unique for Europe natural and territorial complex of ancient peoples sandy and coastal saline landscapes. It is an ecosystem characterized by the existence of many species of plants, fungi, and animals, including many endemic species. The area of the Kinburnska Spit has pronounced features of attractiveness, accessibility and adaptability for a wide recreational holiday on the Black Sea coast and Yagrolitsky Bay, for cultural-cognitive, medical and recreational, natural sciences, scientific and educational, environmental, water, sporting and recreational, green rural tourism. The aim of the work is to study the conservation and recreational problems of the Kinburnska Spit. The socioecosystem of the Kinburnska spit is defined, which includes many components, in particular, the ecological and social subsystem. The ecological subsystem consists of natural and artificial formations. The social subsystem is divided into human resources and infrastructure. The analysis of the socio-ecological system performed allows to identify imperfections in the system of management of territories of the nature reserve fund and in ways of ensuring the social needs of inhabitants. Conclusions have been drawn on the use of the Kinburnska spit for active and cognitive recreation. The problem of utilization of waste is substantiated. The defects in the field of waste management in protected and recreational territories are revealed. *Key words:* protected area, recreation, socioecological system, Kinburska spit.

Постановка проблеми. Унаслідок тимчасової втрати АР Крим постає питання про подальший розвиток рекреації на території Причорноморського регіону України. Кінбурнський півострів має майже всі умови для розвитку рекреаційного комплексу на березі Чорного моря. Але виникають суперечності між наявністю природних рекреаційних територій і забороною відпочинку на них, оскільки більшість території півострова входить до складу заповідних територій різного рангу.

Актуальність дослідження полягає у тому, що Кінбурнська коса – унікальний для Європи природно-територіальний комплекс давньорічкових рівнинних піщаних і приморських засолених ландшафтів. Ця екосистема характеризується існуванням багатьох видів рослин, грибів, тварин, серед яких багато ендемічних видів. Сьогодні територія Кінбурнської коси має яскраво виражені ознаки привабливості, доступності та пристосованості для широкого рекреаційного відпочинку на узбережжі Чорного моря та

Ягорлицької затоки, для культурно-пізнавального, лікувально-оздоровчого, природничо-пізнавального, науково-освітнього, екологічного, водного, спортивно-оздоровчого, зеленого сільського туризму. *Метою роботи є* дослідження заповідних і рекреаційних проблем Кінбурнської коси.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Соціоекологічна система (далі – СЕС), за Г.О. Бачинським [5], – це територіальна соціоприродна саморегульована система, динамічна рівновага якої повинна забезпечуватися людським суспільством. Така система є антропоцентричною внаслідок особливої ролі людства. СЕС мають дві системи саморегуляції – природну і людську, цілі яких часто не збігаються.

Ми виділяємо соціоекосистему Кінбурнської коси, що включає в себе багато компонентів, зокрема екологічну і соціальну підсистему. Екологічна підсистема складається із природних і штучних утворень. Під природними утвореннями розглядалися заповідні території Кінбурнської коси. Під штучними утвореннями розуміємо кліматичні умови.

Соціальна підсистема поділяється на людські ресурси (місцеве населення, науковців і рекреантів) та інфраструктуру (медичні пункти, житлові споруди (садиби), торгівельні точки, культурні й освітні заклади, транспорт, дороги, енергетичні споруди).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кінбурнська коса як унікальне природне явище привертала увагу багатьох дослідників різних наукових галузей. Результати їх досліджень нині дають уявлення про одне з найбільш цікавих природних явищ на півдні України. Як результат, Кінбурнський півострів захищається окремими законодавчими актами України.

Заповідній справі в Україні приділяли увагу багато науковців. В.М. Давиденко [6] виклав суть і значення заповідної справи, характеристику прикордонних комплексів і арен України, класифікацію заповідних територій, подав історію заповідної справи та проблеми збереження різноманіття флори і фауни. Історію Кінбурнської коси досліджував В.О. Карпенко [9].

У роботах М.Д. Гродзинського, М.П. Стеценка, Д.П. Івасюка та І.В. Шульги викладені науково-методологічні, правові, організаційні, управлінські основи, на яких ґрунтується заповідна справа в Україні [8].

Для дослідження кліматичних показників були використані праці з метеорології та кліматології Г.Д. Проценка, Н.В. Максименка, О.О. Врулевської, С.М. Степаненка [15].

У ботанічних працях регіон вперше згадується в роботах Ч. Стевена та М. Срединського, які відзначають поширення в пониззі Дніпра лісової рослинності, не характерної для регіону загалом [17]. Спеціальне вивчення Нижньодніпровських арен започатковане Й.К. Пачоським, котрий детально дослідив їх флору та рослинність. Зоологічні дослідження території мають понад 150-літню історію, починаючи з ґрунтовної праці з іхтіології К.Ф. Кесслера та статті з орнітології Д.А. Подушкіна [10].

Початок теріологічним, орнітологічним, герпетологічним, іхтіологічним, ентомологічним дослідженням поклали В.І. Абеленцев [1–3], Т.Б. Ардамацька [4], І.І. Колюшев, Ю.І. Крочко, К.А. Татаринов. Пізніше їх продовжили З.В. Селюніна, Є.Г. Роман, В.М. Титар, С.В. Таращук [11], З.О. Петрович [12; 14], І.Т. Русєв, А.Ю. Нєпєін [13] та інші фахівці.

Сьогодні Кінбурнську косу серед різноманіття місць відпочинку та курортів відрізняє унікальне біорозмаїття, якому вже немає аналогів у світі. Саме відсутність розвиненої системи готельних комплексів і пов'язаної з ними інфраструктури формує привабливість дикої природи Кінбурну.

Науковці О.М. Деркач, Я.І. Мовчан, М.М. Парафіло [11] та ін. займалися дослідженням не тільки природних ресурсів Кінбурнської коси, але і можливостей використання її ресурсів для відпочинку з мінімальним впливом на її територію. У їхніх працях коротко описані можливості використання Кінбурнської коси для розвитку рекреації та визначені основні поняття.

Рекреація (лат. recreatio – відновлення сил) – це відновлення у вільний час витрачених у процесі життєдіяльності (трудової, навчальної, побутової) духовних і фізичних сил людини. Напрямками рекреації є пляжно-купальний відпочинок, спортивний, аматорський та інші види туризму, санаторно-курортне лікування та ін.

Рекреаційно-туристські ресурси – об'єкти та явища природного, природно-антропогенного та соціального походження, які використовуються для туризму, лікування, оздоровлення та впливають на територіальну організацію рекреаційної діяльності, формування рекреаційних центрів, їх спеціалізацію й економічну ефективність.

Рекреаційні ресурси Кінбурнського півострова представлені водами Чорного моря, Ягорлицької затоки, Дніпровського лиману та ряду озер, що мають (особливо біля Ковалівки) цінні лікувальні грязі. Довжина бальнеологічних лікувальних пляжів на узбережжі Чорного моря сягає 23 км.

Розвиток рекреації повинен бути збалансованим, завдавати мінімальної шкоди природі й обов'язково враховувати потреби місцевого населення. Саме таким принципам відповідає «екологічний» і сільський «зелений» туризм [6].

Аргументи для місцевого населення щодо участі у прийнятті рішень стосовно перспектив розвитку рекреації на косі, вибору «зеленого» туризму замість будівництва курорту: працевлаштування й отримання прибутку як організаторами туризму, а не як обслуговуючим персоналом; підвищення рівня життя і добробуту сім'ї; участь у прийнятті рішень

щодо розвитку сільської громади; вирішення соціальних питань; контроль над стихійним забрудненням; підтримка коси постійно рекреаційно привабливою для відвідувачів.

Новизна. Системний підхід дозволив виконати аналіз соціально-екологічної системи Кінбурнського півострова в комплексі. Виконаний аналіз соціально-екологічної системи дозволив виявити недосконаліть у системі управління територіями природно-заповідного фонду та у способах забезпечення соціальних потреб жителів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Соціоекологічна система Кінбурнського півострова включає заповідну та рекреаційну складові частини, які поділяються на екологічні та соціальні підсистеми. Екологічна підсистема включає природні та штучні утворення. До природних утворень належать заповідні території півострова.

Соціальна підсистема Кінбурнського півострова поділяється на людський фактор та інфраструктуру. Людський фактор складається з місцевого населення, мешканців тимчасового перебування, рекреантів, науковців.

На території Кінбурнської коси розташовані чотири населені пункти, три з яких – Покровка, Покровське, Василівка – за адміністративним поділом належать до Покровської сільської ради Очаківського району Миколаївської області, а також одне село Геройське – в межах Херсонської області.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні на території Покровської сільської ради (села Покровка, Покровське, Василівка) проживають 798 осіб, що складає 78% порівняно з кількістю населення станом на 1987 р. (853 особи). У 2011 р. кількість населення складала 825 осіб, а за 2005 р. – 842. Це вказує на тенденцію до зменшення кількості населення (за даними державної статистики м. Очакова). На території Геройської сільської ради проживає 629 чоловік. Така тенденція зумовлена недостатністю робочих місць, непридатністю землі для обробки. У всі часи населення Кінбурнського півострова отримувало дохід із навколишнього середовища завдяки рибальству, збиранню грибів, лікарських трав і ягід, останні десятиліття – прибуток від рекреантів, зокрема тимчасово здаючи в оренду житлові приміщення. Сьогодні через надмірне антропогенне навантаження багатство природних ресурсів невпинно зменшується, особливо це відображається на рибних запасах [16].

Переважає група населення віком 30–55 років, що складає майже 50%. Майже 30% – населення віком від 18 до 30 років, приблизно 15% – до 18 років, останні 15% – віком від 60 років.

Середній вік населення на 1987 р. складав 44,8 роки, сьогодні – 42,2 роки, у цих селах проживає 99 дітей, що складає 13,3% від всього населення, з них 63 (8,5%) навчаються у школах. Статевий склад населення такий: жінки – 368 (49,5%), чоловіки – 376 (50,5%).

Паралельно з процесом зменшення чисельності місцевих жителів проходить процес збільшення числа тимчасових відпочивальників – людей, які мають садиби, але проживають не повний рік, а переважно в теплий період. За даними Покровської сільської ради, за 2014 р. кількість населення без реєстрації складає 487 чол., порівняно з 1987 р. це на 272 особи більше [16].

Останнім часом кількість тимчасових відпочивальників збільшується, отже, збільшується кількість дач і садиб і навантаження на природні об'єкти півострова. Рекреанти приїздять на власному транспорті, зокрема на приватних автомобілях із повним приводом, тим самим прокладаючи щороку нові дороги. Це уже призвело до зменшення кількості рослинності та до т. зв. спустелювання, яке впливає на тваринний світ. Завдяки своєму вдалому географічному розташуванню Кінбурнська коса у достатній кількості має земельні ділянки, придатні для активного відпочинку, оздоровчо-пізнавальної рекреації тощо.

Рекреаційні ресурси Кінбурнської коси можна розділити на дві групи: природні рекреаційні ресурси (земельні та водні ресурси, рельєф, клімат, рослинний і тваринний світ, парки та заповідники, унікальні природні ландшафти та ін.); культурно-історичні рекреаційні ресурси (історичні, археологічні, культурні, архітектурні пам'ятки, етнографічні особливості території, фольклор, центри прикладного та народного мистецтва тощо).

Особливо сприятливі умови склалися на території найбільш вузької частини Кінбурнського півострова – Кінбурнської стрілки. Довга, звивиста і витягнута територія прибережних пісків, дуже динамічна внаслідок відкладання твердого матеріалу річкових наносів з одного боку та розмивання берега – з іншого. Це улюблене місце відпочинку шанувальників орнітологічного туризму.

Кліматичні умови впливають на кількість рекреантів півострова. За нашими власними спостереженнями, кількість відпочиваючих також змінюється залежно від місяця та днів тижня. Кількість рекреантів у червні менша, ніж у липні та серпні.

Основними проблемними питаннями усієї рекреаційної зони є: відсутність на території легалізованих об'єктів для поводження з відходами; обмежені запаси питної води гарантованої якості; відсутність сонцезахисних місць; відсутність чергових медпрацівників на території пляжу; відсутність об'єктів стаціонарної інфраструктури водопостачання, водовідведення й енергопостачання.

Однією з проблем на території Кінбурнської стрілки є поводження з твердими побутовими відходами. Тому працівники парку встановили спеціальні контейнери окремо для скляних, пластикових та органічних відходів. Зібране сміття відправляється катером до м. Очакова.

У рекреаційній зоні на Кінбурнській косі є приватні бази відпочинку, готелі. Всі вони займають

різну територію та мають різну кількість місць, але виконують дві функції – відпочинку і реабілітації. За останні кілька років кількість баз відпочинку збільшилася у рази.

Інфраструктура півострова складається із житлових будинків, садиб, медичних пунктів, торговельних точок, культурних закладів, закладів освіти транспорту, доріг, енергетики.

Дослідження соціально-екологічної системи Кінбурнської коси виявило ряд проблем: хаотичне прокладання доріг; поводження зі стічними відходами; забруднення берегової лінії твердими побутовими відходами; недоліки в системі організації відпочинку; конфлікт між місцевим населенням і заповідною територією.

Відсутність твердого покриття на півострові призведе до хаотичного прокладання доріг автотранспортом, як наслідок – до руйнування ділянок цілинного степу, а також до загибелі багатьох рідкісних видів рослин і тварин.

Однією з найважливіших залишається проблема утилізації відходів. Внаслідок збільшення кількості відпочиваючих збільшуються і побутові стоки. Побутові стоки проходять лише механічне очищення, а то й взагалі просто скидаються в заповідні акваторії. Наявні готелі майже не обладнані очисними спорудами, забруднюючі речовини, неочищені скиди від душових кабін, кухонь, туалетів просочуються у ґрунт через вигрібні ями, створюючи таким чином ризик для забруднення ґрунтових вод. Саме ґрунтові води є основним джерелом питного водозабезпечення як місцевого населення, так і тимчасових відпочиваючих. Особливу увагу варто приділяти приватним міні-готелям, котрі за останні 5 років збільшуються і в кількості, і в об'ємі.

Проблема утилізації твердих побутових відходів у населених пунктах не вирішена. На півострові не обладнані сміттєзвалища. Зі збільшенням кількості рекреантів збільшується кількість сміття, в т. ч. неорганічного походження, яке потребує утилізації, а централізованої системи видалення відходів на Кінбурні немає. Усе сміття місцевим мешканцям доводиться спалювати, що призводить до забруднення атмосферного повітря і є шкідливим для їх власного здоров'я.

Гострою проблемою залишається забруднення прибережних територій із водних об'єктів. З одного боку Кінбурнський півострів омивається Дніпро-Бузьким лиманом, у який потрапляють тверді побутові відходи від інших населених пунктів, зокрема з міста Миколаєва. Основними забруднювачами прибережних територій півострова є пластик і поліетилен.

Головні висновки.

1. Сучасна ситуація з Кримським півостровом дає змогу використовувати Кінбурнську косу для подальшого активного та пізнавального відпочинку. Унікальність півострова полягає в тому, що він з обох боків омивається морем і лиманом, тобто автомобільний шлях пролягає тільки через Херсонську область. Відсутність твердого покриття на півострові призвело до хаотичного прокладання доріг, як наслідок – до руйнування ділянок цілинного степу і загибелі багатьох рідкісних видів рослин і тварин.

2. Однією з найважливіших проблем залишається проблема утилізації відходів. Наявні готелі майже не обладнані очисними спорудами, забруднюючі речовини, неочищені скиди від душових кабін, кухонь, туалетів просочуються у ґрунт через вигрібні ями, створюючи таким чином ризик для забруднення ґрунтових вод.

3. Є недоліки у сфері поводження з відходами на заповідних і рекреаційних територіях. Відсутність можливості постійно прибирати берегову лінію Дніпро-Бузького лиману призвело до того, що кількість пластику та поліетилену щороку збільшується.

Перспективи використання результатів дослідження полягають у вдосконаленні системи управління на півострові, збільшенні використання природної можливості півострова для тимчасових рекреантів і місцевого населення з дотриманням вимог екологічного законодавства.

Література

1. Абелєнцев В.І., Попов Б.М. Ряд Рукокрилі, або Кажани – Chiroptera. *Фауна України*. Київ : Вид-во АН УРСР, 1956. Т. 1. Вип. 1. С. 229–446.
2. Абеленцев В.И., Колюшев И.И., Крочко Ю.И., Татаринов К.А. Итоги кольцевания рукокрылых в Украинской ССР за 1939–1967 гг. Сообщ. 1. *Вестник зоологии*. 1968. Т. 2. № 6. С. 59–64.
3. Абеленцев В.И., Колюшев И.И., Крочко Ю.И., Татаринов К.А. Итоги кольцевания рукокрылых в Украинской ССР за 1939–1967 гг. Сообщ. 2. *Вестник зоологии*. 1969. Т. 3. № 2. С. 20–24.
4. Ардамацкая Т.Б. Редкие и исчезающие птицы Черноморского государственного заповедника АН УССР и сопредельных территорий. *Редкие птицы Причерноморья*. Киев – Одесса : Лыбидь, 1991. С. 54–69.
5. Бачинський Г.О. Основи соціоекології : навчальний посібник. Вища шк., 1995. 238 с.
6. Врублевська О.О., Катеруша Л.Д., Гончарова Л.Д. Кліматологія : підручник / Одес. держ. екол. ун-т. Одеса : Екологія, 2013. 343 с.
7. Давиденко В.М. Заповідна справа : навчальний посібник. Миколаїв : Вид-во МФНАУКМА, 2002. 140 с.
8. Іванюк Д.П., Шульга І.В. Управління природоохоронною діяльністю : навчальний посібник. Київ : Алерта, 2007. 368 с.
9. Карпенко В.О. Кінбурнська коса : нарис. Одеса : Маяк, 1977. 48 с.
10. Кесслер К.Ф. Путешествие с зоологической целью к северному берегу Черного моря и в Крым в 1858 году. Киев : Унив. тип., 1860. 248 с.

11. Кінбурн: Перспективи збалансованого розвитку. Серія : Збереження біорізноманіття в Приморсько-степовому екокоридорі / С.В. Таращук, Г.В. Коломієць, О.М. Деркач, Я.І. Мовчан, І.І. Мойсієнко, М.М. Парафіло, О.С. Абдулоєва / під. ред. Г.В. Коломієць. Київ : Громадська організація «Срібна чайка», 2008. 48 с.
12. Кінбурнській півострів / В.М. Давиденко, С.О. Потапчук, З.Й. Петрович, Г.В. Воротинцева. Миколаїв, 2004. 41 с.
13. Нєпєін А.Ю., Нєпєіна Г.В. Сколії (Scoliidae, Hymenoptera) Національного природного парку «Білобережжя Святослава» та їх екологічні особливості. С. 45–47.
14. Петрович З.О., Редінов К.О. Рідкісні види птахів в регіональному ландшафтному парку «Кінбурнська коса». *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія : Біологія.* 2008. Вип. 23. С. 100–104.
15. Проценко Г.Д. Метеорологія та кліматологія. Київ : Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, 2007. 265 с.
16. Статистичні дані Покровської сільської ради / Відділ статистики м. Очакова.
17. Уманець О.Ю. Еколого-ценотична характеристика флори піщаних масивів Лівобережжя Нижнього Дніпра та її генезис : автореф. дис. … канд. біол. наук. Київ, 1997. 19 с.

УДК 502.131.1:33](477)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-29

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ЕКОНОМІКИ ЯК ОДИН ЗІ ШЛЯХІВ РЕАЛІЗАЦІЇ МОДЕЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Нєпєіна Г.В.
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв
annanep.dan@gmail.com

Сьогодні ситуація у світі характеризується політичними, економічними, соціальними та культурними проблемами, а також погіршенням екологічної ситуації. Руйнування озонового шару атмосфери Землі, зміна клімату, ерозія й опустелювання ґрунтів, катастрофічне забруднення Світового океану і поверхневих вод, варварське знищення вологих тропічних лісів, ріст чисельності населення планети, зростання бідності, злиднів і голоду – все це прояви глобальної екологічної кризи. Очевидно, що гармонізація взаємовідносин суспільства і природи стає дедалі більш важливою. Концепція сталого розвитку суспільства виникла на перехресті екологічних, економічних і соціальних проблем. Це сучасна, найбільш поширена у світовому співтоваристві концепція співпраці суспільства та природи. Першочерговою метою в майбутньому для всіх країн світу є досягнення прогресу завдяки стійкому розвитку суспільства, для якого потреби сучасності задовольняються без загрози для задоволення потреб майбутніх поколінь. Сталий розвиток людства передбачає взаємне узгодження економічних, екологічних і соціальних факторів розвитку. Людство зрозуміло, що це унікальний шлях для виживання й розвитку. Отже, для переходу на принципи сталого розвитку необхідними є економічні реформи, ріст культурного рівня населення, створення сприятливих умов для охорони здоров'я, зростання освітнього рівня людей. Однак концепція сталого розвитку в Україні недостатньо поширена. Вона не відображена належним чином ні у суспільній думці, ні у національних програмах, ні у державній політиці. Продовжується практика розгляду і прийняття незважених економічних, соціальних, технологічних і екологічних рішень без необхідного об'єднання їх у єдину комплексну систему на основі перспективної та збалансованої стратегії України у XXI ст. У статті проаналізовано визначення та надано характеристики таким поняттям, як «сталий розвиток» та «екологізація економіки»; визначено сутність і принципи сталого розвитку; наведено принципи екорозвитку й екокапіталізму. *Ключові слова:* сталий розвиток, екологізація, ресурсний потенціал, екорозвиток, екологізація економіки.

Ecologization of the economy as one of the ways to implement the model of sustainable development of Ukraine. Niepieina A. Today's situation in the world is characterized by political, economic, social and cultural problems and worsening of ecological situation. The destruction of the ozone layer of the Earth's atmosphere, the climate changes, the erosion and desertification of soils, the catastrophic pollution of the oceans and surface waters, barbaric destruction of wet tropical forests, the growth of the world's population, the growth of poverty, indigence and hunger – all these are manifestations of the global environmental crisis. Obviously, that harmonization of mutual relations of society and nature is becoming more important. The concept of sustainable development of society arose at the crossroads of environmental, economic and social problems. This is the modern, the most widespread in the world community concept of cooperation between society and nature. A primary aim in future for all countries of the world is to put advancement by sustainable development of society for which the necessities of the present are satisfied without a threat to satisfy the necessities of future generations. Sustainable development of humanity foresees mutual agreement of economic, ecological and social factors of development. Humanity realized that it is a unique possible way for survival and development. So, we can state that economic reforms, the growth of the cultural level of the population, the creation of favorable conditions for the health protection and the growth of the educational level of people are necessary for the transition to the principles of sustainable development. However, it should be noted that the concept of sustainable development has not been sufficiently disseminated in Ukraine. It has not been properly reflected either in public opinion, in national programs, or in public policy. The practice of considering and adopting injudicious economic, social, technological and environmental solutions continues without the need to merge them into a single integrated system based on a promising and balanced Ukraine strategy in the 21st century. The definitions and characteristics of such concepts as "sustainable development" and "ecologization of the economy" are analyzed; the essence and principles of sustainable development are defined; the principles of eco-development and ecocapitalism are given. *Key words:* sustainable development, ecologization, resource potential, eco-development, ecologization of the economy.

Постановка проблеми. Спроби гармонізувати індустріальний речовинно-енергетичний процес [9] призвели до народження концепції переходу людства на шлях сталого розвитку, за якого науково-технічний прогрес сполучається зі збереженням навколишнього середовища.

На Конференції ООН із навколишнього середовища та розвитку (1992, Ріо-де-Жанейро) було відзначено, що розвиток індустріальних країн, які досягли прогресу за рахунок використання природних ресурсів, ціною забруднення навколишнього середовища, втрачатиме свою життєздатність у міру вичерпування ресурсно-екологічного потенціалу планети [7]. На жаль, до таких країн належить і Україна. Реалії сьогодення показують, що, незважаючи на досягнення світової науки, Україна не має готових моделей сталого розвитку суспільства, а господарська діяльність здійснюється за раху-

нок природи і майбутніх поколінь, рівні та показники екологізації соціально-економічного розвитку вкрай невисокі.

Актуальність дослідження. Глобальна екологічна криза спонукає людство до екологізації всіх сфер діяльності. Тому останнім часом чинник екологізації дедалі більше актуалізується і набуває пріоритетності [2].

Слід зазначити, що Кабінет Міністрів України 17 жовтня 2007 р. ухвалив Концепцію стратегії національної екологічної політики України на період до 2020 р., спрямовану на екологізацію економіки, поліпшення екологічної ситуації, раціональне використання та відтворення природних ресурсів, послідовне зниження екологічних ризиків для здоров'я людини, введення системи екологічного маркування товарів і продуктів харчування, приведення якості питної води відповідно до європейських стандартів, підвищення якості повітря, запобігання змінам клімату шляхом технічного переоснащення виробничого комплексу та введення енергоефективних і ресурсозаощаджуючих технологій тощо. Однак Верховна Рада цього документа досі не затвердила.

Варто зауважити, що економіка України нині характеризується вкрай нераціональним і неефективним споживанням ресурсів, надзвичайно несприятливими екологічними умовами життя, ускладненням функціонування господарських систем через їх енергетичні та сировинні витрати [2].

Отже, сьогодні питання екологізації економіки України стає особливо актуальним, адже процеси деградації довкілля характерні для всіх регіонів, а змінене людиною навколишнє природне середовище впливає на суспільство у зворотному напрямі. Це пов'язано зі стрімким підвищенням рівня техногенного навантаження на природне середовище, значним виснаженням природних ресурсів, щорічним збільшенням екологічних катастроф тощо.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями полягає у спробі аналізу інтеграції екологічної складової частини в економічну галузь України; дослідженні теоретичних і практичних аспектів екологізації економіки як одного зі шляхів реалізації моделі сталого розвитку країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Екологічним аспектам глобалізації та її співвідношенню із концепцією сталого розвитку присвячено наукові праці сучасних вітчизняних науковців (І. Вахович, З. Герасимчук, Н. Піскулової, Е. Семенюка, Н. Стукало, Ю. Туниці, Т. Туниці). Науково-теоретичні проблеми переходу країн до сталого розвитку аналізували В.І. Данилов-Данильян, Ю.Г. Дем'яненко, М.М. Моісеєв, Р.А. Перелет та ін. [4].

Проблеми екологізації різних сфер економічної діяльності розглядають у багатьох наукових роботах чи періодичних виданнях. Проте суть екологізації економічної діяльності у спеціалізованій літературі тлумачиться по-різному. Особливої уваги заслуговує поняття «еколого-економічна система», розроблене у працях М.Т. Мелешкіна, П.Г. Бунича, Ю.Ю. Туниці та інших авторів. «Еколого-економічну систему» можна розглядати (Є.М. Борщук, В.С. Загорський) як чітко виражену біоцентриську позицію, згідно з якою у взаємовідносинах людини і природи ключову роль відіграють фундаментальні закони живої природи. За визначенням окремих економістів-екологів, екологізація визначається як об'єктивно зумовлений процес перетворення всієї суспільної праці, спрямований на збереження і розвиток суспільно-економічних функцій природи [3]. Проблеми екологізації економіки висвітлено у наукових працях вітчизняних і зарубіжних вчених (Л.С. Гринів, Г. Дейлі, Л.Г. Мельник, Ю.Ю. Туниця, R. Costanza, H.E. Daly та ін.).

Аналіз останніх публікацій показав, що теоретичним і практичним дослідженням проблем екологізації економіки як ключового фактора стратегії соціально-економічного розвитку держави присвячені праці С.М. Бобильова, А.П. Голікова, В.В. Грицайчук, І.І. Дідовича, О.З. Злотіна, Я.В. Кульчицького, О.А. Літвак, Т.Ю. Маркіної, Л.Г. Мельника та ін. Ґрунтовний аналіз концепції сталого розвитку, сутності стадійно-еволюційного розвитку паралельно з категоріями «екологізація економіки та суспільства», «екологізація виробництва» зробили М.Б. Багров, М.А. Голубець, О.І. Горленко, Г. Дейлі, М.І. Долішній, С.І. Дрогунцов, С.А. Лісовський, Г.П. Підгрушний, Л.Г. Руденко та ін. Дослідження взаємодії процесів екологізації та міжнародного економічного розвитку відображене в наукових працях таких зарубіжних і вітчизняних учених, як: Н. Андреєва, О. Балацький, Дж. Бегін, Б. Буркинський, О. Веклич, В. Грищенко, Б. Данилишин, Г. Дейлі, П. Ерліх, Н. Корнійчук, Л. Мельник, Т. Панайоту, С. Писаренко, Е. Семенюк, Ю. Туниця та ін. [7; 8; 10].

Як окреслено у Стратегії державної екологічної політики України на період до 2020 р., сталий соціально-економічний розвиток країни передбачає таке функціонування її господарського комплексу, за якого водночас задовольняються зростаючі матеріальні та духовні потреби населення, забезпечується раціональне й екологічно безпечне господарювання та високоефективне збалансоване використання природних ресурсів, створюються сприятливі умови для здоров'я людини, збереження і відтворення навколишнього природного середовища та природно-ресурсного потенціалу суспільного виробництва [6]. Тобто для сучасних українських умов сталий (збалансований) розвиток можна визначити як процес екологізації не тільки економіки, а й суспільного життя загалом, гармонізації продуктивних сил через упровадження біоекономічних засад господарювання, забезпечення рівноваги між потенціалом природи та вимогами населення [7].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Питання визначення місця та значущості екологізації як необхідної умови переходу України до моделі сталого розвитку; окреслення методологічних засад регіональної екологізації економіки та механізму їх практичної реалізації.

Новизна нашого дослідження пов'язана з необхідністю концептуального обґрунтування основних напрямів екологізації сучасного господарського розвитку, науково-технічного прогресу як на глобальному рівні, у масштабах окремої країни, так і на регіональному рівні.

Методологічне або загальнонаукове значення авторського доробку полягає в узагальненні різних теоретичних підходів до визначення екологізації, у подальшому розвитку теоретико-методологічних підходів до визначення сутності поняття «екологізація економіки», аналізі місця екологізації у процесі переходу України до моделі сталого розвитку.

Викладення основного матеріалу. У червні 1972 р. у Стокгольмі на конференції ООН з питань охорони природи Генеральний секретар Моріс Стронг сформулював поняття «екорозвиток», яке є синонімом поняття «сталий розвиток». Було сформульовано 5 принципів екорозвитку: 1) людина має право на сприятливі умови життя в навколишньому середовищі; 2) природні ресурси Землі й особливо репрезентативні зразки природних екосистем мають бути збережені на благо теперішнім і майбутнім поколінням; 3) має підтримуватися здатність Землі відтворювати життєво важливі ресурси; 4) людина несе особливу відповідальність за збереження та розумне управління продуктами живої природи та її середовища, що має бути покладено в основу планування економічного розвитку; 5) невідновлювальні ресурси Землі мають використовуватися так, щоб забезпечити їх захист від виснаження в майбутньому [11; 13].

Важливу роль у формуванні уявлень про сталий розвиток відіграла одна з доповідей «Римському клубу» Е. Вайцзеккера, Е. Ловінса та Л. Ловінса – «Фактор чотири. Витрат – половина, віддача подвійна». Автори запропонували можливість побудови нового типу капіталізму – екокапіталізму, в якому реалізовуватимуться 8 основних принципів: 1) обирай найбільш дешеві шляхи досягнення мети; 2) інвестуй у енергозаощадження, коли це дешевше, ніж витрати ресурсів; 3) створюй ринок збережених ресурсів; 4) використовуй ціни, що відображають «екологічну правду»; 5) стимулюй монетаризацію конкуренції порівняно з іншими виборами; 6) заохочуй бажану економічну поведінку, але не навпаки; 7) встановлюй податки на небажане, але не навпаки; 8) заздалегідь прибирай неефективні пристрої, замінюючи їх ефективними.

Теорія сталого розвитку є альтернативою парадигмі економічного зростання, яка ігнорує екологічну небезпеку від розвитку за екстенсивною моделлю. Автором інноваційної економічної теорії сталого розвитку, системно висвітленої в монографії «Поза зростанням: економічна теорія сталого розвитку» (1996), є провідний дослідник економічних аспектів забруднення довкілля, колишній економіст Світового банку Дейлі Ґерман. Спираючись на визначення Комісії ООН і науковий аналіз, він тлумачить термін «сталий розвиток» як означення гармонійного, збалансованого, безконфліктного прогресу всієї земної цивілізації, груп країн (регіонів, субрегіонів), а також окремо взятих країн нашої планети за науково обґрунтованими планами (методами системного підходу), коли у процесі неухильного інноваційного інтенсивного (а не екстенсивного) економічного розвитку країн одночасно позитивно вирішується комплекс питань щодо збереження довкілля, ліквідації експлуатації, бідності та дискримінації як кожної окремо взятої людини, так і цілих народів чи груп населення, у т. ч. за етнічними, расовими чи статевими ознаками.

Історичне рішення про зміну курсу розвитку усього світового співтовариства було прийняте в червні 1992 р. у Ріо-де-Жанейро на Конференції ООН з навколишнього середовища й розвитку (саміті Землі). Перехід до сталого розвитку – це глобальний процес, у якому кожна країна повинна скоординувати з усім світовим співтовариством заходи, вжиті в напрямку реалізації цілей і принципів нової цивілізаційної моделі. Послідовний перехід до сталого розвитку світової спільноти має здійснюватися з урахуванням принципів, викладених у Декларації та інших документах «Ріо-92», а також у матеріалах спеціальної сесії Генеральної асамблеї ООН (Нью-Йорк, 1997). Водночас кожна країна, приймаючи свою національну стратегію сталого розвитку, трансформує її відповідно до конкретних умов [9]. Роки після «Ріо-92» показали, що, на жаль, прийняті документи поки залишаються деклараціями та практично не змінили глобальних наслідків впливу людини на біосферу.

Основу сталого розвитку на національному рівні складають: продумана екологічна, соціальна й економічна політика, демократичні інститути, що відповідають потребам людей, правопорядок, заходи для боротьби з корупцією, вирішення тендерного питання і створення сприятливих умов для інвестицій.

Україна задекларувала своє бажання перейти на шлях сталого розвитку на Конференції ООН з навколишнього середовища та розвитку (1992), підписавши Декларацію Ріо та Програму дій «Порядок денний на XXI століття». Однак маємо визнати, що концепція сталого розвитку в Україні недостатньо поширена і не відображена належним чином ні у суспільній думці, ні у національних програмах, ні у державній політиці. Продовжується практика розгляду і прийняття економічних, соціальних, технологічних

і екологічних рішень без необхідного ув'язування їх у єдину комплексну систему на основі перспективної та збалансованої стратегії України у XXI ст.

На думку Л.Г. Мельника, суспільне виробництво є базисом соціально-економічного розвитку. Основу суспільного виробництва складають економічні процеси, пов'язані з виробництвом та споживанням товарів і послуг. Можемо стверджувати, що формування сталого розвитку та забезпечення національної екологічної безпеки у будь-якій країні неможливе без екологізації суспільного виробництва [12].

Екологізація – процес послідовного впровадження нової техніки та технології, нових форм організації виробництва, виконання управлінських та інших рішень, які дають змогу підвищити ефективність використання природних ресурсів з одночасним збереженням природного середовища та його поліпшення на різних рівнях. Під *екологізацією економіки* розуміють цілеспрямований процес перетворення економіки, спрямований на зниження інтегрального екодеструктивного впливу процесів виробництва та споживання товарів і послуг у розрахунку на одиницю сукупного суспільного продукту. Вона здійснюється через систему організаційних заходів, інноваційних процесів, реструктуризацію сфери виробництва та споживацького попиту, технологічну конверсію, раціоналізацію природокористування, трансформацію природоохоронної діяльності тощо [5; 12].

Головні висновки. Сьогодні важливою умовою сталого розвитку світової економіки є екологізація процесів виробництва, перехід усієї системи господарського відтворення людства на принципи, які відповідають завданню збереження навколишнього середовища [2].

Нині Україна переживає період глибоких реформ, її економіка нестабільна, процеси, що виникають у ній, несуть загрозу безпечному функціонуванню окремих регіонів, держави та суспільства загалом. За цих умов необхідні розробка та реалізація таких механізмів господарювання, які враховували б інтереси держави в узгодженні з інтересами, цілями та завданнями економічного та соціального розвитку регіонів. Перехід до сталого розвитку держави можливий лише за умови забезпечення сталого розвитку усіх її регіонів, що передбачає формування ефективної просторової структури економіки країни зі збалансуванням інтересів усіх регіонів. Екологізація економіки є тенденцією, що відповідає вимогам сталого розвитку.

Реалізація Україною моделі сталого розвитку суспільства передбачає раціоналізацію використання природних ресурсів, зменшення шкідливого впливу на природне навколишнє середовище, а завдяки впровадженню сучасних ресурсозберігаючих і безвідходних технологій, альтернативної електроенергетики, біотехнологій, вторинного використання сировини, води тощо – перехід до біоекономіки, покращення рівня та якості життя населення та загальну екологізацію економічного розвитку України [7].

Перспективи використання результатів дослідження. У довгостроковому плані успішне вирішення задачі сталого розвитку залежатиме від нових підходів, що приведуть до зміни звичної практики на всіх рівнях життя суспільства [9]. Незважаючи на актуальність, проблема переходу до сталого розвитку потребує подальшого розгляду, особливо в контексті національних особливостей її формування та реалізації. Сучасний етап розвитку економічних відносин ставить завдання щодо подальшого аналізу проблем екологізації економіки як у загальнодержавному, так і в регіональному аспектах.

Література

1. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум : навчальний посібник. Київ : Лібра, 2006. 368 с.
2. Васюков Д.О., Бугаєць А.В., Будник О.А., Шалугін В.С. Екологізація економіки і перехід до сталого розвитку. *Екологічна безпека.* 2009. № 4 (8). С. 77–83.
3. Гринів Л.С. Екологічна економіка : навчальний посібник. Львів : Магнолія 2006, 2010. 358 с.
4. Демченко Н.В. Проблеми і перспективи формування стратегії сталого розвитку в Україні. *Сталий розвиток економіки.* 2013. № 2. С. 53–56. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sre_2013_2_12 (дата звернення 07.05.2019).
5. Економічна енциклопедія : у 3 т. Т. 1. / редкол. : С.В. Мочерний (відп. ред.) та ін. Київ : Видавничий центр «Академія», 2000. 864 с. URL: http://www.ukr.vipreshebnik.ru/entsiklopediya/51-e/133-ekologizatsiya.html (дата звернення 06.05.2019).
6. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». *Відомості Верховної Ради України (ВРР).* 2011. № 26. 128 с.
7. Мартусенко І.В. Напрями екологізації економіки в Україні. *Економіка та управління національним господарством. Глобальні та національні проблеми економіки* / Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського. 2016. Вип. 11. С. 160–165. URL: http://global-national.in.ua/archive/11-2016/36.pdf (дата звернення 08.05.2019).
8. Мартусенко І.В., Корчевна К.Ю. Екологізація економічного розвитку: пріоритетні напрямки та перспективи для України. URL: http://www.ukr.vipreshebnik.ru/ekolog/4541-ekologizatsiya-ekonomichnogo-rozvitku.html (дата звернення 07.05.2019).
9. Нєпєіна Г.В. Ідеологія сталого розвитку як запорука майбутнього цивілізації. *Міжнародна науково-практична конференція «Ольвійський форум 2010: Стратегії України в геополітичному просторі».* Тези. Т. 9. 11–15 червня 2010. Ялта, Крим, Україна. Миколаїв : ЧДУ імені П. Могили, 2010. С. 24–26.
10. Цибуляк А.Г. Екологізація економіки України в умовах розширення співпраці з ЄС. *Причорноморські економічні студії : Світове господарство і міжнародні економічні відносини.* 2016. Вип. 8. С. 31–35. URL: http://bses.in.ua/journals/2016/8-2016/8.pdf (дата звернення 07.05.2019).
11. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития : учебное пособие. Москва : Изд-во Рос. экон. акад., 1994. 312 с.
12. Мельник Л.Г. Экологическая экономика : учебник. Сумы : Издательство «Университетская книга», 2001. 350 с.
13. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Устойчивое развитие: вводный курс : учебное пособие. Москва : Университетская книга. 312 с.

УДК 502; 378:02:504.33
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-30

ФАХОВІ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЕКСПЕРТА-ЕКОЛОГА ЯК ЧИННИК ДОТРИМАННЯ ПРИНЦИПІВ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Хлівний О.М.
Київський науково-дослідний інститут судових експертиз
Міністерства юстиції України
вул. Смоленська, 6, 03057, м. Київ,
khlevik@gmail.com

Сучасна екологічна освіта – це процес освоєння системи знань про закони функціонування, життєдіяльності всього живого, екологічних систем і ролі людини у збереженні природного середовища. Важливим складником цього процесу є формування професійних компетентностей, необхідних для природоохоронної діяльності. Розглянуто особливості еколого-експертної діяльності, потреби фахових екологічних знань в судово-екологічній експертизі, визначено головні фахові компетентності експерта-еколога, які забезпечують дотримання основних принципів охорони довкілля в процесі навчання магістрів-екологів та удосконалення природоохоронного законодавства. Обґрунтовано необхідність закріплення в Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» принципу верховенства права в охороні навколишнього природного середовища, коли поводження державних органів, органів місцевого самоврядування, фізичних і юридичних осіб у сфері екології повинно відповідати вимогам права, оскільки тільки це є втіленням вищої справедливості. Саме такий принцип є найактуальнішим для сучасної України. Наведено інформацію щодо запропонованої оцінки відповідності професій еколого-експертного спрямування принципам охорони навколишнього середовища. Така оцінка може бути корисною для визначення переліку вибіркових навчальних дисциплін, які забезпечуватимуть формування найбільш важливих компетентностей експерта-еколога. Проведені експертизи, що пов'язані переважно з провадженням справ, де розглядається відшкодування збитків, завданих внаслідок порушення природоохоронного законодавства, які визначають державні інспектори з охорони навколишнього природного середовища. Визначено найбільш важливі фахові компетентності експерта-еколога, формування яких забезпечить дотримання основних принципів охорони навколишнього природного середовища. Одержані результати досліджень важливі для освітньої діяльності у галузі екології. *Ключові слова:* принципи охорони довкілля, фахові компетентності, екологічна експертиза, судово-екологічна експертиза.

Professional competence of an environmental expert as a factor in compliance with the principles of environmental protection. Khlivnyi O. Modern ecological education is the process of mastering the system of knowledge about the laws of functioning, life activity of all living, ecological systems and the role of man in the conservation of the natural environment. An important part of this process is the formation of professional competences necessary for environmental activities. The features of ecological-expert activity, needs of professional ecological knowledge in forensic-ecological expertise are considered, the main professional competencies of the expert-ecologist are determined, which ensure the observance of the basic principles of environmental protection in the process of education of masters-ecologists and improvement of environmental legislation. The necessity of fixing in the Law of Ukraine "On Environmental Protection" the principle of the rule of law in environmental protection is justified, when the behavior of state bodies, local self-government bodies, individuals and legal entities in the field of ecology must meet the requirements of law, since only this is the embodiment of higher law. This is the principle that is most relevant to modern Ukraine. The information on the proposed assessment of the compliance of the professions of ecological-expert direction with the principles of environmental protection is given. Such an assessment can be useful in determining the list of sample disciplines that will provide the formation of the most important competencies of the environmental expert. Expertise has been carried out, mainly related to the conduct of cases dealing with the compensation of damages caused as a result of violations of environmental legislation, which are determined by state environmental inspectors. The most important professional competencies of the expert ecologist are identified, the formation of which will ensure compliance with the basic principles of environmental protection. The research findings are important for environmental education. *Key words:* principles of environmental protection, professional competence, environmental examination, forensic environmental examination.

Постановка проблеми. Стратегія сталого розвитку держави не може бути реалізована без впровадження сучасної екологічної освіти, яка розглядається як системний складник національної системи освіти. Сучасна екологічна освіта – це процес освоєння системи знань про закони функціонування, життєдіяльності всього живого, екологічних систем і ролі людини у збереженні природного середовища. Важливим складником цього процесу є формування професійних компетентностей, необхідних для природоохоронної діяльності. Набір таких компетентностей визначений стандартом вищої освіти за спеціальністю «Екологія». Проте в ньому бракує аналізу та виявлення основних професійних компетентностей, необхідних для організації та провадження еколого-експертної діяльності як чинника дотримання принципів охорони навколишнього природного середовища.

Виклад основного матеріалу. Охорона навколишнього природного середовища базується на принципах, закріплених у ст. 3 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища».

У законі визначено, що основними принципами охорони навколишнього природного середовища є:

– пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів під час здійснення господарської, управлінської та іншої діяльності;

– гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;

– запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;

– екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого впровадження новітніх технологій;

– збереження просторової та видової різноманітності і цілісності природних об'єктів і комплексів;

– науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища;

– обов'язковість оцінки впливу на довкілля;

– гласність і демократизм під час прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;

– науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище;

– безоплатність загального та платність спеціального використання природних ресурсів для господарської діяльності;

– компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

– вирішення питань охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів з урахуванням ступеня антропогенної змінності територій, сукупної дії факторів, що негативно впливають на екологічну ситуацію;

– поєднання заходів стимулювання і відповідальності у справі охорони навколишнього природного середовища;

– вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міждержавного співробітництва;

– встановлення екологічного податку, рентної плати за спеціальне використання води, рентної плати за спеціальне використання лісових ресурсів, рентної плати за користування надрами відповідно до Податкового кодексу України;

– врахування результатів стратегічної екологічної оцінки.

Розгорнутий правовий аналіз відповідності охорони довкілля, зроблений Н.І. Золотарьовою, довідить висновок, що деякі із об'єктивно необхідних вимог до розвитку цієї сфери діяльності не передбачені в Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища», а інколи законодавець відносить конкретні вимоги до принципів, що є некоректним [1, с. 96].

Автор обґрунтовує необхідність закріплення в законі принципу верховенства права в охороні навколишнього природного середовища, коли поводження державних органів, органів місцевого самоврядування, фізичних і юридичних осіб у сфері екології повинно відповідати вимогам права, оскільки тільки це є втіленням вищої справедливості. Саме такий принцип є найактуальнішим для сучасної України.

Одночасно виникає гостра потреба в спеціальній екологічній підготовці фахівців, здатних забезпечити дотримання таких найголовніших принципів, як запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища.

Потребу у спеціальних екологічних знаннях останнім часом обґрунтовують і науковці, які досліджували різні варіанти проведення експертиз у межах розслідування екологічних правопорушень [2–4]. Доведено, що слідчий в процесі розслідування кримінальної справи про злочин проти довкілля стикається із необхідністю використання спеціальних знань як мінімум у двох галузях – техніка та екологія [2]. Однією з найактуальніших сучасних проблем правоохоронної діяльності в Україні є вдосконалення методів розслідування екологічної злочинності, що має тенденцію до зростання [3]. Таке твердження обґрунтовують статистичними даними про кількість злочинів, вчинених у цій сфері упродовж останнього десятиліття. Якщо у 2006 році у провадженні органів внутрішніх справ було 2 206 кримінальних справ цієї категорії, то у 2009 році їх кількість становила 2 439, а за 2013 рік загалом виявлено 2 893 кримінальних правопорушення, і за 1 161 провадженням матеріали спрямовано до суду з обвинувальним актом. За висновком авторів, така невідповідність кількості облікованих кримінальних правопорушень в екологічній сфері і кількості направлених до суду матеріалів за цими правопорушеннями може свідчити про неналежну якість досудового розслідування та потребу в його удосконаленні. А визначальної ролі за цих умов набуває використання судово-екологічної експертизи та інших форм використання спеціальних знань під час кримінальних проваджень щодо злочинів проти довкілля.

Щодо компетентностей, які потрібні у сфері екології, охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування, то слід орієнтуватися на результати опитування роботодавців у 2014–2015 р. [6].

На рис. 1 наведені фахівці за професіями, які пов'язані зі сферою екології, охорони навколиш-

Рис. 1. Фахівці професій, пов'язаних зі сферою екології, за відповідями роботодавців [6, с. 11]

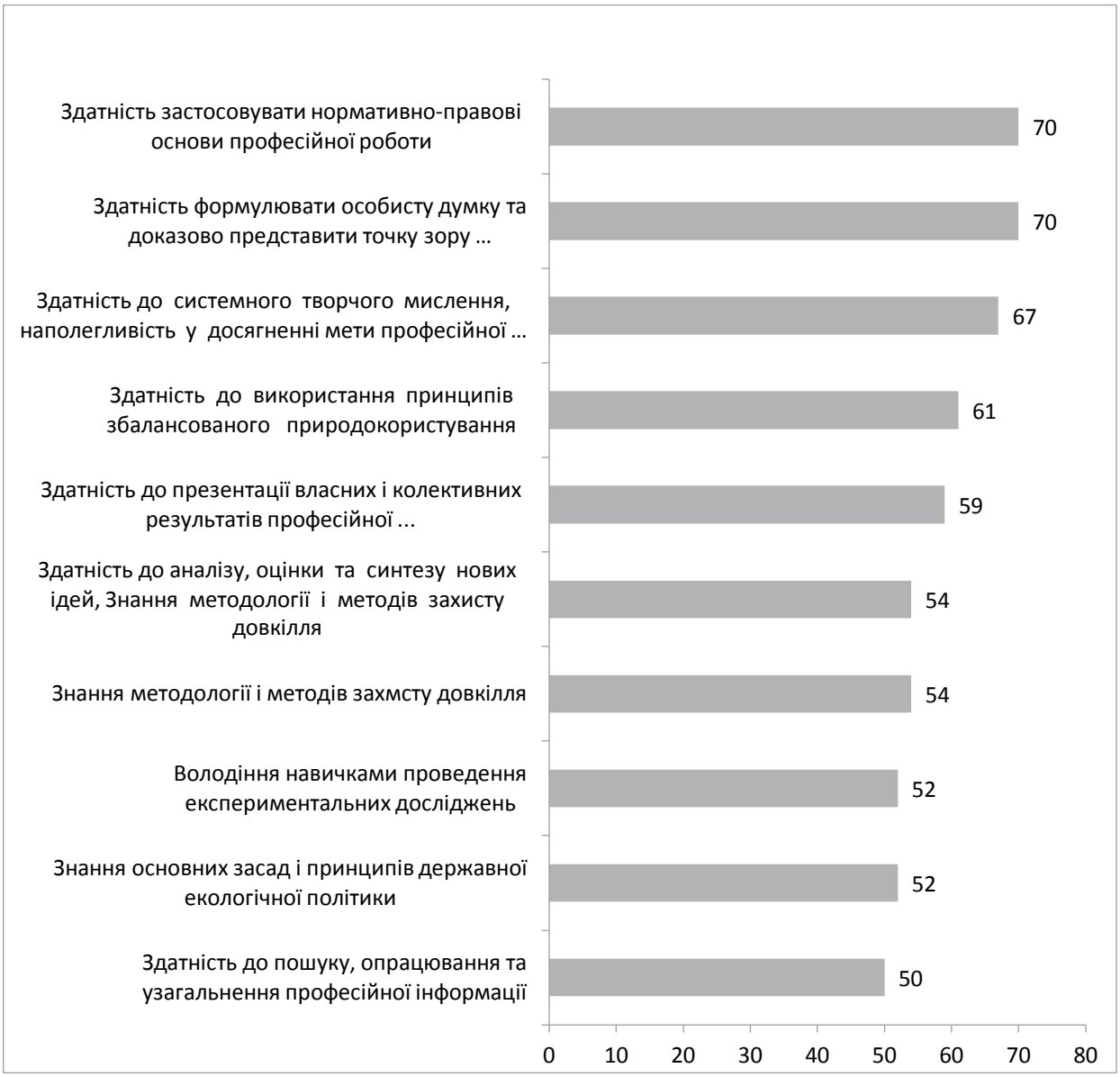


Рис. 2. Рейтинг топ-10 компетентностей магістрів за опитуванням (у %)

нього природного середовища та збалансованого природокористування, що необхідно для успішної роботи організацій.

Результати опитування свідчать, що фахівці з інспектування та контролю, експерти-екологи, у тому числі державні службовці, в числі найбільш потрібних роботодавцям.

На рис. 2 подано рейтинг компетентностей магістрів за результатами проведеного опитування [6, с. 43].

За результатами аналізу компетентностей магістра, важливих для роботодавця, можна зробити висновок, що найважливішими для роботодавців є здатність:

– застосовувати нормативно-правові основи професійної роботи, яку вибрали 70% опитаних;

– формулювати особисту думку та доказово представити точку зору щодо управлінських дій на певній території – 70%;

– до системного творчого мислення, наполегливість у досягненні мети професійної та науково-дослідницької діяльності – 67%;

– до використання принципів збалансованого природокористування для забезпечення реалізації превентивних заходів з охорони довкілля та збереження природних ресурсів – 61%.

– до презентації власних і колективних результатів професійної та науково-дослідної діяльності – 59%;

– до аналізу, оцінки та синтезу нових ідей та знання методології і методів захисту довкілля – 54%;

– основні засади і принципи державної екологічної політики – 52%;

– володіти навичками проведення експериментальних досліджень – 52%;

– здійснювати пошук, опрацювання та узагальнення професійної і науково-технічної інформації – 50%.

Отже, еколого-експертна діяльність є важливим напрямом професійної орієнтації фахівців-екологів. Проте невирішеним залишається питання виявлення особливостей будь-якого виду еколого-експертної діяльності щодо забезпечення найважливіших принципів охорони навколишнього природного середовища.

Висновки про важливість спеціальних знань під час розслідування екологічних правопорушень підтверджуються також даними про кількість інженерно-екологічних експертиз, проведених у Київському науково-дослідному інституті судових експертиз протягом 2018 року (табл. 1).

Проведені експертизи пов'язані переважно з провадженням справ, де розглядається відшкодування збитків, завданих внаслідок порушення природоохоронного законодавства, які визначають державні інспектори з охорони навколишнього природного середовища. Отже, результат розгляду таких справ

Таблиця 2

Оцінка відповідності (+/-) професій, пов'язаних з еколого-експертною діяльністю

Принципи охорони навколишнього природного середовища	Професії, пов'язані з еколого-експертною діяльністю		
	Кількість інженерно-екологічних експертиз у 2018 р.	Частка від загальної кількості експертиз, %	Найбільш поширені види екологічних злочинів [6], %
пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів під час здійснення господарської, управлінської та іншої діяльності;	+	+	+
науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища;	-	+	-
гласність і демократизм під час прийняття рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;	+	+	-
безоплатність загального та платність спеціального використання природних ресурсів для господарської діяльності;	+	-	-
компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища.	+	-	+

Таблиця 1

Кількість екологічних правопорушень та найбільш поширені види екологічних злочинів

Компонент довкілля, щодо якого вчинено правопорушення	Кількість інженерно-екологічних експертиз у 2018 р.	Частка від загальної кількості експертиз, %	Найбільш поширені види екологічних злочинів [6], %
Ліс	131	33.9	44,1
Надра	87	22.5	18,6
Повітря	68	17.6	-
Вода	52	13.5	-
Водні біоресурси	48	12.5	27,7*
Всього	386	100	

значною мірою залежить від якості роботи державного інспектора-еколога.

У таблиці наведено інформацію про найбільш поширені види екологічних злочинів за результатами проведеного на основі офіційних статистичних джерел структурного аналізу екологічної злочинності за період 2002–2016 рр. [6]. Виявлено найбільш поширені види екологічних злочинів, до яких належать злочини у сферах охорони рослинного, тваринного світу та охорони надр. Розрахована чистка цих категорій злочинів у загальній структурі екологічної злочинності становить 44,1%, 27,7% та 18,6% відповідно.

Наведена інформація засвідчує потребу спеціальних екологічних знань. Але судова екологічна експертиза це тільки один із напрямів діяльності експерта-еколога.

18 грудня 2017 року набрав чинності Закон України «Про оцінку впливу на довкілля», яким імплементовано Директиву 2011/92/ЄС «Про оцінку наслідків деяких публічних та приватних проектів на довкілля».

Закон про оцінку впливу на довкілля замінив Закон України «Про екологічну експертизу» від 9 лютого 1995 року, який передбачав проведення державної екологічної експертизи, що включала оцінку впливу на довкілля та державну експертизу.

Закон про оцінку впливу на довкілля передбачає обов'язок суб'єктів господарювання дотримуватися нової процедури Оцінки впливу на довкілля, якщо вони здійснюють планову діяльність, тобто діяльність, що включає будівництво, реконструкцію, технічне переоснащення, розширення, перепрофілювання, ліквідацію (демонтаж) об'єктів, інше втручання в природне середовище. Закон містить широкий перелік видів господарської діяльності, які потрапляють у сферу регулювання новим законодавством.

Оцінка впливу на довкілля – це процедура, що передбачає аналіз уповноваженим органом відповідно до ст. 9 цього Закону інформації, наданої у звіті з оцінки впливу на довкілля: будь-якої додаткової інформації, яку надає суб'єкт господарювання, а також інформації, отриманої від громадськості під час громадського обговорення та здійснення процедури оцінки транскордонного впливу, іншої інформації [4, ст. 3]. Результатом аналізу має бути висновок з оцінки впливу на довкілля, у якому має бути визначена допустимість чи обґрунтована недопустимість провадження планованої діяльності та визначено екологічні умови її провадження. Висновок ґрунтується на оцінці впливу на довкілля планованої діяльності, зокрема, величини та масштабів такого впливу (площа території та чисельність населення, які можуть зазнати впливу), характеру (у тому числі транскордонного), інтенсивності і складності, ймовірності, очікуваного початку, тривалості, частоти і невідворотності впливу (включаючи прямий і будь-який опосередкований, побічний, кумулятивний, транскордонний, короткостроковий, середньостроковий та довгостроковий, постійний і тимчасовий, позитивний і негативний впливи), передбачених заходів, спрямованих на запобігання, відвернення, уникнення, зменшення, усунення впливу на довкілля.

Висновок про допустимість чи недопустимість провадження планованої діяльності – це фактично висновок екологічної експертизи. Такий висновок може бути підготовлений експертами-екологами, які мають відповідні фахові компетентності. Формування таких фахових компетентностей передбачає Стандарт вищої освіти України: другий (магістерський) рівень, галузь знань 10 – «Природничі науки», спеціальність 101 – «Екологія», затверджений і введений в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 04.10.2018 р. № 1066.

Щодо вибору найбільш важливих для експерта-еколога фахових компетентностей та їх відповідності принципам охорони навколишнього природного середовища, то слід проаналізувати ці принципи з урахуванням раніше висловлених зауважень [1, с. 96]. На нашу думку, крім принципу верховенства права, основними принципами охорони навколишнього природного середовища слід вважати зазначені в законі:

– пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних

ресурсів під час здійснення господарської, управлінської та іншої діяльності;

– запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;

– науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища;

– гласність і демократизм прийняття рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;

– безоплатність загального та платність спеціального використання природних ресурсів для господарської діяльності;

– компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища.

У таблиці 2 наведено інформацію щодо запропонованої оцінки відповідності професій еколого-експертного спрямування принципам охорони навколишнього середовища. Така оцінка може бути корисною для визначення переліку вибіркових навчальних дисциплін, які забезпечуватимуть формування найбільш важливих компетентностей експерта-еколога.

До таких компетентностей віднесено: обізнаність на рівні новітніх досягнень, необхідних для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування; здатність застосовувати міждисциплінарні підходи за критичного осмислення екологічних проблем; здатність оцінювати рівень негативного впливу природних та антропогенних факторів екологічної небезпеки на довкілля та людину.

Головні висновки. Виявлено необхідність доповнення та уточнення формулювання принципів охорони навколишнього природного середовища в Законі «Про охорону навколишнього природного середовища.

Визначено найбільш важливі фахові компетентності експерта-еколога, формування яких забезпечить дотримання основних принципів охорони навколишнього природного середовища.

Перспективи використання результатів дослідження. Одержані результати важливі для освітньої діяльності у галузі екології та можуть бути використані для підвищення ефективності підготовки фахівців на другому (магістерському) освітньому рівні за спеціальністю «Екологія» та удосконалення природоохоронного законодавства.

Література

1. Золотарьова Н.І. Принципи охорони навколишнього природного середовища в механізмі адміністративно-правового регулювання. *Visegrad Journal on Human Right*, 2017, № 2. С. 93–98. URL: http://vjhr.sk/archive/2017_2/part_2/16.pdf.
2. Туровець Ю.М. Особливості використання спеціальних знань при розслідуванні злочинів проти довкілля. *Форум права.* 2011. №3. С. 808–812. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/FP_index.htm_2011_3_136.
3. Туровець Ю.М., Кравчук О.В. Проблеми використання спеціальних знань при розслідуванні злочинів проти довкілля в умовах дії нового кримінального процесуального законодавства України. *Криміналістичний вісник.* 2014. № 2 (22). С. 21–27.
4. Галицька О.К. Використання спеціальних знань під час розслідування забруднення морів та інших водних джерел. *Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції.* 2016. № 3. С. 154–157. URL: apnl.dnu.in.ua/3_2016/37.pdf.
5. Турлова Ю.А. Структурний аналіз екологічної злочинності в Україні. *Юридичний журнал «Право України».* 2017. № 5. С. 139–147. URL: https://pravoua.com.ua/ua/store/pravoukr/pravo_2017_5/5-2017-15/.
6. Компетентності та результати навчання у сфері екології, охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування. аналітичний звіт за результатами опитування роботодавців(проект) / Темпус-проект 544524-TEMPUS-1-2013-1-PL-TEMPUS-SMHES «Рамка кваліфікацій в галузі наук про навколишнє середовище в українських університетах» – QANTUS. 2014–2015 р. URL: tempus-prj.onma.edu.ua/dlzone/qantus/zvit201503.pdf.

УДК 504.54.056
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-31

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЙ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ БУРШТИНУ

Шатрова О.О.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
olgashatrova89@gmail.com

Зростання попиту на бурштин та продукти його переробки за останні роки в Україні зумовлене встановленням унікальних властивостей та цінностей цієї копалини у зв'язку з можливістю її застосування в різних галузях: промисловому виробництві, медицині, сільському господарстві, ювелірному та образотворчому мистецтві тощо. Основними екологічними наслідками нелегального видобутку бурштину є деградація зональних ґрунтів та підстильних материнських порід, знищення родючого гумусово-елювіального горизонту ґрунтів підзолистого типу, кореневих систем дерев, заболочення території, зміна рівня ґрунтових вод та складність рекультивації порушених земель. Родовища бурштину України, що приурочені до Прип'ятського, Дніпровського й Дністровського басейнів, мають складну геологічну будову, змінну концентрацію бурштину в продуктивній товщі, істотні коливання якісних характеристик мінералу. У статті досліджено основні екологічні наслідки від незаконного видобутку бурштину в Україні, а саме це знищення родючого гумусово-елювіального горизонту ґрунтів підзолистого типу, деградація зональних ґрунтів та підстильних материнських порід, зміна рівня ґрунтових вод та заболочення території, знищення кореневих систем дерев та лісових ресурсів, зміна міграційних процесів фауни регіонів, де відбувається видобуток. Самовільне видобування бурштину завдає шкоди довкіллю, спричиняє порушення структури рельєфу, екологічного стану ґрунтів та їх гідрологічного режиму, знищує лісові ресурси, порушує міграційні процеси фауни регіону. У статті зазначається, що для відновлення деградованих ділянок після незаконного видобутку бурштину необхідно: розробити методику оцінювання збитків, завданих природному середовищу при незаконному видобутку бурштину, провести моніторинг ділянок видобутку за допомогою геоінформаційних систем; виконати дослідження цих ділянок та моніторинг стану ґрунтів та підземних вод ділянок; відновити ґрунти території та висадити рослини для відновлення первісного стану за розробленою моделлю. *Ключові слова:* бурштин, видобуток бурштину, екологічні наслідки, екологічна безпека.

Environmental safety of territories for development of amber. Shatrova O. The increase in demand for amber and its processing products in recent years in Ukraine is due to the establishment of unique properties and values of this fossil due to the possibility of its use in various industries: industrial production, medicine, agriculture, jewelry and fine arts, etc. The main ecological consequences of illegal amber extraction are the degradation of zonal soils and bedding maternal rocks, the destruction of the fertile humus-eluvial horizon of podzolic soils, root systems of trees, swamping of the territory, change of soil and soil levels. The amber deposits of Ukraine, which are confined to the Pripyat, Dnipro and Dniester basins, have a complex geological structure, variable concentration of amber in the productive thickness, significant fluctuations in the quality characteristics of the mineral. The main ecological consequences of illegal amber extraction in Ukraine are investigated in the article, namely the destruction of fertile humus-eluvial horizon of podzolic soils, degradation of zonal soils and underlying maternal rocks, change of soil water levels, debris change of migratory processes of fauna of the regions where the production takes place. The unauthorized extraction of amber damages the environment, causes disturbance of the relief structure, ecological status of soils and their hydrological regime, destroys forest resources, disrupts the migration processes of the fauna of the region. The article states that in order to restore degraded sites after illegal amber production it is necessary to: develop a methodology for assessing the damage caused to the natural environment in illegal amber production, to monitor the areas of production using geoinformation systems; carry out studies of these sites and monitor the condition of soil and groundwater of the sites; to restore the soil of the territory and to plant the plants to restore the original state of the developed model. *Key words:* amber, extraction, ecological consequences, ecological safety.

Бурштин (сукциніт) – це корисна копалина, виробне напівдорогоцінне каміння, викопана скам'яніла смола древніх хвойних дерев, яка зберегла в прибережних піщаних осадах чистоту, прозорість та яскравий окрас.

Згідно Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, затвердженої наказом ДКЗ України 10.02.2003 № 29 в Міністерстві юстиції України 25 лютого 2003 р. за №155/7476, бурштин, до родовищ бурштину віднесено різновиди викопних смол, придатних для використання в ювелірно-виробній, хімічній, фармацевтичній та інших галузях виробництв. Бурштин утворюється внаслідок кристалізації (фотосилікації) упродовж декількох мільйонів років смоли древніх хвойних дерев без доступу кисню. Зростання попиту на бурштин та продукти його переробки за останні роки в Україні зумовлене встановленням унікальних властивостей та цінностей цієї копалини у зв'язку з можливістю її застосування в різних галузях: промисловому виробництві, медицині, сільському господарстві, ювелірному та образотворчому мистецтві тощо.

Результати досліджень. Україна є європейським лідером за запасами бурштину. Технології видобутку бурштину детально висвітлені в численних роботах [1, с. 3]. Існує велика кількість публікацій, які присвячені сутності добування бурштину та методам

Таблиця 1

Ураження території правобережжя Українського Полісся проявами екзогенних геологічних процесів

Адміністративна область	Підтоплення, %	Прояв карста, %
Волинська	63,91	100,00
Житомирська	66,09	0,00
Київська	28,5	0,00
Рівненська	63,64	80,00
Україна в цілому	21,60	37,7

покращення його екологічних якостей. З огляду на те, що на сьогодні відсутній контроль з боку держави до виконання геолого-розвідувальних робіт із визначення покладів бурштину, то відбувається хаотичне захоплення територій з ймовірними запасами цього мінералу нелегальними копачами.

Більша частина фахівців погоджуються з тим, що легалізація виконання робіт з видобутку бурштину необхідна з метою контролю впорядкування цих процесів та обсягів, а також для відновлення природи Полісся та знаття соціального напруження. Основними екологічними наслідками нелегального видобутку бурштину є деградація зональних ґрунтів та підстильних материнських порід, знищення родючого гумусово-елювіального горизонту ґрунтів підзолистого типу, кореневих систем дерев, заболочення території, зміна рівня ґрунтових вод та складність рекультивації порушених земель [1].

Заходи з екологічної безпеки при видобутку бурштину виконуються лише після проведення екологічної оцінки, а екологічна оцінка впливу цих процесів на довкілля неможлива без визначення можливих ризиків діяльності, ідентифікації місць розташування та масштабів порушення компонентів довкілля. Під час легального видобутку питання екології та рекультивації регулюються законодавством ОВНС та ОВД, а після нелегального видобутку бурштину відсутнє будь-яке відновлення компонентів довкілля.

Найперспективнішим регіоном України щодо вмісту бурштину є південний і північно-західний схил Українського щита. Адміністративно це північна й північно-західна частини Житомирської та Рівненської областей, а також північно-східна частина Волинської області [1]. Українське Полісся як примикаюча з півночі до Білоруського Полісся територія заселена та заболочена провінція зони змішаних лісів Російської рівнини на межах з лісостеповою зоною. Це єдиний регіон щодо ландшафтів, де господарська діяльність людини цілком визначає стан природних комплексів [2].

Заходи по «завойовуванню» природи Полісся и спричинене ним підсилення негативних геологічних

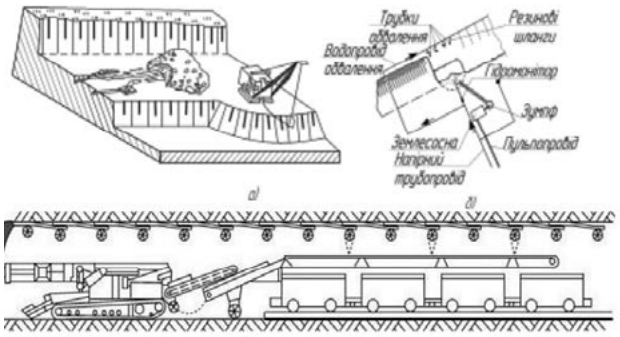


Рис. 1. Механічний спосіб видобування бурштину [1]: а, б – кар'єрні; в – підземний

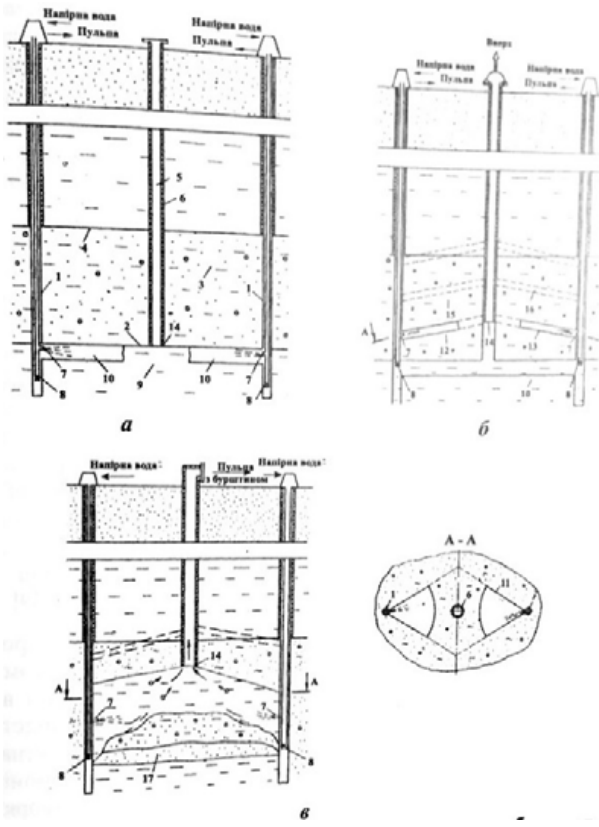


Рис. 2. Свердловинно-гідравлічний спосіб видобутку корисних копалин [1]: розмивання чергового обваленого пласта продуктивного горизонту; 1 – периферійні свердловини; 2 – основа продуктивного горизонту; 3 – продуктивний горизонт; 4 – покрівля продуктивного горизонту; 5 – видаткова свердловина; 6 – обсадні труби; 7 – гідромонітор; 8 – видатковий простір; 9 – покрівля підстилаючих порід; 10 – горизонтальна розрізна виробка; 11 – межі видобувної камери; 12 – перший підрізний пласт продуктивного горизонту; 13 – підрізна щілина першого продуктивного горизонту; 14 – торець обсадних труб; 15 – другий підрізний пласт продуктивного горизонту; 16 – підрізна щілина другого продуктивного горизонту; 17 – осад з піщаної фракції.

та рельєфотворних процесів призвели до значних змін створених впродовж багатьох століть природних компонентів та комплексів.

За станом на 2006 рік із загальної площі підтоплених земель України на територію Полісся припадає 44%. Ураженість областей проявами екзогенних геологічних процесів показана в табл. 1 [2].

Державним балансом запасів корисних копалин України враховуються запаси 10 родовищ бурштину: Рівненська область (Клесівське, Вільне, Володимирець-Східний, родовище «Золоте», західна частина ділянки Каноничі та родовище «Томашгород»), Волинська область (Маневицька – 1, Маневицька – 2, Камінь-Каширська – 2) [2].

Найбільшим родовищем бурштину в Україні є Клесівське, виявлене у 1980 р. на території Рівненської області. Родовище пов'язане з північно-західним схилом Українського кристалічного щита і знаходиться на Клесівській слабохвилястій рівнині, що розташована на межі Рівненської і Житомирської областей. Промислові поклади містяться у палеогенових піщано-глинистих глауконітових відкладах. Шари з промисловою концентрацією бурштину залягають на глибині 3–10 м, а їхня потужність становить 0,5–5 м [2]. Родовища бурштину України, що приурочені до Прип'ятського, Дніпровського й Дністровського басейнів, мають складну геологічну будову, змінну концентрацію бурштину в продуктивній товщі, істотні коливання якісних характеристик мінералу. Для розуміння масштабів та специфіки впливу на довкілля видобутку бурштину, передусім, необхідно розглянути способи його видобутку [5].

Механічний спосіб – механічна розробка масиву ґрунту у відкритому кар'єрі або під землею (рис. 1). Проте такий спосіб видобування був визнаний економічно невигідним через низьку рентабельність: великі експлуатаційні та економічні витрати, винос породи на поверхню і негативний екологічний вплив на навколишнє середовище [3].

Рис. 3. «Сп'янілий ліс» Полісся»

Спосіб свердловинного гідравлічного видобування (рис. 2) – розкриття продуктивного горизонту свердловинами по контуру добувної камери з наступною обсадкою та встановленням гідродобувного обладнання з гідророзмивом породи, а також піднятям пульпи у свердловині за рахунок самовиливу [1].

З 2008 року на території Житомирської та Рівненської областей підприємством «Бурштин України» використовувалася розробка родовищ бурштину шнеково-гідравлічним методом. З діаметром буріння за спеціальною сіткою – 80 см. Найбільша глибина викриття родовища 15 м. На породу впливають гідравлічним тиском і виносять її на поверхню в вигляді водяної пульпи. Пульпа потрапляє в спеціальну установку, де її розділяють і додатково промивають. Промивна вода, в свою чергу, повертається до відстійника, де повторно очищується і знову використовується. В Україні ведеться державний видобуток бурштину, але поряд із ним і незаконний видобуток, який знижує рентабельність державного. Незаконний видобуток бурштину здійснюється кар'єрним і гідромеханічним способами [4; 6; 7].

Нелегальний видобуток бурштину проводять безсистемно на ріллі та поблизу раніше відомих поодиноких знахідок бурштину та встановлених геоло-

Таблиця 2

Основні наслідки для довкілля від нелегального видобутку бурштину

Компонент довкілля	Характер впливу	Наслідок впливу
Ґрунт	Руйнування родючого шару ґрунту; знищення цілісності структури ґрунтового покриву; забруднення земельної ділянках нелегального видобутку	Втрата гумусу, макро- та мікроелементів; руйнування родючого шару ґрунту; посилення водної та вітрової ерозії на ділянці
Рослинний покрив	Порушення цілісності чагарникового та трав'яного покриву; знищення деревних насаджень	Порушення цілісності чагарникового та трав'яного покриву; знищення деревних насаджень; всихання деревостанів
Вода	Неконтрольоване нелегальне використання поверхневих та підземних вод	Зміна гідрологічного режиму ділянки; зниження рівня ґрунтових вод
Атмосферне повітря	Забруднення повітря викидними газами	Викиди в атмосферу CO_2, SO_2, NO_2, поліциклічних ароматичних вуглеводнів
Надра землі	Втрата надр, порушення геологічної структури ділянки	Деформація земної поверхні; пошкодження родовищ корисних копалин; збіднення надр

гічною службою місць з наявними запасами цього мінералу, а також на значній відстані від них [2]. Станом на 1.07.2015 р., за даними Волинської державної екологічної інспекції, загальна площа знищених на Волині лісів внаслідок незаконного видобутку бурштину, становила 9,06 га. У Житомирській області пошкоджено 220 га земель через нелегальний видобуток бурштину, в Волинській області – 4,0 га, а в Рівненській – 169 га.

Внаслідок нелегального видобутку гірничими виробками вручну (ями, шурфи та канави), а також при використанні важкої техніки за відсутності подальшого засипання виїмок відпрацьованою породою відбувається порушення кореневої системи дерев, відбувається знищення трав'янистого та чагарникового підліску, змінюються рельєф та структура верхнього шару ґрунту. Як наслідок, на поверхні залишаються глибокі піщані ями, які заповнені водою. Результатом утворення таких ям є надмірна кількість ґрунтових вод, яка порушує стійкість кореневої системи дерев. Отже відбувається формування «сп'янілого лісу» (рис. 3), що, в свою чергу, призводить до його знищення [1, с. 2].

Основні наслідки для довкілля від нелегального видобутку бурштину показані в табл. 2 [1].

Для повернення деградованих ділянок незаконного видобутку бурштину необхідно виконати спеціальні заходи [1]:

1) вдосконалити Закон України «Про видобування та реалізацію

бурштину» і з його прийняттям створити сприятливі умови для розвитку в Україні галузі економіки, яка пов'язана з видобуванням, реалізацією та обробкою бурштину та розв'язанням проблеми захисту довкілля в районах видобутку [10];

2) розробити методику оцінювання збитків, які завдаються природному середовищу при незаконному видобутку бурштину;

3) розробити програму відстеження об'ємів незаконного видобутку бурштину за допомогою геоінформаційних систем;

4) виконати геодезичні та гідрологічні дослідження ділянок нелегального видобутку бурштину для встановлення рівня підземних вод. Такі дослідження обов'язково мають супроводжуватись оцінкою екологічних ризиків;

5) розробити програму моніторингу стану підземних вод;

6) проаналізувати проби води та ґрунту з ділянок;

7) розробити модель первісного стану території;

8) розробити спеціальну методику рекультивації порушених внаслідок нелегального видобутку бурштину земель з урахуванням ландшафтного чинника, організувати відповідні дослідження в межах трьох поліських областей;

9) провести інвентаризацію рослин первісного стану території з метою подальшого їх висадження на території;

10) здійснювати постійний моніторинг рекультильованої ділянки для контролю адаптації висаджених рослин;

11) оцінити запаси бурштину з урахуванням нелегального видобутку.

Головні висновки. Найбільш гострими є еколого-економічні проблеми, які зумовлені самовільним видобутком бурштину Рівненській, Волинській та Житомирській областях. Самовільне видобування бурштину завдає шкоди довкіллю, спричиняє порушення структури рельєфу, екологічного стану ґрунтів та їх гідрологічного режиму, знищує лісові ресурси, порушує міграційні процеси фауни регіону.

Для відновлення деградованих ділянок після незаконного видобутку бурштину необхідно: розробити методику оцінювання збитків, завданих природному середовищу при незаконному видобутку бурштину, провести моніторинг ділянок видобутку за допомогою геоінформаційних систем; виконати дослідження цих ділянок та моніторинг стану ґрунтів та підземних вод ділянок; відновити ґрунти території та висадити рослини для відновлення первісного стану за розробленою моделлю.

Література

1. Рудько Г.І., Литвинюк С.Ф. Родовища бурштину України та геолого-економічна оцінка / За ред. Г.Ф. Рудька. Київ-Чернівці : Букрек, 2017. 240 с.
2. Мацуй В.М. Эволюция смолопродуцирующей растительности и формирование залежей ископаемых смол. Киев : Наукова думка, 2016. 143 с.
3. Корнієнко В.Я. Розвиток наукових основ процесів видобутку і вилучення бурштину з природних та техногенних покладів. Дніпро, 2016. 35 с.
4. Корнієнко В.Я. Сучасні технології видобутку бурштину з родовищ / В. Я. Корнієнко // Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 1 (65). С. 462-470.
5. Тимочко Т.В. Екологічні наслідки видобування бурштину та шляхи їхнього подолання / Т.В. Тимочко // Інформаційні матеріали до засідання круглого столу «Рекультивація територій, порушених внаслідок видобування бурштину», 4 вересня 2015 року, м. Рівне, Всеукраїнська екологічна ліга. Рівне, 2015. С. 4–5.
6. Воловик В.П. Обґрунтування параметрів землезберігаючих технологій при відкритій розробці розсипних родовищ титанових руд і бурштину. Київ, 2010. 20 с.
7. Прокопець В.В. Бурштин України (бібліографічний нарис) / В.В. Прокопець. К. : «Карбон-Сервіс». 2009. 78 с.
8. Рудько Г.І., Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Стратегічна екологічна оцінка та прогноз стану довкілля Західного регіону України: у 2 т. / За ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. Київ-Чернівці : Букрек, 2017, Т 1. 472 с., Т 2. 548 с.
9. Беліченко О.П. Родовища та прояви каменесамоцвітної сировини Північно-західної України як об'єкти геотуризму / О.П. Беліченко, Ю.І. Ладжун // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Геологічні пам'ятки – яскраві свідчення еволюції Землі» (м. Кам'янець-Подільський, 16–20 травня 2011 р). К. : Логос, 2011. С. 16–18.
10. Ремезова О.О. Проблеми геолого-екологічної оцінки бурштиноносних площ України / О.О. Ремезова // Проблеми видобування бурштину в Україні та шляхи їх розв'язання. 2015. № 9. С. 17–23.

УДК 553.6;613.15;614.78
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-32

АНАЛІЗ ВІДПОВІДНОСТІ ФАКТИЧНИХ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ СТАЦІОНАРНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА ДО ВСТАНОВЛЕНИХ НОРМАТИВІВ НА ВИКИДИ

Максименко О.О.
Товариство з обмеженою відповідальністю «Лідер Еко»
пров. Львівський, 2, оф. 302, 10003, м. Житомир
lidereko.to@gmail.com

Однією з найпоширеніших та забруднювальних галузей промисловості є обробка деревини. Головні причини негативного впливу підприємств галузі – це використання застарілих технологій та обладнання, відсутність пилогазоочисного устаткування або його зношеність. У зв'язку з цим дослідження та оцінка впливу деревообробної промисловості на стан атмосферного повітря на прикладі підприємства ТОВ «ДТК-Трейд». Для оцінки впливу шкідливих викидів забруднюючих речовин на приземний шар атмосфери проведено відповідний розрахунок на ПОМ з використанням автоматизованої програми «ЕОЛ Плюс». Аналіз результатів впливу забрюднюючих речовин на атмосферне повітря показав, що на підприємстві першочергово необхідно провести заходи зі зниження викидів речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, оскільки їх приземні концентрації на межі СЗЗ перевищують ГДК, розсіювання їх в атмосферне повітря при максимальному рівні викидів по джерелу № 5 свідчить про перевищення нормативів на межі санітарно-захисної зони. Для затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел аналізується відповідність фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами щодо встановлених нормативів на викиди, в тому числі технологічних нормативів, відповідно до законодавства України. Крім того розглянуто питання екологічної безпеки громадян і навколишнього природного середовища: нормативи якості атмосферного повітря; гранично допустимі рівні акустичного, електромагнітного, іонізуючого та біологічного впливу на стан атмосферного повітря населених пунктів. В результаті проведеної роботи встановлено кількість джерел викидів забруднюючих речовин підприємства, проведено оцінку їх впливу на стан забруднення атмосферного повітря. Всього на підприємстві визначено сім джерел викидів, 4 з яких організовані. *Ключові слова:* забруднення атмосферного повітря, викиди забруднюючих речовин, нормативи гранично допустимих викидів, охорона довкілля.

Analysis of compliance with the actual emissions of pollutants into the air by stationary sources of wood processing enterprises with established standards for emissions. Maksimenko O. Wood processing is one of the most widespread and polluting industries. The main reasons for the negative impact of the enterprises of the industry are the use of outdated technologies and equipment, the lack of dust and gas cleaning equipment or its deterioration. In this regard, research and assessment of the impact of the woodworking industry on the state of the atmospheric air on the example of the enterprise of LLC «DTK-Trade». To assess the impact of pollutants on the surface of the atmosphere, an appropriate calculation of the POPs was carried out using the automated program «EOL Plus» . The analysis of the results of the influence of pollutants on the atmospheric air showed that the enterprise first of all needs to take measures to reduce the emissions of substances in the form of suspended solids, since their surface concentrations at the boundary of the GHG exceed the MPC, dispersion of them into the atmospheric air at the maximum level of emissions by source 5 indicates exceedance of standards at the border of the sanitary protection zone. In order to approve the emission limit values for pollutants from stationary sources, the conformity of actual emissions of pollutants into the atmosphere with stationary sources is analyzed in relation to the established emission standards, including technological standards, in accordance with the legislation of Ukraine. In addition, the issues of environmental safety of citizens and the environment are considered: air quality standards; maximum permissible levels of acoustic, electromagnetic, ionizing and biological effects on the atmospheric air of settlements. As a result of the work, the number of sources of emissions of pollutants of the enterprise was determined, and their impact on the state of air pollution was evaluated. In total, seven sources of emissions are identified at the enterprise, 4 of which are organized. *Key words:* air pollution, emissions of pollutants, standards for maximum permissible emissions, environmental protection.

Однією з найпоширеніших та забруднювальних галузей промисловості є обробка деревини. Головні причини негативного впливу підприємств галузі – це використання застарілих технологій та обладнання, відсутність пилогазоочисного устаткування або його зношеність. У зв'язку з цим дослідження та оцінка впливу деревообробної промисловості на стан атмосферного повітря на прикладі підприємства ТОВ «ДТК-Трейд» є своєчасним і актуальним.

Мета дослідження – на основі аналізу визначити відповідність фактичних обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами до встановлених нормативів на викиди на прикладі деревообробного підприємства.

Результати досліджень. Основна діяльність ТОВ «ДТК-Трейд» – виробництво дошки обрізної та брусу. За даними інвентаризації на території підприємства виявлено сім стаціонарних

Таблиця1

Результати розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин

№ точки розрахунку	Направлення на нормативній СЗЗ	Назва речовини	ГДК населенного пункту, мг/м³	Концентрація на межі СЗЗ в частках ГДК	№ джерела	Вклад	№ джерела	Вклад	№ джерела	Вклад	№ джерела	Вклад	№ джерела	Вклад	Максимальна концентрація в точках, ГДК, мг/м³
1	північ	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	0,5	10.27	4	93.26	1	6.47	6	0.11	2	0.072	3	0.072	5,135
2	південь		0,5	4.14	1	97.79	4	1.87	6	0.21	3	0.068	2	0.065	2,07
3	захід		0,5	4.36	4	68.75	1	27.64	5	3.25	6	0.18	2	0.095	2,18
4	схід		0,5	12.27	1	82.31	4	16.69	5	0.73	6	0.13	2	0.072	6,135

Таблиця 2

Результати розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин (на перспективу)

№ точки розрахунку	Направлення на нормативній СЗЗ	Назва речовини	ГДК населенного пункту, мг/м³	Концентрація на межі СЗЗ в частках ГДК	№ джерела	Вклад	№ джерела	Вклад	№ джерела	Вклад	№ джерела	Вклад	№ джерела	Вклад	Максимальна концентрація в точках, ГДК, мг/м³
1	північ	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	0,5	0.17	1	72.12	6	14.45	2	5.48	3	5.39	4	2.55	0,085
2	південь		0,5	0.19	1	83.99	6	9.93	3	3.07	2	2.94	4	0.061	0,095
3	захід		0,5	0.16	1	37.13	5	26.97	6	16.06	2	9.02	3	8.89	0,080
4	схід		0,5	0.32	1	77.98	6	7.15	5	6.79	2	3.76	3	3.66	0,160

джерел викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Основним джерелом викидів забруднюючих речовин є лінія розпилювання лісоматеріалів. Джерелами утворення забруднюючих речовин є верстати стрічковопильні (пилорами) марки Номінал-М (1од) та марки Умка (1од). На лінії з виготовлення обрізних пиломатеріалів визначено два джерела утворення забруднюючих речовин – верстат брусовочний марки Ustunkarli UDKTY4 (1од) та верстат кромкообрізний марки Ustunkarli UDKTY-500 (1од). Деревооробні верстати обладнані аспіраційною системою з подачею пилогазоповітряної суміші на очистку в циклоні Гіпродревпрому марки Ц-1600. Ефективність процесу очищення – 96,5%. Викиди твердих суспендованих частинок, недиференційованих за складом, відбуваються через гирло циклону (джерело № 2) на висоті 11,5 м.

На лінії з виготовлення обрізних пиломатеріалів джерелом утворення забруднюючих речовин є верстат багатопильний марки Ustunkarli UDKTY-500, який обладнаний циклоном Гіпродревпрому марки Ц-1600 з ефективністю очищення – 96,0%. Викиди пилу здійснюються через його гирло (джерело № 3) на висоті 11,5 м. Для виготовленню обрізних пиломатеріалі на підприємстві встановлено верстат торцювальний моделі ЦПП 4 (джерело № 4 – неорганізоване). Верстат встановлений під навісом на вулиці пилогазоочисним устаткуванням не обладнаний.

Джерелом утворення забруднюючих речовин є верстат чотирьохсторонній марки WeinigProfimat 22N, який обладнаний аспіраційною системою з подачею пилогазоповітряної суміші на очистку в циклоні ЛТА-9 з ефективністю очищення 64,9%. Викиди твердих суспендованих частинок здійснюються через гирло циклону (джерело № 5) на висоті 15 м.

На дільниці сушки пиломатеріалів використовується котел марки Алекот-1000-Р для теплопостачання у камери сушки деревини. Паливом для нього слугує тирса та дрова, що утворюються під час механічної обробки деревини. Під час спалювання твердого палива здійснюються викиди твердих недиференційованих за складом суспендованих частинок, азоту діоксиду, оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю. Котел Алекот-1000 обладнаний аспіраційною системою з подачею пилогазоповітряної суміші на очистку циклоном ЦН-15-1000, ефективність очищення – 93,1%. Викид забруднюючих речовин здійснюється через трубу відводу димових газів висотою 12 м.

Для ремонтних потреб підприємства працює пост зварювання металу (джерело №7). Джерелом утворення забруднюючих речовин в ньому ручне дугове зварювання сталі штучними електродами АНО-3. Під час зварювання металу відбуваються викиди заліза оксиду (в перерахунку на залізо), марганцю та його з'єднань (в перерахунку на діоксид марганцю).

Для оцінки впливу шкідливих викидів забруднюючих речовин на приземний шар атмосфери проведено відповідний розрахунок на ПОМ з використанням автоматизованої програми «ЕОЛ Плюс».

Результати розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин, що викидаються в повітря, наведено в таблиці 1.

Аналіз результатів впливу забрюднюючих речовин на атмосферне повітря показав, що на підприємстві першочергово необхідно провести заходи зі зниження викидів речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, оскільки їх приземні концентрації на межі СЗЗ перевищують ГДК, розсіювання їх в атмосферне повітря при максимальному рівні викидів по джерелу № 5 свідчить про перевищення нормативів на межі санітарно-захисної зони.

Для затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел аналізується відповідність фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами щодо встановлених нормативів на викиди, в тому числі технологічних нормативів, відповідно до законодавства України. Результатами досліджень встановлено, що по стаціонарному джерелу № 5 величина масового потоку в газах становить 0,925 кг/год з масовою концентрацією в газопиловому потоці 165,29 мг/м^3 (при нормативі граничнодопустимого викиду 150 мг/м^3), що свідчить про те, що норматив ГДВ ще не досягнутий.

Ці результатів можна пояснити низькою ефективністю очисного обладнання, яке встановлено на джерелі № 5 з ефективністю очистки 64,9 % і свідчить про необхідність застосування більш нових і ефективних очисних споруд, а неорганізовані джерела викидів №1,4 потребують оснащення аспіраційними системами з подачею пилогазоповітряної суміші на очистку в циклоні та/або в рукавному фільтрі.

Для очищення повітря від різного типу домішок на деревообробному підприємстві використовують різні методи та установки. Найбільш поширеними є пристрої для механічного очищення: циклони пиловловлювачі (вихрові, камерні, жалюзійні тощо) та різні за конструкцією фільтри. Пристрій для очищення підбирається для кожного процесу залежно від розміру частинок (показників дисперсності) [2].

За результатами аналізу методів очищення пилогазоповітряної суміші від твердих супендованих частинок підприємству було запропоновано обладнати верстати стрічковопильні (пилорами) марки Номінал-М (1од) та марки Умка (1од), а також верстат чотирьохсторонній марки Weinig Profimat 22N з циклонами Гіпродревпрому типу Ц. При цьому необхідно демонтувати існуючий циклон марки ЛТА-9 як морально застаріле обладнання. Крім цього, необхідно обладнати торцювальний верстат моделі ЦПП 4 рукавним фільтром типу стружко-пилосос моделі СП, який призначений для

видалення стружки та пилу із зони різання деревообробного верстату для забезпечення чистоти повітря робочої зони.

Як показали розрахунки приземної концентрації забруднюючих атмосферу речовин на перспективу, після впровадження заходів щодо зниження викидів, частки приземної концентрації по твердих суспендованих складових на всіх розрахункових точках як на межі, так і за межами СЗЗ, не перевищують ГДК (ОБРВ) атмосферного повітря. Результати розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин, що викидаються в повітря, наведено в таблиці 2.

Аналіз відповідності запланованих обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами до встановлених нормативів на викиди показав, що по джерелу № 5 норматив ГДВ буде досягнутий за величинами масового потоку (кг/год) і масової концентрації (мг/м^3).

Розраховано, що запропоновані установки дозволять підвищити ефективність очищення повітря від викидів твердих суспендованих частинок, а потужність викидів буде значно зменшена. Концентрація викинутого пилу в атмосферу не перевищить норматив ГДВ, а отже доцільна у використанні.

Висновки. В результаті проведеної роботи встановлено кількість джерел викидів забруднюючих речовин підприємства, проведено оцінку їх впливу на стан забруднення атмосферного повітря. Всього на підприємстві визначено сім джерел викидів, 4 з яких організовані.

Аналіз відповідності фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами до встановлених нормативів на викиди показав, що по джерелу № 5 не дотримується норматив викиду, встановлений законодавством.

Розрахунок приземних концентрацій забруднюючих речовин показав перевищення гранично допустимих концентрацій на межі санітарно-захисної зони речовин у вигляді твердих суспендованих частинок. Пилогазоочисне обладнання для зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на підприємстві фізично зношене та морально застаріле і потребує модернізації або заміни.

Запропоновані заходи щодо запобігання перевищенню встановлених нормативів гранично допустимих викидів у процесі виробництва, зокрема щодо модернізації ГОУ, встановленої на джерелі № 5, та обладнання ГОУ джерел викидів № 1, 4.

Література

1. Про охорону атмосферного повітря: Закон України за станом на 16 жов. 1992 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – Київ : Парлам. вид-во, 2017. – 679 с.
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986.
3. Циклони в деревообробній промисловості: монографія / Є. М. Лютий, Л. О. Тисовський, Ю. Р. Дадак, А. В. Ляшеник. – Львів: Ред. журналу «Український пасічник», 2009. – 148 с.
4. Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел: Постанова Кабінету Міністрів України від 27 черв. 2006 року № 309 // Офіційний вісник України. – 2006., № 31, стор. 236, ст. 2259.
5. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студ. вузів / Тамерлан Сафранов. – Львів: – 2003. – 247 с.
6. Охорона та раціональне використання природних ресурсів: Навчальний посібник / Борис Термена, Світлана Літвіненко. – Чернівці : Книги-ХХІ, 2005. – 167 с.
7. Екологічна безпека: підручник / В. М. Шмандій, М. О. Клименко, Ю. С. Голік та ін. – Херсон: Олді-плюс, 2013. – 366 с.
8. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник для вищих навч. закладів / В.В. Богобоящий, К.Р. Курбанов, П.Б. Палій, В.М. Шмандій. – К. : ЦНЛ, 2004. – 215 с.

УДК 504.37:378.22
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-33

ОСВІТА У СФЕРІ РИБАЛЬСТВА ТА АКВАКУЛЬТУРИ

Бакуменко В.Г.
Державне агентство рибного господарства України
вул Січових Стрільців, 45-а, 04053, м. Київ
darg_vgb@ukr.net

Освітньо-науковий рівень вищої освіти передбачає здобуття особою теоретичних знань, умінь, навичок та інших компетентностей, достатніх для продукування нових ідей, розв'язання комплексних проблем у галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, оволодіння методологією наукової та педагогічної діяльності, а також проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення. Науковий рівень вищої освіти відповідає десятому рівню Національної рамки кваліфікацій. Досліджено основні проблеми сучасної системи освіти у підготовці кваліфікованих спеціалістів з питань рибного господарства, потреби галузі в кваліфікованих робітниках та наукових кадрах. Основну увагу в роботі акцентовано на підготовці вітчизняними закладами вищої освіти кваліфікованих молодих спеціалістів та наукових кадрів. Це надасть їм змогу надалі забезпечити якісне впровадження міжнародного досвіду та провідних технологій в галузі рибного господарства, що забезпечить належну якість проведення наукових досліджень, охорону, відтворення та використання водних біоресурсів як виду спеціального використання об'єктів тваринного світу. А також сталий ріст та розвиток аквакультури як виду сільського господарства. На основі проведеного дослідження можна зробити загальний висновок, що у разі чіткого визначення потреби у підготовці наукових кадрів, створення та впровадження багаторічного плану підготовки національних наукових кадрів з питань рибного господарства сформується тип фахівців, які адекватно реагуватимуть на нові соціальні, культурні та економічні виклики суспільства. Ці фахівці будуть здатні до набуття нових знань та удосконалення необхідних вмінь фахової підготовки в галузі, що зробить їх конкурентоспроможними у науковій спільноті. Також забезпечення сфери аквакультури кваліфікованими працівниками забезпечуватиме позитивний приріст в економіці країни у сфері сільського господарства, сталого розвитку та підтримки досліджуваної сфери державою та інвесторами, зменшить навантаження на природні ресурси. *Ключові слова:* екоосвіта в рибному господарстві, аквакультура, промислове рибальство.

Education and research in the fisheries and aquaculture sector. Bakumenko V. Educational-scientific level of higher education involves acquiring a person of theoretical knowledge, skills, and other competences sufficient to produce new ideas, solving complex problems in the field of professional and/or research-innovation activity, mastering the methodology of scientific and pedagogical activity, as well as conducting their own scientific research, the results of which have scientific novelty, theoretical and practical significance. The scientific level of higher education corresponds to the tenth level of the National Qualifications Framework. The main problems of the modern education system in the training of qualified specialists in fisheries, the needs of the industry in skilled workers and scientific personnel are investigated. The main focus of the work is on the training of qualified young specialists and scientific personnel in higher education institutions in Ukraine. This will enable them to further ensure the quality implementation of international fisheries experience and technology that will ensure the proper quality of research, conservation, reproduction and use of aquatic bioresources as a special use of wildlife. And also the sustainable growth and development of aquaculture as a type of agriculture. On the basis of the conducted research it can be concluded that in case of clear identification of the need for scientific training, creation and implementation of a long-term plan for training national scientific personnel on fisheries, the type of specialists will be formed that will adequately respond to the new social, cultural and economic challenges of society. These professionals will be able to acquire new knowledge and improve the necessary skills of professional training in the field, which will make them competitive in the scientific community. Also, providing aquaculture with skilled workers will ensure positive growth in the country's economy in the field of agriculture, sustainable development and support of the study area by the state and investors, reduce the burden on natural resources. *Key words:* eco-education in fisheries, aquaculture, commercial fishing.

Постановка проблеми. Рибне господарство України відіграє значну роль у забезпеченні населення продовольством, галузей національної економіки – сировиною та відтворенні природних ресурсів та підвищенні зайнятості населення.

За останні роки проблеми розвитку освіти в Україні набули особливого значення. Підвищення уваги науковців та практиків до освітніх проблем зумовлено ефективним функціонуванням системи освіти з розвитком людського капіталу країни та зростанням його конкурентоспроможності на світових ринках. Західний досвід свідчить, що конкурентоспроможність економічної системи забезпечується впровадженням інноваційних рішень, які втілює кадровий потенціал. На частку нових знань, реалізованих у технологіях, обладнанні, продукції, в передових країнах припадає до 85% приросту валового внутрішнього продукту [1]. У зв'язку з цим першочерговим завданням держави є забезпечення функціонування та розвитку системи освіти для ефективного формування та відтворення людського капіталу. Особливу увагу сучасні фахівці приділяють системі вищої освіти на черговому етапі її реформування, зокрема, у галузі рибного господарства.

Виклад основного матеріалу. Україна успадкувала систему освіти, яка діяла до набрання чинно-

сті Закону України «Про вищу освіту» (Відомості Верховної Ради, 2014, № 37-38, ст.2004), і сьогодні перебуває в процесі трансформації. Відповідно до цього закону підготовка фахівців з вищою освітою здійснюється за відповідними освітніми чи науковими програмами початковий рівень (короткий цикл) вищої освіти; перший (бакалаврський) рівень; другий (магістерський) рівень; третій (освітньо-науковий / освітньо-творчий) рівень; науковий рівень.

Початковий рівень (короткий цикл) вищої освіти відповідає шостому рівню Національної рамки кваліфікацій [6] і передбачає здобуття особою загальнокультурної та професійно орієнтованої підготовки, спеціальних умінь і знань, а також певного досвіду їх практичного застосування для виконання типових завдань, що передбачені для первинних посад у відповідній галузі професійної діяльності.

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти відповідає сьомому рівню Національної рамки кваліфікацій [6] і передбачає здобуття особою теоретичних знань та практичних умінь і навичок, достатніх для успішного виконання професійних обов'язків за обраною спеціальністю.

Другий (магістерський) рівень вищої освіти відповідає восьмому рівню Національної рамки кваліфікацій [6] і передбачає здобуття особою поглиблених теоретичних та/або практичних знань, умінь, навичок за обраною спеціальністю (чи спеціалізацією), загальних засад методології наукової та/або професійної діяльності, інших компетентностей, достатніх для ефективного виконання завдань інноваційного характеру відповідного рівня професійної діяльності.

Третій (освітньо-науковий/освітньо-творчий) рівень вищої освіти відповідає дев'ятому рівню Національної рамки кваліфікацій [6].

Освітньо-науковий рівень вищої освіти передбачає здобуття особою теоретичних знань, умінь, навичок та інших компетентностей, достатніх для продукування нових ідей, розв'язання комплексних проблем у галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, оволодіння методологією наукової та педагогічної діяльності, а також проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення

Науковий рівень вищої освіти відповідає десятому рівню Національної рамки кваліфікацій [6] і передбачає набуття компетентностей з розроблення і впровадження методології та методики дослідницької роботи, створення нових системоутворюючих знань та/або прогресивних технологій, розв'язання важливої наукової або прикладної проблеми, яка має загальнонаціональне або світове значення.

Здобуття вищої освіти на кожному рівні вищої освіти передбачає успішне виконання особою відповідної освітньої або наукової програми, що є підставою для присудження відповідного ступеня вищої освіти: молодший бакалавр; бакалавр; магістр; доктор філософії/доктор мистецтва; доктор наук.

Молодший бакалавр – це освітньо-професійний ступінь, що здобувається на початковому рівні (короткому циклі) вищої освіти і присуджується закладом вищої освіти у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти освітньо-професійної програми.

Особа має право здобувати ступінь молодшого бакалавра за умови наявності в неї повної загальної середньої освіти.

Бакалавр – це освітній ступінь, що здобувається на першому рівні вищої освіти та присуджується закладом вищої освіти у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти освітньо-професійної програми.

Особа має право здобувати ступінь бакалавра за умови наявності в неї повної загальної середньої освіти.

Магістр – це освітній ступінь, що здобувається на другому рівні вищої освіти та присуджується закладом вищої освіти (науковою установою) у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти відповідної освітньої програми. Ступінь магістра здобувається за освітньо-професійною або за освітньо-науковою програмою.

Освітньо-наукова програма магістра обов'язково включає дослідницьку (наукову) компоненту обсягом не менше 30 відсотків.

Особа має право здобувати ступінь магістра за умови наявності в неї ступеня бакалавра.

Ступінь магістра медичного, фармацевтичного або ветеринарного спрямування здобувається на основі повної загальної середньої освіти і присуджується закладом вищої освіти (науковою установою) у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти відповідної освітньої програми.

Наукові установи Національної академії наук України та національних галузевих академій наук можуть здійснювати підготовку магістрів за власною освітньо-науковою програмою згідно з отриманою ліцензією на відповідну освітню діяльність. Наукові установи можуть також здійснювати підготовку магістрів за освітньо-науковою програмою, узгодженою з закладом вищої освіти. У такому разі науковий складник такої програми здійснюється у науковій установі, а освітня складник – у закладі вищої освіти.

Доктор філософії – це освітній і водночас перший науковий ступінь, що здобувається на третьому рівні вищої освіти на основі ступеня магістра. Ступінь доктора філософії присуджується спеціалізованою вченою радою закладу вищої освіти або наукової установи в результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти відповідної освітньо-наукової програми та публічного захисту дисертації у спеціалізованій вченій раді.

Особа має право здобувати ступінь доктора філософії під час навчання в аспірантурі (ад'юнктурі).

Особи, які професійно здійснюють наукову, науково-технічну або науково-педагогічну діяльність за основним місцем роботи, мають право здобувати ступінь доктора філософії поза аспірантурою, зокрема, під час перебування у творчій відпустці, за умови успішного виконання відповідної освітньо-наукової програми та публічного захисту дисертації у спеціалізованій вченій раді.

Нормативний строк підготовки доктора філософії в аспірантурі (ад'юнктурі) становить чотири роки.

Наукові установи можуть здійснювати підготовку докторів філософії за власною освітньо-науковою програмою згідно з отриманою ліцензією на відповідну освітню діяльність або за освітньо-науковою програмою, окремі елементи якої забезпечуються іншими науковими установами та/або закладами вищої освіти.

Доктор наук – це другий науковий ступінь, що здобувається особою на науковому рівні вищої освіти на основі ступеня доктора філософії і передбачає набуття найвищих компетентностей у галузі розроблення і впровадження методології дослідницької роботи, проведення оригінальних досліджень, отримання наукових результатів, які забезпечують розв'язання важливої теоретичної або прикладної проблеми, мають загальнонаціональне або світове значення та опубліковані в наукових виданнях.

Ступінь доктора наук присуджується спеціалізованою вченою радою закладу вищої освіти чи наукової установи за результатами публічного захисту наукових досягнень у вигляді дисертації або опублікованої монографії, або за сукупністю статей, опублікованих у вітчизняних і міжнародних рецензованих фахових виданнях, перелік яких затверджується центральним органом виконавчої влади у сфері освіти і науки [4].

Що стосується рівнів акредитації закладів освіти, то в радянські часи професійно-технічні училища вважалися позашкільними установами, а не частиною системи вищої освіти. У 1992 році нова незалежна Україна змінила цю ситуацію, перемістивши всі професійно-технічні училища в систему вищої освіти та запровадивши чотири рівні інституційної акредитації:

– професійно-технічні училища, які займаються підготовкою молодших спеціалістів;

– коледжі, які займаються підготовкою молодших спеціалістів та/або бакалаврів;

– інститути, академії, університети, які займаються підготовкою бакалаврів, спеціалістів та магістрів;

– інститути, академії, університети, які займаються підготовкою бакалаврів, спеціалістів та магістрів, а також пропонують післядипломну освіту.

Однак в результаті реформування сьогодні в Україні діють заклади вищої освіти таких типів:

– коледж – заклад вищої освіти або структурний підрозділ університету, академії чи інституту, що провадить освітню діяльність, пов'язану із здобуттям ступеня бакалавра та/або молодшого бакалавра, проводить прикладні наукові дослідження та/або творчу мистецьку діяльність. Коледж також має право відповідно до ліцензії (ліцензій) забезпечувати здобуття профільної середньої, професійної (професійно-технічної) та/або фахової передвищої освіти. Статус коледжу отримує заклад освіти (структурний підрозділ закладу освіти), в якому ліцензований обсяг підготовки здобувачів вищої освіти ступеня бакалавра та/або молодшого бакалавра становить не менше 30 відсотків загального ліцензованого обсягу;

– академія, інститут – галузевий (профільний, технологічний, технічний, педагогічний, богословський/теологічний, медичний, економічний, юридичний, фармацевтичний, аграрний, мистецький, культурологічний тощо) заклад вищої освіти, що провадить інноваційну освітню діяльність, пов'язану з наданням вищої освіти на першому і другому рівнях за однією чи кількома галузями знань, може здійснювати підготовку на третьому і вищому науковому рівнях вищої освіти за певними спеціальностями, проводить фундаментальні та/або прикладні наукові дослідження, є провідним науковим і методичним центром, має розвинуту інфраструктуру навчальних, наукових і науково-виробничих підрозділів, сприяє поширенню наукових знань та провадить культурно-просвітницьку діяльність;

– університет – багатогалузевий (класичний, технічний) або галузевий (профільний, технологічний, педагогічний, фізичного виховання і спорту, гуманітарний, богословський/теологічний, медичний, економічний, юридичний, фармацевтичний, аграрний, мистецький, культурологічний тощо) заклад вищої освіти, що провадить інноваційну освітню діяльність за різними ступенями вищої освіти (у тому числі доктора філософії), фундаментальні та/або прикладні наукові дослідження, є провідним науковим і методичним центром, має розвинуту інфраструктуру навчальних, наукових і науково-виробничих підрозділів, сприяє поширенню наукових знань та здійснює культурно-просвітницьку діяльність [4; 5].

У радянський період найважливіші установи вищої освіти, що видавали дипломи у сфері рибальства та аквакультури, знаходилися на території Російської Федерації. Це Технічний інститут рибної промисловості та господарства у Калінінграді; Технічний інститут рибної промисловості та економіки в Астрахані; Далекосхідний державний технічний інститут рибної промисловості та економіки у Владивостоку та Всесоюзний заочний інститут харчової промисловості в Москві.

У 1968 році в Українській Радянській Соціалістичній Республіці було відкрито установу – Херсонський державний аграрний університет з кафедрою ставкового рибного господарства. Тут пропонується курс лекцій в галузі рибальства та

аквакультури. З 1973 року університет щорічно видавав до 25 дипломів випускникам напряму зооінженерії з додатковою спеціалізацією «Аквакультура».

У 1985 році в Керчі (Крим) було відкрито філію Калінінградського технічного інституту рибної промисловості. Крім того, в Україні існувало три технічні (професійні) школи, в яких готували фахівців з аквакультури: у Немішаєві (Київська область), Білгород-Дністровському (Одеська область) та в Млинові (Рівненська область).

Щорічно в Інституті рибного господарства Національної академії аграрних наук України у Києві пропонували спеціальні курси з рибної промисловості для працівників державних рибних господарств, офіційно організованих Калінінградським технічним інститутом рибної промисловості.

На початку 90-х років після розпаду Радянського Союзу виникла нагальна потреба у розширенні національної вищої освіти та підготовці фахівців для сектору рибальства та аквакультури України. У 1992 році був заснований Керченський морський технологічний університет як незалежна установа. У 1993 році Херсонський державний аграрний університет ввів спеціальність «Водні біоресурси та аквакультура» для підготовки іхтіологів та фахівців з аквакультури. Проте ці вищі навчальні заклади не змогли задовольнити потреби галузі. Тому в 1996 році Національним аграрним університетом спільно з Інститутом рибного господарства Національної академії аграрних наук України був створений факультет аквакультури. Пізніше такі факультети були створені у сільськогосподарських університетах України, які пропонували курси лекцій та дипломи у галузі рибальства та аквакультури (таблиця 1).

Існують обов'язкові тренінги та рівні освіти, необхідні для тих, хто бере участь в управлінні сектором.

Аквакультура – спеціалізований диплом з водних біоресурсів та аквакультури офіційно вимагається для того, щоб обіймати посади фахівця з аквакультури (рибовода) на підприємствах аквакультури. Однак ця вимога не є суворою, а досвід цінується набагато вище, ніж диплом. Рівень посади залежить від отриманого диплому.

Промислове рибальство – для промислових рибалок не потрібен спеціальний диплом. Однак для малого риболовецького судна необхідна ліцензія (права) з судноводіння. Спеціалізований диплом з «Морського судноплавства» вимагається для управління морським промисловим риболовецьким судном. Для фахівців, що працюють на морських риболовецьких судах, необхідні спеціальні технічні дипломи. Від некваліфікованих матросів спеціальний диплом не вимагається.

Інспектори з рибоохорони та державні інспектори з охорони навколишнього природного середовища – для інспекторів територіальних органів Держрибагенства та Держрибагентства потрібний диплом про вищу освіту.

Рибопереробні підприємства – для технологів, фахівців, начальників зміни та фахівців з інших питань на рибопереробних підприємствах, консервних заводах, рибопереробних суднах тощо потрібен диплом про вищу освіту в сфері харчових технологій, бажано зі спеціалізацією в області технологій зберігання та переробки водних біоресурсів [7; 8].

У 2019 році в структурі підприємств з рибальства та аквакультури працює близько 30 000 працівників. До складу цієї структури входять:

Державне агентство рибного господарства України та його територіальні органи;

– підгалузь використання водних живих ресурсів (промислове рибальство та СТРГ);

– підгалузь аквакультури;

– наукові та навчальні заклади.

Окремо слід виділити структурні підрозділи Державної екологічної інспекції України та її територіальних органів, які відповідають за державний нагляд (контроль) за охороною, відтворенням та раціональним використанням об'єктів тваринного світу, зокрема, водними живими ресурсами.

Щорічна потреба фахівців з вищою освітою у галузі рибальства та аквакультури базується на такій структурі:

Центральний апарат Держрибагентства налічує 165 спеціалістів. Враховуючи потребу у кваліфікованому персоналі та кадровому обміні, для цієї структури потрібно приблизно два-три випускники.

Центральний апарат Держекоінспекції налічує 5 спеціалістів. Враховуючи потребу у кваліфікованому персоналі та кадровому обміні, для цієї структури потрібен максимум один випускник на два–три роки.

Кількість спеціалістів, що працюють у територіальних органах, Держрибагентства та Держекоінспекції, становить 1 215 у Держрибагентстві та 85 – у Держекоінспекції. Враховуючи, що ці органи реформуються та є конкуренція у нових структурних підрозділах, потреба у кваліфікованому персоналі становить близько 25–30 студентів.

Державне агентство рибного господарства включає 10 підприємств державної аквакультури, в яких працює 640 спеціалістів. Їх потреба в нових кваліфікованих працівниках аквакультури може становити від десяти до п'ятнадцяти фахівців.

У сфері експлуатації водних живих ресурсів працює близько 8 000 людей, а кількість підприємств – 945. Тобто реальна щорічна потреба становить близько 150–170 новопідготовлених професіоналів сектору [2; 3].

Щодо викликів, пов'язаних з освітою в сфері рибальства та аквакультури в Україні, то через обмежену кількість робочих місць та відносно низьку заробітну плату на ринку праці в секторі рибальства та аквакультури в Україні спеціальності, пов'язані

Таблиця 1

Вищі навчальні заклади в сфері рибальства та аквакультури

Ступінь	Назва закладу	Факультет	Кафедра	Назва курсів, ступенів та спеціальностей
Молодший бакалавр	Немишаївський агротехніч-ний коледж (Київська обл.)	-	-	Спеціальність 5.09020101 «Рибництво та аквакультура»
Молодший спеціаліст	Білгород-Дністровський морський рибопромисловий технікум (Одеса)	-	-	Спеціальність 5.09020101 «Рибництво та аквакуль-тура», кваліфікація «Технік аквакультури» Спеціальність 5.09020102 «Експлуатація техніки про-мислового рибальства і аквакультури», кваліфікація «Технік промислового рибальства» Спеціальність 5.05170110 «Зберігання, консервування та переробка риби і морепродуктів», кваліфікація «Технік-технолог»
Молодший бакалавр	Млинівський державний тех-нолого-економічний коледж (Рівненська обл.)			Спеціальність 5.09020101 «Рибництво та аквакультура»
Молодший бакалавр	Одеський морехідний коледж рибної промисловості імені Олексія Соляника	-	-	Спеціальність 5.07010401 «Судноводіння на мор-ських шляхах»; 5.07010403 «Експлуатація суднових енергетичних установок», 5.07010407 «Експлуатація електрообладнання та автоматики суден», 5.05060403 «Монтаж і обслуговування холодильно-компресорних машин та установок»
Молодший бакалавр	Херсонський морехідний коледж рибної промисловості	-	-	Спеціальність 5.07010401 «Судноводіння на морських шляхах», 5.07010403 «Експлуатація суднових енерге-тичних установок»
Бакалавр та вищі ступені	Білоцерківський національ-ний аграрний університет	Екологія	Іхтіологія та зоологія	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура» Диплом спеціаліста «Водні біоресурси»
Бакалавр та вищі ступені	Вінницький національний аграрний університет	Технологія виробництва та обробки продуктів тваринництва	Годування поголів'я та водні біоресурси	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура» Диплом магістра «Аквакультура»
Бакалавр та вищі ступені	Дніпропетровський держав-ний аграрно-економічний університет	Біотехнологія	Водні біоресурси та аквакультура	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура»
Бакалавр та вищі ступені	Сумський національний аграрний університет	Біологія та технології	Розведення та селекція тварин та водні біоресурси	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура»
Бакалавр та вищі ступені	Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Ґжицького	Біологія та технології	Водні біоресурси	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура» Диплом магістра «Водні біоресурси»

Продовження таблиці 1

Бакалавр та вищі ступені	Житомирський національний агроекологічний університет	Екологія та право	Водні біоресурси та аквакультура	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура»
Бакалавр та вищі ступені	Національний університет біоресурсів та природокористування України	Тваринництво та водні біоресурси	1) Аквакультура 2) Гідробіологія та іхтіологія	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура» Диплом магістра «Водні біоресурси»
Бакалавр та вищі ступені	Національний університет водного господарства та природокористування	Інститут агроекології та землеустрою	Водні біоресурси	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура» Диплом спеціаліста «Водні біоресурси» Диплом магістра «Водні біоресурси» та «Водні біоресурси»
Бакалавр та вищі ступені	Одеський державний екологічний університет	Навколишнє середовище	Водні біоресурси та аквакультура	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура» Диплом спеціаліста «Водні біоресурси» Диплом магістра «Водні біоресурси» та «Водні біоресурси»
Бакалавр та вищі ступені	Харківська державна зооветеринарна академія	Біотехнології управління навколишнім середовищем	Прикладна біологія, водні біоресурси та мисливське господарство	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура» Диплом магістра «Водні біоресурси»
Бакалавр та вищі ступені	Херсонський державний аграрний університет	Рибальство та управління навколишнім середовищем	Водні біоресурси та аквакультура	Диплом бакалавра «Водні біоресурси та аквакультура» Диплом магістра «Водні біоресурси»
Бакалавр та вищі ступені	Запорізький державний університет, факультет біології	Біологія	Біологія лісу, мисливське господарство та іхтіологія	Диплом бакалавра «Біологія», спеціалізація «Іхтіологія та аквакультура»
Курси	Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара	Біологія, екологія та медицина	Загальна біологія та водні біоресурси	Курси «Загальна та спеціальна іхтіологія», «Ставкова та промислова аквакультура», «Аквакультура», «Іхтіопатологія», «Біодизайн акваріуму»
Курси	Київський національний університет ім. Т.Г. Шевченка	Навчальнонауковий центр, Інститут біології	Зоологія	Курси «Основи аквакультури», «Іхтіологія», «Рибальство»;
Курси	Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна	Біологія	Зоологія та зооекологія	Курс «Іхтіологія» та «Промислова аквакультура»;
Курси	Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича	Інститут біології, хімії та біоресурсів	Біохімія та біотехнології	Курс «Інтенсивні технології аквакультури».
Спеціалізовані ступені	Національний університет біоресурсів та природокористування України	Харчові технології та управління якістю продуктів сільськогосподарського сектору	Технології вироблення продуктів з м’яса, риби та морепродуктів	Диплом магістра «Харчові технології», спеціалізація «Технології зберігання та обробки водних біоресурсів»

Продовження таблиці 1

Спеціалізовані ступені	Одеська національна академія харчових технологій	Технології харчових продуктів, парфумерії та косметики, експертні знання та товарознавення	М'ясні, рибні та морепродуктові технології	Диплом магістра та спеціаліста «Харчові технології», спеціалізація «Технології зберігання та обробки водних біоресурсів»
Післядипломна освіта	Інститут рибного господарства національної академії аграрних наук України (Київ)	-	-	Кандидат сільськогосподарських наук в спеціалізації 06.02.03 «Аквакультура» Кандидат біологічних наук в спеціалізації 03.00.10 «Іхтіологія»
Післядипломна освіта	Херсонський державний аграрний університет	-	-	Кандидат сільськогосподарських наук в спеціалізації 06.02.03 «Аквакультура» Кандидат біологічних наук в спеціалізації 03.00.10 «Іхтіологія»;
Післядипломна освіта	Інститут гідробіології національної академії наук України (Київ)	-	-	Кандидат біологічних наук в спеціалізації 03.00.10 «Іхтіологія».

з цими галузями, не вважаються дуже привабливими та престижними. Отже, студенти, які вступають в аграрні заклади та обирають ці спеціальності, часто не дуже мотивовані. Зазвичай студенти обирають цю спеціальність після того, як не вдалося поступити на біологічні факультети більш престижних університетів. Після закінчення навчання лише близько третини випускників будують свою кар'єру в секторі рибальства та аквакультури.

До важливих викликів української освіти у рибальстві та аквакультурі належать:

– застарілі будівлі та обладнання в навчальних та науково-дослідницьких установах та відсутність фінансових ресурсів для їх модернізації або придбання нових. Аспірантам часто доводиться використовувати власні фінансові ресурси для проведення досліджень та придбання хімікатів та витратних матеріалів; розрив між теоретичними знаннями та практичними заняттями – студентам деколи важко отримувати адекватну практику на підприємствах рибальства та аквакультури. Багато з них не приймають інтернів. Університети зазвичай мають угоди з певними підприємствами з аквакультури або іншими установами, за якими вони приймають студентів для практичного навчання. Проте студенти часто виконують некваліфіковану роботу і не отримують реального практичного навчання на необхідному рівні;

– погане знання англійської мови професорів та студентів у галузі рибальства та аквакультури перешкоджає використанню іноземної літератури, участі у студентських міжнародних програмах обміну та співпраці з іноземними установами. Низький рівень міжнародного співробітництва з зарубіжними інститутами рибного господарства та аквакультури призводить до вакууму у знанні нових тенденцій та напрямів розвитку галузі;

– відсутність технічних підручників – більшість навчальних посібників та підручників застаріли і спираються на старі радянські книги. Внаслідок слабкого знання англійської мови нові книги курсу базуються в основному на російсько- та україномовній літературі, включаючи деяку літературу, вже перекладену з англійської мови;

– учні у галузі рибальства та аквакультури зазвичай мають дуже погане знання біостатистики та математичних методів досліджень рибальства. Внаслідок цього, коли вони проводять післядипломні дослідження, у них виникають проблеми з обробкою наукових даних та написанням дослідницьких робіт. Це також пов'язано з відсутністю належних посібників з використання біостатистики, математичних методів, програмного забезпечення для наукових досліджень у сфері рибальства;

– відсутність доступу до міжнародних наукових періодичних видань та літератури – передплата високоякісних наукових журналів зазвичай є надто дорогою для українських освітніх та дослідницьких

установ. Це означає, що вони не можуть належним чином слідкувати за новими досягненнями у галузі освіти та дослідженнями у цьому секторі;

– хронічна нестача фінансових ресурсів в українських освітніх та науково-дослідницьких установах не дозволяє аспірантам та науковцям брати участь у міжнародних наукових зборах (конференціях, симпозіумах тощо), для участі в яких найбільшою перешкодою є високі реєстраційні збори;

– брак професорів зі спеціалізованими дипломами за напрямом рибальства та аквакультури в деяких аграрних закладах, особливо в тих, де останнім часом були створені спеціалізовані департаменти. Загальнопоширеною є ситуація, коли курси, пов'язані з рибальством та аквакультурою, викладаються фахівцями інших сфер, наприклад, ветеринарії, тваринництва тощо;

– низька заробітна плата дослідників та низькі стипендії післядипломної освіти не дозволяють залучати студентів до дослідницьких установ рибальства та аквакультури. Зазвичай важко знайти мотивованих студентів з адекватними знаннями для післядипломних досліджень;

– брак курсів підготовки та підвищення кваліфікації для фахівців з аквакультури або для бажаючих вступити в аквакультурний бізнес. Зокрема, це стосується тренінгів з впровадження нових розробок в аквакультурі, таких як індустріальна аквакультура, системи замкненого водопостачання (УЗВ), вирощування риби в садках, марикультура та вирощування нетрадиційних об'єктів.

Не вистачає курсів з поширення досвіду та практики. Сьогодні існують практичні заняття кожні три роки, які держава вимагає для отримання спеціального сертифікату для роботи з генетичними ресурсами. Цей сертифікат є передумовою отримання державних грантів на вирощування та утримання племінного матеріалу. Проблема полягає в тому, що багато учасників такого курсу недостатньо кваліфіковані та недостатньо зацікавлені. Вони беруть участь лише для отримання сертифікату.

Дуже часто власники та співробітники сучасних підприємств УЗВ, традиційних форелевих або осетрових господарств мають набагато кращу кваліфікацію, ніж вчені з університетів та науково-дослідних інститутів. Отже, будуть потрібні лише високоякісні служби розповсюдження досвіду.

Промислові компанії з виробництва рибних кормів (Aller Aqua та Biomar) часто організовують послуги з поширення досвіду для українських фермерів, включаючи відвідування господарств у Польщі чи Данії, які отримали високу оцінку. Без належних практичних державних об'єктів (інкубаторів, УЗВ, нових видів риб) зусилля з організації навчальних курсів та надання послуг з надання послуг поширення досвіду не привертають необхідної уваги та мало впливають на ефективність роботи сектору.

Висновки. На основі проведеного дослідження можна зробити загальний висновок, що у разі чіткого визначення потреби у підготовці наукових кадрів, створення та впровадження багаторічного плану підготовки національних наукових кадрів з питань рибного господарства сформується тип фахівців, які адекватно реагуватимуть на нові соціальні, культурні та економічні виклики суспільства. Ці фахівці будуть здатні до набуття нових знань та удосконалення необхідних вмінь фахової підготовки в галузі, що зробить їх конкурентоспроможними у науковій спільноті. Внаслідок освоєння відповідних дисциплін вони зможуть використовувати знання комплексно, знаходити раціональні шляхи вирішення завдань навчального процесу та проводити якісно наукове дослідження. Навички самооцінювання дозволять всебічно аналізувати і критично оцінювати результативність кожного етапу дослідження, виділяти недоліки та переваги роботи, глибоко розуміти проблему і, за необхідності, вносити корективи для покращення якості досліджуваної роботи. Ці якості дозволять молодому спеціалісту успішно працювати як на рибогосподарських підприємствах, так і у науково-дослідних установах рибної галузі, вищих навчальних закладах, наукомістких виробництвах, а також продовжувати вдосконалення свого наукового і фахового рівня з набуття більш високої кваліфікації, що позитивно впливатиме на галузь рибальства та сприятиме раціональному використанню такого природного ресурсу, як водні живі ресурси. Також забезпечення сфери аквакультури кваліфікованими працівниками забезпечуватиме позитивний приріст в економіці країни у сфері сільського господарства, сталого розвитку та підтримки досліджуваної сфери державою та інвесторами, зменшить навантаження на природні ресурси (водні живі ресурси).

Література

1. Корнева О**.** Адаптивная модель воспроизводства человеческого капитала в системе высшего профессионального образования. *Вестник науки Сибири.* 2012. № 1 (2). С. 174–178.
2. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/.
3. Офіційний сайт Державного агентства рибного господарства України. URL: http://darg.gov.ua/.
4. Закон України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 № 1556-VII. URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18.
5. Закон України «Про освіту» від 05.09.2017 № 2145-VIII. URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2145-19.
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 23.11.2011 № 1341 «Про затвердження національної рамки кваліфікацій». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-%D0%BF.
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.04.15 № 266 «Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» (зі змінами). URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-п.
8. Наказ Міністерства освіти і науки України від 1 червня 2016 р. № 600 (у редакції наказу Міністерства освіти і науки України від 21 грудня 2017 р. № 1648). URL: http:// mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/rekomendatsii-1648.pdf.

УДК 553.6;628.3.03;504.05
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-34

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЙ ПІД ЧАС РОЗРОБКИ РОДОВИЩ РУСЛОВИХ ПІСКІВ

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

Досліджено стан екологічної безпеки під час розробки родовищ руслових пісків на прикладі ділянки Змагайлівського родовища пісків у Черкаському районі Черкаської області. Визначені негативні впливи на навколишнє середовище під час видобутку пісків та напрями удосконалення методів його захисту. Під час експлуатації родовищ пісків відбуваються впливи на різні компоненти навколишнього середовища – атмосферу, геологічне та водне середовища, навколишні ґрунти тощо. Видобувні роботи супроводжуються виділеннями в атмосферне повітря значних кількостей забруднюючих речовин, що спричиняє негативний вплив на повітряне середовище. Критерієм оцінки впливів на повітряне середовище є потужність викиду в одиницю часу (г/сек) та валовий викид за рік (т/рік), а також норматив якості атмосферного повітря, що відображають граничнодопустимий максимальний вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі і за яких відсутні негативні впливи на здоров'я людини та на стан навколишнього природного середовища. У статті проаналізовано фактори впливу розробки ділянки Змагайлівська Змагайлівського родовища пісків на всі компоненти природного середовища. Зазначено, що джерелами впливу на ґрунти, водне та геологічне середовища є наслідки, пов'язані з виробничо-видобувною діяльністю, – порушення природної геологічної будови земельної ділянки. Окреслені заходи по зниженню можливого впливу розробки родовища на навколишнє середовище. Рекомендовано проводити постійний екологічний моніторинг під час розробки родовищ руслових пісків та враховувати його результати під час складання плану розвитку гірничих робіт. Зазначено, що видобуток піску в межах родовища буде сприяти збільшенню пропускної здатності русла р. Дніпро в паводковий період. Для запобігання негативних наслідків слід контролювати річний видобуток і за потреби накладати мораторій або частково призупиняти видобування.
Ключові слова: руслові піски, екологічні ризики, удосконалення, екологічна безпека.

Environmental safety of territories at the development of cellular seals. Sereda R. The state of ecological safety in the development of channel sands deposits on the example of the site of the Smagaylovsk sands deposit in Cherkasy district of Cherkasy region is investigated. The negative effects on the environment during the extraction of sands and directions of improvement of methods of its protection are identified. During the operation of sand fields, impacts on various components of the environment – the atmosphere, the geological and aquatic environment, the soil and so on. Mining operations are accompanied by the release of significant amounts of pollutants into the atmosphere, which will have a negative impact on the air environment. The criterion for the assessment of the effects on the air environment is the power output per unit time (h / s) and gross emissions per year (t / year), as well as the ambient air quality standards, which reflect the maximum permissible content of pollutants in the atmospheric air and which are absent negative impacts on human health and the environment. The factors of the influence of the development of the site of the Smagaylovskaya Smagaylovskaya deposit of sand on all components of the natural environment are analyzed in the article. It is stated that the sources of impact on soils, aquatic and geological environment are the consequences related to production and mining activities – disturbance of the natural geological structure of the land. Measures to reduce the potential impact of field development on the environment are outlined. It is recommended to carry out continuous environmental monitoring during the development of river sands deposits and to take into account its results when drawing up a development plan for mining operations. It is stated that the extraction of sand within the deposit will help to increase the capacity of the Dnieper River bed during the flood period. To prevent negative effects, annual production should be monitored and, if necessary, a moratorium imposed or partial suspension of production. *Key words:* river sands, ecological risks, improvement, ecological safety.

Постановка проблеми. Людство вступило в епоху науково-технічної революції, що посилило антропогенний вплив на природу. Цей вплив має суперечливий характер. У ньому переплітаються позитивні й негативні явища. З одного боку, вдосконалення технологій і зростання виробництва сприяють більш повному задоволенню потреб людей, раціональному використанню природних ресурсів, з іншого – забруднюється природне середовище, посилюється ерозія ґрунтів, зменшується озоновий шар землі, погіршується стан здоров'я людей тощо.

Зростаючі потреби суспільства і виробництва зумовлюють подальше прискорення темпів науково-технічного прогресу. Цілком зрозуміло, що чим вищий історичний етап розвитку суспільства, тим більшою мірою стан природного середовища детермінується цілепокладаючою людською діяльністю. Поглиблення і розширення масштабів такої діяльності можуть призвести до глобальних суперечностей у розвитку цивілізації, які можна подолати лише шляхом проведення докорінних змін у рамках розвитку самого суспільства.

Сучасна екологічна ситуація складалась стихійно в ході діяльності людей, спрямованої на задоволення їхніх потреб. Людина досягла висот сучасної цивілізації завдяки тому, що постійно змінювала природу

відповідно до своїх цілей. Люди досягали цілей, на які розраховували, але одержали наслідки, яких не передбачали.

Науково-технічна революція змінює стосунки людини з природою, створює нові умови її існування, помітно впливає на спосіб її життя і праці. Використовуючи сучасні засоби виробництва, людство впливає на природу в планетарному масштабі. Різке збільшення масштабів такого впливу загострило проблему передбачення наслідків людської діяльності. Екологічне прогнозування стало необхідною умовою оптимізації процесу взаємодії суспільства і природи.

Одним із таких загрозливих процесів є видобуток піску з русл річок. У зв'язку з цим виникає необхідність вдосконалення методів екологічної безпеки під час видобутку руслових пісків для мінімізації негативного впливу [1; 2; 5].

У нашій статті ми характеризуємо вплив розробки родовищ піску на екологічний стан природного середовища на прикладі Змагайлівської ділянки Змагайлівського родовища пісків у Черкаському районі Черкаської області.

Мета дослідження – визначення можливих екологічних ризиків під час видобування пісків на ділянці Змагайлівська Змагайлівського родовища пісків у Черкаському районі Черкаської області. Аналіз чинних методів регулювання негативного впливу на навколишнє середовище та розгляд питань щодо їх удосконалення.

Виклад основного матеріалу. Змагайлівська ділянка Змагайлівського родовища піску знаходиться на східній околиці с. Червона Слобода в Черкаському районі Черкаської області в прибережній мілководній частині Кременчуцького водосховища, прилягає до берегової лінії. Родовище розташоване на відстані близько 300 м на північ від силікатного заводу ВАТ «Черкасибудматеріали», на відстані близько 30 м від берега. Ділянка робіт розташована за межами зони судноплавства.

Змагайлівське родовище піску неодноразово розвідувалось протягом 1950–1953 рр., в 1968 р., 1978–1981 рр. Родовище розробляється з 1990 р.

Змагайлівське родовище піску складається з двох ділянок: Змагайлівської ділянки та Вергунівської ділянки, що знаходиться на південній околиці с. Вергуни на першій надзаплавній терасі р. Тясмин [5; 6]

У 1995 р. ВАТ «Черкасибудматеріали» отримало спеціальний дозвіл на користування надрами Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 25.09.1995 № 347, наданий на видобування на площі 35 га будівельних пісків Змагайлівської ділянки Змагайлівського родовища, терміном дії до 25.09.2025 р.

У 2016 р. ВАТ «Черкасибудматеріали» виконана повторна геолого-економічна оцінка Змагайлівської ділянки Змагайлівського родовища будівельних пісків. Роботи проведені камеральним шляхом із використанням матеріалів геологорозвідувальних робіт 1978–1980 рр. і 1990 р. та результатів експлуатації родовища. За результатами проведених робіт ДКЗ затверджено станом на 01.01.2017 р. балансові запаси будівельних пісків місцевого значення Змагайлівської ділянки Змагайлівського родовища, придатних для виготовлення дрібних стінових блоків із пористого бетону марки D 600 за середньою густиною, клас бетону В2,0 (М25), марка за морозостійкістю F-25 відповідно до вимог ДСТУ Б В. 2.7-137:2008 «Блоки з ніздрюватого бетону. Технічні умови», для виготовлення в шихті: пісок – 60%, глинистий пісок Вергунівської ділянки Змагайлівського родовища – 40%, цегли силікатної одинарної і потовщеної рядової марок 125–150 за міцністю, F-25 за морозостійкістю, відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-80:2008 «Цегла та камені силікатні. Технічні умови» у кількості 1 112 тис. м^3 за категорією В, клас під кодом 111 (протокол ДКЗ від 09.02.2017 № 3833).

У геоморфологічному відношенні район родовища розташований в межах Придніпровської низини, рельєф якої має вигляд слабко горбкуватого плато з абсолютними відмітками від 65,0 м до 80,5 м над рівнем моря. Придніпровська низина належить до типу акумулятивних алювіальних рівнин. Головною водною артерією району є р. Дніпро з Кременчуцьким водосховищем, відмітка рівня води складає + 80,2 м. Долина р. Дніпра складається з заплави та трьох надзаплавних терас. Заплава складена товщею піщаних, мулистих і глинистих відкладів. Перша надзаплавна тераса складена пісками. У даний час заплава і частина першої надзаплавної тераси, на яких знаходиться Змагайлівська ділянка Змагайлівського родовища, зайняті Кременчуцьким водосховищем.

У геологічній будові родовища беруть участь алювіальні піски сучасного віку, що залягають в руслі р. Дніпро.

Корисною копалиною на родовищі є обводнені кварцові піски, світло-жовтого, сірого кольору різнозернисті, переважно дрібнозернисті, слабо глинисті, потужністю в межах підрахунку запасів від 19,0 м від 21,9 м (в середньому 20,7 м). Поклад пісків характеризується пластоподібною формою, залягає субгоризонтально, має складну будову з незакономірним розповсюдженням пісків різного зернового складу. Покрівля покладу залягає нижче рівня води в р. Дніпро (НПГ +80,2 м) на глибинах від 1,0 до 12,0 м. Морфологія покладу залежить від рельєфу дна.

Розкривні породи на родовищі відсутні.

Корисна копалина підстеляється пісками четвертинного віку та глиною жовтувато-сірого кольору, в'язкою, піскуватою пройденою глибиною до 5,4 м.

За складністю геологічної будови Змагайлівської ділянки Змагайлівського родовища будівельних пісків обґрунтовано віднесене авторами до групи родовищ складної геологічної будови (2 група) згідно

з Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр.

Гідрологічні та гірничо-геологічні умови Змагайлівської ділянки Змагайлівського родовища характеризуються тим, що родовище знаходиться в умовах повного затоплення водами р. Дніпро. Відпрацювання ділянки відбувається до горизонту з абсолютною відміткою +56 м гідромеханізованим способом з використанням земснаряда ЗГМ-1-350А з транспортуванням видобутого піску пульпопроводом на карту намиву.

Гірничі роботи виконуються відповідно до проекту «Розробка і рекультивація Змагайлівського родовища пісків у Черкаському районі Черкаської області» (Черкаський ВКП Інституту «Укрдіпродор», 2006 р.). Система розробки та її параметри апробовані тривалою експлуатацією ділянки родовища.

Вплив розробки родовищ пісків на екологічний стан природного середовища регіону.

Під час експлуатації родовищ пісків відбуваються впливи на різні компоненти навколишнього середовища – атмосферу, геологічне та водне середовища, навколишні ґрунти тощо.

Видобувні роботи супроводжуються виділенням в атмосферне повітря значних кількостей забруднюючих речовин, що спричиняє негативний вплив на повітряне середовище. Критерієм оцінки впливів на повітряне середовище є потужність викиду в одиницю часу (г/сек) та валовий викид за рік (т/рік), а також нормативи якості атмосферного повітря, що відображають граничнодопустимий максимальний вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі і за яких відсутні негативні впливи на здоров'я людини та на стан навколишнього природного середовища.

Джерелами впливу на ґрунти, водне та геологічне середовища є наслідки, пов'язані з виробничо-видобувною діяльністю, – порушення природної геологічної будови земельної ділянки.

Джерелами викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на території проектованого кар'єру є:

1) пилення під час вантажно-видобувних робіт (робота екскаваторів та бульдозерів, навантаження ґрунтових порід на автосамоскиди; розвантаження розкривних порід на тимчасовий відвал та ділянки земель, що плануються);

2) пилення під час транспортування корисної копалини та розкривних порід (в межах території кар'єру);

3) пилення під час можливого зберігання розкривних порід у тимчасовому відвалі;

4) викиди від двигунів внутрішнього згорання автотранспорту та гірничої техніки;

5) викиди під час виконання ремонтно-зварних робіт;

6) викиди під час заправки великогабаритної кар'єрної спецтехніки;

7) викиди під час роботи дизельгенераторної електростанції максимальною потужністю до 6–7 кВт (необхідна потужність складає 6,0 кВт), що влаштовується на території проммайданчику кар'єру для забезпечення користувачів електроенергією.

8) можливе хімічне, біологічне і радіоактивне забруднення, виникнення небезпечних інженерно-геологічних процесів і явищ, екзогенний та ендогенний вплив на ґрунти.

9) вплив від видобувної діяльності та самого кар'єру на флору та фауну;

10) негативний вплив від масового вирубування дерев, знищення видового різноманіття місцевої флори.

До можливих антропогенних факторів, що впливають на флору та фауну навколишніх земель під час експлуатації кар'єру, можна віднести загибель значного числа дрібної ґрунтової фауни та ґрунтового рослинного покриття (трава, чагарники) під час переміщення земляних мас. Роботи з видобування піску і транспортування його на технологічні карти намиву приводять до повного руйнування і деградації бентосу і планктону внаслідок підвищеного замутнення.

Район розробки кар'єру будівельних пісків має рибогосподарське значення, тому під час проведення робіт необхідно дотримуватись рибоохоронних норм і правил, а саме:

– не виконувати роботи в період ікрометання риб, оскільки робота земснаряду негативно діє на розвиток відкладеної ікри внаслідок підвищення замутнення води, що приводить до її загибелі;

– намив піску здійснювати строго на технологічні карти, не допускаючи витікання пульпи і забруднених водних мас водосховища, в результаті чого може створитися зона додаткового замутнення;

– компенсувати збитки від зниження рибопродуктивності ділянки водойми в результаті втрати кормової бази (планктону і бентосу), кошти від компенсації направлять на проведення рибоводномеліоративних робіт на Кременчуцькому водосховищі для відновлення рибних запасів;

– дотримуватись санітарних норм і правил під час експлуатації днопоглиблюючої техніки і плавзасобів.

Основні види можливого впливу розробки родовища на навколишнє середовище (табл. 1).

У процесі експлуатації родовища забезпечується екологічна безпека людей, забезпечення дотримання нормативів негативних впливів на навколишнє середовище.

Відробка запасів корисної копалини по площі і на глибину проводиться в межах затверджених запасів.

Під час видобування пісків використовуються механізми, які виключають попадання шкідливих речовин на відкриту поверхню.

В процесі заправки добувних і транспортних засобів паливо-мастильними матеріалами прийняті заходи, що виключають їх попадання в річні води.

Терміни проведення видобувних робіт погоджуються із місцевими органами рибоохорони.

Заходи, передбачені в робочому проекті, сприятимуть покращенню екологічного стану русла Дніпра, збільшенню його пропускної спроможності, що своєю чергою зменшить розмиваючу дію потоку води в руслі, а кріплення берегів захистить їх від розмиву.

Під час роботи земснаряду, плавкрану, гідропісконавантажувача пилуваті фракції подрібнюваного ґрунту зумовлюють техногенну каламутність, що призведе до тимчасового локального погіршення якості поверхневих вод та умов життєдіяльності гідробіонтів.

Аналізи якості води свідчать, що мінералізація на рівні концентрацій основних іонів, нітратів, нітритів, амонійного азоту заліза, фтору, а також величина pH і загальна жорсткість не перевищують лімітуючі величини.

Під час роботи шуми і вібрації працюючих вузлів земснаряду, робота та переміщення допоміжних машин і механізмів будуть відчутні для іхтіо- і орнітофауни. Допоміжні машини і механізми під час руху можуть порушити цілісність трав'яного покриву. Порушення правил виконання робіт в руслі Десни та в прибережній зоні може призвести до забруднення вод паливо-мастильними матеріалами. Незначною мірою буде забруднюватися повітря.

Заходи по зниженню можливого впливу розробки родовища на навколишнє середовище

Земснаряд, плавкран та гідропісконавантажувач повинні працювати у суворій відповідності до проекту виконання робіт, допоміжні машини та механізми – відповідно до вимог будівельних норм та правил щодо організації виробництва та інструкцій заводів-виробників.

У процесі виконання всіх видів робіт буде забезпечуватися належне зберігання та використання паливно-мастильних матеріалів.

Порушені під час руху та стоянки допоміжних машин і механізмів ділянки трав'яного покриву будуть відновлені.

Для зменшення шумів і вібрації працюючих вузлів земснаряду плавкрану та гідропісконавантажувача, які передаються водному і атмосферному середовищам, необхідно використовувати звуко- і вібропоглиначі прокладки, амортизатори.

Джерелом забруднення води паливо-мастильними матеріалами можуть бути робочі троси, вагоприволи, підсланеві води. Тому пропонується використовувати вагопроводи на водяному мастилі або герметично закриті спеціальні канати, які не потребують змащування. Скидання побутових і фекальних стічних вод у русло р. Дніпро виключається.

Під час розробки родовища порушується цілісність піщаного ґрунту. Враховуючи досить спокійний характер течії р. Дніпро, спосіб складування ґрунту і типи механізмів, що застосовуються, можна передбачити, що зона підвищеної каламутності у річці буде тимчасовою та незначною за площею.

Для максимального зменшення навантаження на іхтіофауну роботи виконуються у міжнерестовий період.

Оцінка впливу на геологічне середовище

Вплив на геологічне середовище пов'язаний з видобуванням корисної копалини. Прояви екзогенних геологічних явищ можливі лише в межах кар'єрного поля. Для їх попередження у проекті розробки родовища закладені відповідні технічні рішення, що забезпечують безпеку виконання робіт на кар'єрі. Враховуючи геологічну і гідрологічну характеристику території, небезпечні геологічні процеси на суміжній території не передбачаються (обвали, зсуви, суфозія, ерозійні процеси). Активація ендогенних процесів у результаті експлуатації кар'єру не передбачається.

Основними вимогами щодо охорони та раціонального використання надр під час експлуатації кар'єру є:

– дотримання встановленого порядку надання надр у користування, недопущення самовільного користування надрами;

Таблиця 1

Об'єкт впливу	Елемент впливу	Вид та характер можливого впливу	Остаточний вплив	Необхідні заходи
Поверхневі і ґрунтові води	Стік води з тимчасових складів	Забруднення біогенними речовинами і стічними водами	Погіршення якості води	Здійснення комплексу заходів з перехоплення поверхневого стоку
Ділянка русла р. Дніпро	Водність	Відновлення гідрологічного режиму	Покращення якості води	Розчистка
	Іхтіофауна, в тому числі рибні ресурси	Підвищення мутності води, зменшення кормової бази	Тимчасове порушення з наступним відновленням умов проживання	Зменшення мутності води, компенсація втрат кормової бази, створення зимувальних ям
Ґрунти	Донні відклади	Розробка донних відкладів земснарядом	Виїмка донних відкладів	Складування донних відкладів на території тимчасового складу

– застосування раціональних, екологічно безпечних технологій видобування корисної копалини і вилучення наявних у них компонентів, що мають промислове значення, недопущення наднормативних витрат і погіршення якості корисної копалини, а також недопущення вибіркового відпрацювання кращих за якістю ділянок родовища, що може призвести до втрат корисної копалини у цілому.

Оцінка впливу на рослинний і тваринний світ, заповідні об'єкти

Розробка родовища не супроводжуватиметься відчутним погіршенням стану повітряного середовища, скидами токсичних речовин. Вплив на рослинний світ за рахунок забруднення повітряного середовища незначний, через невеликі концентрації забруднюючих речовин навіть.

Рослинний і тваринний світ поряд з кар'єром не відчуватиме особливого навантаження. Помірний вплив на тваринний світ відбувається за рахунок техногенного шуму від роботи техніки. На стан рослинних угрупувань, фауни, видової різноманітності за межами кар'єру розробка родовища впливу не матиме. Додаткові заходи для охорони рослинного і тваринного світу не потрібні. У зоні впливу господарської діяльності відсутні об'єкти природно-заповітного фонду, і території є перспективними для заповідання.

Головні висновки. Проаналізувавши фактори впливу розробки ділянки Змагайлівська Змагайлівського родовища пісків на оточуюче середовище, необхідно зазначити, що основний вплив розробки кар'єру здійснюється на геологічне середовище і ґрунти, а також на водне і повітряне середовище.

Загалом за умови нормальної експлуатації кар'єру інтегральний вплив на більшість компонентів природного середовища, з урахуванням вжиття усіх передбачених проектом захисних рішень, оцінюється як незначний. Соціальні наслідки даного проекту мають виражений позитивний характер. Вплив на техногенне середовище також слід визнати позитивним.

Економне витрачання природних і сировинних ресурсів – найважливіша умова раціонального природокористування, а також запобігання забруднення навколишнього середовища та його деградації. Це повинно досягатися раціональним скороченням втрат природних матеріалів на усіх етапах: видобуток, транспортування, переробка, зберігання і використання отриманої продукції.

Основними джерелами викиду шкідливих речовин в атмосферу та водну акваторію під час проведення видобувних робіт гідромеханізованим способом є пересувні плавучі засоби. Стаціонарні джерела викидів при видобутку пісків не передбачаються.

Сумарна питома активність природних радіонуклідів пісків складає 11,4–53 Бк/кг. Піски Змагайлівської ділянки Змагайлівського родовища належать до I класу порід за радіоактивністю та згідно з вимогами ДБН В.1.4-1.01-97 «Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні» можуть використовуватись для всіх видів будівництва без обмежень.

Під час застосування технології видобування гідромеханізованим способом з безпосереднім навантажуванням видобутого піску в плавучі транспортні засоби будуть мати місце технологічні втрати пилоподібних, мулистих та глинистих часток.

Треба зазначити, що видобуток піску в межах родовища буде сприяти збільшенню пропускної здатності русла р. Дніпро в паводковий період. Для запобігання негативних наслідків слід контролювати річний видобуток і за потреби накладати мораторій або частково призупиняти видобування.

ДКЗ рекомендувало ВАТ «Черкасибудматеріали» проводити постійний екологічний моніторинг стану навколишнього природного середовища, а результати моніторингу враховувати під час складання плану розвитку гірничих робіт.

Література

1. Беркович К.М., Злотина Л.В. Расчёт стабильности речных русел в условиях антропогенной нагрузки. *География и природные ресурсы*. 2003. № 2. С. 117–122.
2. Екологічний моніторинг (Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги) / Упорядники: Тимочко Т.В., Куруленко С.С., Мальований М.С. Ніжин : ТОВ Вид. «АспектПоліграф», 2008. 36 с.
3. Зеркалов Д.В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль : Посібник / Д.В. Зеркалов. Київ : КНТ, Дакор, Основа, 2007. 412 с.
4. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Київ – Львів : «Центр Європи». тт. 1–2. 2005.
5. Ободовський О.Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). Київ : Ніка-Центр, 2001. 274 с.
6. Чупат Н.А. Звіт про дорозвідку і переоцінку пісків Змагайлівського родовища з ціллю забезпечення сировиною Черкаський завод силікатних виробів Черкаського району Черкаської області України. КГЕ «Укргеолстром». Київ, 1990.
7. Encyclopedia of Geomorphology: Volume 1(A-I) / Edited by A.S. Goudie. Taylor & Francis e-Library, 2006.
8. Winkler S., Zessner M., Saracevic E., Ruzicka K., Flejchmann N., Wegricht U. Investigative monitoring in the context of detecting anthropogenic impact on an epipotamal river. *Water Science and Technology*. 2008. 57 (7). P. 1023–1030.

БІБЛІОГРАФІЯ

Економіка земельного ринку: базові засади теорії, методології, практики : монографія / А.М. Третяк, В.М. Третяк, О.Ф. Ковалишин, Н.А. Третяк. Львів : СПОЛОМ, 2019. 486 с.

Висвітлено особливості землі як економічного ресурсу в суспільних відносинах та суть ринкових земельних відносин, земельний ринок як форму організації земельних відносин, теорію формування і розвитку економіки земельного ринку, соціально-економічні закони розвитку ринкових земельних відносин, економіку земельного ринку як основу комплексного аналізу земельних відносин, теорію іституалізації економіки земельного ринку. Сформульовано поняття та суть земельних ділянок, землеволодіння і землекористування в Україні як товару і капіталу у ринковій економіці, загальну модель земельного ринку як інституту та механізму управління капіталізацією і ростом економіки землекористування. Розкрито особливості формування земельного ринку в Україні та його розвитку. Досліджено законодавчо-нормативне забезпечення земельного ринку, інфраструктуру земельного ринку. Обґрунтовано роль землеустрою під час підготовки об'єктів земельного ринку для задоволення попиту. Досліджено організацію системи попиту та пропозицій на земельному ринку, ринкову та неринкову оцінку вартості об'єктів земельного ринку, ринкові угоди та трансакційні витрати, сутність, структуру, функції й особливості ринку земельних ділянок власників земельних часток (паїв), особливості формування ринку обігу земельних ділянок власників земельних часток (паїв).

Для наукових працівників, аспірантів, фахівців землевпорядних, природоохоронних та інших органів виконавчої влади і місцевого самоврядування, студентів вищих навчальних закладів.

Третяк В.М. Місце і роль А.М. Третяка у формуванні та розвитку земельної галузі України: наука, законодавство, виробництво, освітянство : монографія. Київ : ФОП Ямчинський О.В., 2019. 412 с.

Висвітлено багатогранність особистості А.М. Третяка як вченого, освітянина, законотворця, громадського діяча та популяризатора наукових знань. Висвітлено основні дати життя та діяльності А.М. Третяка. Розкрито багатовекторність земельної галузі України в наукових розробках А.М. Третяка, зокрема: концептуальні положення А.М. Третяка в науковій сфері «Земельні відносини»; Концептуальні положення А.М. Третяка в науковій сфері «Землеустрій»; Концептуальні положення А.М. Третяка в науковій сфері «Земельний кадастр»; Концептуальні положення А.М. Третяка у науковій сфері «Екологія землекористування»; Роль А.М. Третяка в становленні та формуванні оцінки земель в Україні. Досліджено основні віхи розвитку земельної сфери України в проблематиці наукових досліджень А.М. Третяка різних періодів його діяльності, зокрема: започаткування реформування земельних відносин та системи землекористування (виробничо-науковий період А.М. Третяка – 1989–1996 рр.); закладання основ розвитку нових земельних відносин, земельного кадастру, землеустрою та земельного ринку в Україні (законотворчий період А.М. Третяка – 1996–2000 рр.); реформування системи землевпорядного виробництва (науково-виробничий період А.М. Третяка – вересень 2000 – березень 2001 рр.); розвиток теоретичних засад землеустрою та землевпорядного проектування і закладання основ економіки землекористування (науковий період А.М. Третяка – 2001–2007 рр.); вдосконалення земельних відносин та системи землекористування і їх інституціоналізація та стандартизація (законотворчо-науковий період А.М. Третяка – 2008–2009 рр.); напрями і заходи з формування земельного устрою України, капіталізації та екологізації землекористування як складників сучасної земельної реформи (науково-педагогічний період А.М. Третяка – 2010 р. і понині). Висвітлено наукову діяльність А.М. Третяка та його роль у розбудові земельної галузі України через функціонування, відновлення та створення відповідних наукових установ у галузі. Досліджено освітянську діяльність А.М. Третяка (педагогічну, просвітницьку та громадську). Проведено хронологічний покажчик наукових праць Третяка Антона Миколайовича (1977–2019 роки).

Для наукових працівників, аспірантів, фахівців землевпорядних, природоохоронних та інших управлінських органів виконавчої влади і місцевого самоврядування, студентів вищих навчальних закладів.

Біотехнологія з основами екології : навчальний посібник / І.М. Трохимчук, Н.В. Плюта, І.П. Логвиненко, Р.М. Сачук. Київ : Кондор, 2019. 304 с.

У навчальному посібнику «Біотехнологія з основами екології» розглянуто найновіші досягнення генетичної науки, біотехнології та екології, стрімкий розвиток знань в області молекулярної генетики, мікробіології та ензимології, а також властивості, структуру, взаємозв'язки складних природних та антропогенно-змінених систем, реальні екологічні ситуації і проблеми, які виникають у довкіллі внаслідок антропогенної діяльності. Описано методи та інструменти системного аналізу якості навколишнього середовища. Обґрунтовано шляхи вирішення складних екологічних проблем та охарактеризовано методологію і методи захисту довкілля. Проаналізовано необхідність екологізації антропогенної діяльності та впровадження елементів «більш чистого виробництва» в Україні для забезпечення якісного екологічно безпечного навколишнього середовища в умовах сталого розвитку. Навчальний посібник розроблено для студентів вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації на здобуття ступеня бакалавра з галузі знань 10 «Природничі науки», спеціальності 101 «Екологія» і 104 «Біологія» і розрахований на вивчення дисципліни, які є складниками фундаментальної підготовки.

Гончаренко М.С., Бойчук Ю.Д. Екологія людини. Київ : Університетська книга, 2019. 391 с.

Викладена сучасна теорія розуміння феномену людини з екологічних, біологічних, соціальних і філософських позицій. Людина розглядається як космопланетарний феномен. Досліджується взаємодія людини з навколишнім середовищем з урахуванням прямих і зворотних зв'язків цієї взаємодії. У посібнику викладений холістичний підхід до пізнання людини як біоенергоінформаційної системи, що є основою спрямованого управління процесами життєдіяльності, оптимізації обміну з навколишнім середовищем, нових підходів до боротьби з хворобами, збереження та зміцнення здоров'я, духовної еволюції людини як єдиного шляху спасіння від екологічного апокаліпсису. Розрахований на студентів екологічних, біологічних, психологічних, соціологічних, географічних, медичних, валеологічних та інших спеціальностей, де викладаються курси «Екологія людини», «Соціальна екологія» та інші дисципліни з екології та людинознавства. Буде корисний викладачам, аспірантам, вчителям та учням шкіл різного типу.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Адамчук Валерій Васильович (Київ) – доктор технічних наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, Навчально-науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України.

Бакуменко Володимир Геннадійович (Київ) – головний спеціаліст Відділу адміністративних послуг та дозвільних документів Державного агентства рибного господарства України.

Бошков Леонід Зіновійович (Одеса) – кандидат технічних наук, доцент, Одеська національна академія харчових технологій.

Бошкова Ірина Леонідівна (Одеса) – доктор технічних наук, професор, Одеська національна академія харчових технологій.

Василенко Інна Анатоліївна (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет».

Васильєва Тетяна Володимирівна (Одеса) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри ботаніки біологічного факультету Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.

Виговська Ганна Павлівна (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Мінприроди України.

Вишневський Віктор Іванович (Київ) – доктор географічних наук, професор, головний наук. співр., Інститут водних проблем і меліорації НААН.

Власюк Тетяна Вікторівна (Київ) – студентка Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Мінприроди України.

Войтюк Юлія Юріївна (Київ) – кандидат геологічних наук, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України.

Волгушева Наталя Вікторівна (Одеса) – кандидат технічних наук, доцент, Одеська національна академія харчових технологій.

Воровка Володимир Петрович (Мелітополь) – доктор географічних наук, доцент, завідувач кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.

Дем'янюк Олена Сергіївна (Київ) – доктор сільськогосподарських наук, Інститут агроекології та природокористування Національної академії аграрних наук України.

Жукаускас Сергій Вікторович (Київ) – заступник начальника управління з питань оцінки впливу на довкілля та дозвільно ліцензійної діяльності і контролю Мінприроди України.

Іванець Олег Романович (Львів) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри зоології, Львівський національний університет імені Івана Франка.

Кияшко Володимир Тимофійович (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри публічного управління для сталого розвитку та екологічного менеджменту Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Коваленко Світлана Георгіївна (Одеса) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри ботаніки біологічного факультету Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.

Косенко Вікторія Романівна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних систем та технологій Національного транспортного університету.

Кураєва Ірина Володирівна (Київ) – доктор геологічних наук, професор, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України.

Купчик Лідія Андріївна (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий дослідник, старший науковий співробітник, Інститут сорбції та проблем ендоекології Національної академії наук України.

Литвинюк Леонтій Каленикович (Київ) – кандидат технічних наук, Навчально-науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України.

Максименко Ольга Олександрівна (Київ) – керівник ТОВ «Лідер Еко».

Машков Олег Альбертович (Київ) – доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, проректор з наукової роботи Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Моргунов Едуард Іванович (Київ) – кандидат фізико-математичних наук, Науково-виробниче підприємство Інститут аналітичних методів контроля.

Немерцалов Володимир Володимирович (Одеса) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри ботаніки біологічного факультету Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.

Нігородова Світлана Анатоліївна (Київ) – Національний Координатор Програм грантів ГЕФ.

Поліщук Михайло Миколайович (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної кібернетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Рябуха Людмила Сергіївна (Київ) – інженер відділу екологічної безпеки регіональної філії «Південно-Західна залізниця» АТ «Укрзалізнця», здобувач магістерського ступеню Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Середа Роман Миколайович (Київ) – студент Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Скиба Маргарита Іванівна (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет».

Солодка Антоніна Василівна (Одеса) – кандидат технічних наук, асистент, Одеська національна академія харчових технологій.

Тимошенко Михайло Миколайович (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри екології та екологічного контролю Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Титаренко Марина Василівна (Київ) – молодший науковий співробітник, Інститут сорбції та проблем ендоекології Національної академії наук України.

Хлівний Олександр Миколайович (Київ) – здобувач магістерського ступеню в ДЗ «ДЕА», провідний інженер з метрології Київського науково-дослідного інституту судових експертиз Міністерства юстиції України.

Хохлов Андрій Вікторович (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий дослідник, старший науковий співробітник, Інститут сорбції та проблем ендоекології Національної академії наук України.

Хохлова Людмила Йосипівеа (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий дослідник, старший науковий співробітник, Інститут сорбції та проблем ендоекології Національної академії наук України.

Чупринов Євген Валерійович (Кривий Ріг) – кандидат технічних наук, доцент кафедри металургійних технологій Криворізького металургійного інституту Національної металургійної академії України.

Шатрова Ольга Олександрівна (Київ) – студентка Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Шевчук Сергій Анатолійович (Київ) – кандидат технічних наук, старший наук. співр., завідувач відділення, Інститут водних проблем і меліорації НААН.

Наукове видання

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ **3(26)**

- ***Екологія і виробництво***
- ***Проблеми еколого-збалансованого розвитку***
- ***Зміна клімату***
- ***Екологія та економіка природокористування***
- ***Біологічна безпека***
- ***Теоретико-методологічні питання в галузі охорони довкілля***
- ***Розвиток природно-заповідного фонду України***
- ***Збереження біорізноманіття***
- ***Інноваційні аспекти підвищення рівня екобезпеки***
- ***Поводження з відходами***
- ***Сторінка молодого вченого***

Адреса редакції:
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;
тел./факс (+38 044) 206-30-34;
www.ecoj.dea.kiev.ua
e-mail: info@ecoj.dea.kiev.ua

Видавничий дім «Гельветика»
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.

Підписано до друку 10.06.2019. Формат 64x90/8.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум.-друк. арк. 22,55. Тираж 100. Замовлення № 0919/186.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета