



**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:  
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ. ЗБАЛАНСОВАНЕ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**VIII Міжнародний конгрес  
16-18 жовтня 2024, Україна, Львів**

**Збірник матеріалів**



**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:  
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.  
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

VIII МІЖНАРОДНИЙ КОНГРЕС  
16-18 жовтня 2024, Україна, Львів

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

Київ  
ГО «МНГ»  
2024



Міністерство освіти і науки України  
Львівська обласна державна адміністрація  
**Національний університет «Львівська політехніка»**  
Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола  
Західний науковий центр НАН України і МОН України  
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:  
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.  
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

VIII МІЖНАРОДНИЙ КОНГРЕС  
16-18 жовтня 2024, Україна, Львів

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

Київ  
ГО «МНГ»  
2024

УДК 591.663

С 76

DOI <https://doi.org/10.56287/8285-40-1>



**Організатори VII Міжнародного конгресу:**

Міністерство освіти і науки України  
Львівська обласна державна адміністрація  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола  
Західний науковий центр НАН України і МОН України  
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

С 76      **Сталий розвиток:** захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VIII Міжнародний конгрес, 16-18 жовтня 2024, Україна, Львів : Збірник матеріалів — Київ : ГО «МНГ», 2024. — 237 с. : рис., табл., фот. — on-line.

ISBN 978-617-8285-40-1 (on-line)

Збірник матеріалів VIII Міжнародного конгресу відображає наукові дослідження авторів у сфері: екології, екологічної та цивільної безпеки, туризму, підприємництва та біржової діяльності. Всі матеріали подано в авторській редакції. Відповідальність за точність поданих фактів, цитат, цифр і прізвищ несуть автори.

**УДК: 591.663**

ISBN 978-617-8285-40-1 (on-line)

© Авторський колектив, 2024  
© НУ «Львівська політехніка», 2024  
© ГО «МНГ», 2024

## НАУКОВО-ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Мальований Мирослав	Масікевич Юрій
Гумницький Ярослав	Нагурський Олег
Адаменко Ярослав	Нгуєн Куанг Трі
Атаманюк Володимир	Некос Алла Іванівна
Боголюбов Володимир	Параняк Роман
Варчол Йоланта	Петрук Василь
Волошкіна Олена	Петрус Роман
Внукова Наталія	Пляцук Леонід
Голік Юрій	Попович Василь
Гонца Марія	Рильський Олександр
Гречаник Руслан	Сафранов Тимур
Длугогорський Богдан	Теребух Андрій
Дячок Василь	Тимочко Тетяна
Зинюк Олег	Шмандій Володимир
Зеленько Юлія	Юрченко Валентина
Карамушка Віктор	Юзвяковські Криштоф
Ковальська Беата	Яжевіч Івона
Ковальський Даріуш	Жичинська Анна
Крусір Галина	Лутек Войцех

## ОРГКОМІТЕТ

### **Голова:**

Мороз Олександр

### **Заступники голови:**

Мальований Мирослав

Попович Олена

### **Члени оргкомітету:**

Вронська Наталія

Тимчук Іван

Іващук Олександр

Мараховська Анастасія

Слюсар Віра

## ЗМІСТ

стор.

### СЕМІНАР 1 «ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ, ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРИЗНОМАНІТТЯ, МОНІТОРИНГ, АУДИТ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ»

1.	<b>DAVYVIDA L.</b> WATER BALANCE CALCULATIONS USING GOOGLE EARTH ENGINE (THE CASE OF THE DNIESTER RIVER BASIN).....	17
2.	<b>МИКИЦЕЙ М.Т.</b> НЕВИРШЕНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ НА ЗЕМЛЯХ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УКРАЇНІ.....	18
3.	<b>МИКИЦЕЙ М.Т.</b> ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦІЛЬОВОЇ ПРОСТОРОВО-ДИНАМІЧНОЇ МЕРЕЖІ ДІЛЯНОК (ПОЛІГОНІВ).....	19
4.	<b>МАЦ А.Д., МІТРЯСОВА О.П., СМІРНОВ В.М.</b> ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД В АКВАТОРІЇ МІСТА МИКОЛАЄВА.....	20
5.	<b>МАКАРЕНКО І.О., СЕРПЕНІНОВА Ю.С., ФОМІНОВ Р.М.</b> ЗВІТНІСТЬ ПРО СТАЛІЙ РОЗВИТОК: ВИКЛИКИ ДЛЯ УКРАЇНИ НА ШЛЯХУ ІНТЕГРАЦІЇ ДО ЄС.....	21
6.	<b>УБЕРМАН В.І., ВАСЬКОВЕЦЬ Л.А.</b> ПРОБЛЕМИ ГАРМОНІЗАЦІЇ ВОДНОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ТА ЄС І СТАЛЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ.....	22
7.	<b>СИДОРЕНКО В.Л., ДЕМКІВ А.М.</b> АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОЛОГІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ.....	23
8.	<b>ЛУКАШОВ Д.В., ТЕСЬОЛКІНА Т.С.</b> ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БІОГЕОХІМІЧНОЇ СИСТЕМИ МІГРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В УМОВАХ ШИРОКОЛИСТЯНИХ ЛІСІВ СЕРЕДНЬОГО ПРИДНІПРОВ'Я.....	24
9.	<b>САКУН А.О., ПІТАК Р.О., ЧІКІРЯКІН К.В.</b> ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ ЗБИТКІВ ЗАВДАНИХ ЛІСОВОМУ ФОНДУ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ.....	25
10.	<b>АДАМЕНКО Я.О., АДАМЕНКО С.Я.</b> ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО РИЗИКУ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ ПІД ЧАС ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ.....	26
11.	<b>САФРАНОВ Т.А., ДЬЯЧЕНКО М.Ю.</b> ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ: СТАН І ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ.....	27
12.	<b>MASIKEYUCH Yu., MASIKEYUCH A., BURDENYUK I.</b> MONITORING STUDIES OF THE SANITARY AND HYGIENIC CONDITION OF THE DNISTER RIVER AS A NECESSARY CONDITION FOR ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE REGION.....	28
13.	<b>ПЕТРУШКА К.І., ПЕТРУШКА І.М.</b> ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА ЇХ СПОЛУК У ҐРУНТІ ПІСЛЯ ВИБУХУ СКАНУЮЧОЮ ЕЛЕКТРОННОЮ МІКРОСКОПІЄЮ.....	29
14.	<b>ПЕТРУШКА І.М, ГЛУХОВЕЦЬКИЙ Я.В., МУШИНСЬКИЙ В.О.</b> ВПЛИВ КОМПОНЕНТІВ РАКЕТНОГО ПАЛИВА В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	30
15.	<b>ЛИТВИН А.О., СМІСЛОВА А.Е.</b> ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА НИТКОПОДІБНИХ КРИСТАЛІВ: ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	31

16.	<b>ПРИХОДЬКО В.Ю., САФРАНОВ Т.А.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЗМІН УТВОРЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ.....	32
17.	<b>БЛАЖІВСЬКА О.Я.</b> ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД У МЕЖАХ БАСЕЙНУ Р. РАТИ.....	33
18.	<b>СКИБА Т.К.</b> ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ.....	34
19.	<b>СКИБА В.П., ВОЗНЮК Н.М.</b> ЯКІСТЬ ВОДИ ЯК ІНДИКАТОР СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	35
20.	<b>БУДНІК С.В.</b> ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ, КЛІМАТУ ТА МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАНЬ.....	36
21.	<b>ІВАНЕНКО М.К., РИЛЬСЬКИЙ О.Ф.</b> КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПІДХОДУ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ.....	37
22.	<b>КРИХОВЕЦЬ О.В., СЛОБОДЯНИК В.Г.</b> МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОРОЗКЛАДНИХ ПЛІВОК НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ І КРОХМАЛЮ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ПАКУВАННЯ.....	38
23.	<b>САЛАМАХА І.Ю., ГОРДІЙЧУК Л.М., ГОРДІЙЧУК Н.М., ЛИСАК Г.А.</b> ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, УТВОРЕНИХ УНАСЛІДОК ВІЙНИ В УКРАЇНІ.....	39
24.	<b>RADOMSKA M., HUZ V.</b> THE PROSPECTS OF FORMATION OF ECOLOGICAL NETWORK FOR THE CITY OF KYIV.....	40
25.	<b>ЗІНЧУК Д.В., ВРОНСЬКА І.Ю., ГУБАРИК В.А., МАСЛОВСЬКА О.Д., ГНАТУШ С.О.</b> ФІТОСТИМУЛЮВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ БАКТЕРІЙ, ВИДІЛЕНИХ З ЕНДОСФЕРИ SOLOVANTHUS QUITENSIS (KUNTH) BARTL. (О. КІНГ-ДЖОРДЖ, МОРСЬКА АНТАРКТИКА).....	41
26.	<b>КОТИК С.Я., ПОПОВИЧ О.Р.</b> ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ВРАЗЛИВОСТІ МІСТ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН.....	42
27.	<b>БІЛОУС Р.І., ПОПОВИЧ О.Р.</b> ВПЛИВ КЛІМАТУ НА ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ.....	43
28.	<b>ТРЕТЯК С.Ю., МАКСИМЮК А.Б., ПОПОВИЧ О.Р.</b> ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА МІКРОПЛАСТИКОМ.....	44
29.	<b>ПЕТРУШКА К.І., МАКСИМЮК А.Б., СКУРЧАНСЬКИЙ Р.О.</b> ВПЛИВ РАКЕТНИХ ОБСТРІЛІВ НА СТАЛІЙ РОЗВИТОК.....	45
30.	<b>DZHUMELIA E., DZHUMELIA V., КОСЧАН О.</b> CORRELATION ANALYSIS OF WATER QUALITY INDICATORS IN THE BORDER AREAS OF ZAKARPATTIA, LVIV AND VOLYN ADJACENT TO SLOVAKIA AND POLAND.....	46
31.	<b>МІНЯЙЛО А.А., АРТИШКО М.В.</b> ШКОДА ТА ЗБИТКИ ЗАВДАНІ НАВКОЛИШНЬОМУ ПРИРОДНЬОМУ СЕРЕДОВИЩУ ВІЙСЬКОВИМИ ДІЯМИ РФ.....	47
32.	<b>ОМЕЛИЧ І.Ю., САВОТЧЕНКО О.М., НЕПОШИВАЙЛЕНКО Н.О., МИХАЛЕВИЧ С.С.</b> ВПЛИВ СТИХІЙНИХ СМІТНІТКІВ ТА ЗВАЛИЩ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ У ПРИБРЕЖНІЙ ЗАХИСНІЙ СМУЗИ РІЧКИ ОРЛІЬ.....	48
33.	<b>ВРОНСЬКА І.Ю., ЗІНЧУК Д.В., БУНЯК В.Г., КОМПЛІКЕВИЧ С.Я., МАСЛОВСЬКА О.Д., ГНАТУШ С.О.</b> ВПЛИВ ІЗОЛЯТИВ З ЗОНИ РИЗОСФЕРИ SOLOVANTHUS QUITENSIS (KUNTH) BARTL. (О. КІНГ-ДЖОРДЖ, МОРСЬКА АНТАРКТИКА) НА ПОКАЗНИКИ РОСТУ ПШЕНИЦІ.....	49
34.	<b>MALYNOVSKY V., MÍTINA N.</b> PRODUCTION OF SOIL MICROBIOME IMPROVER BY AEROBIC COMPOSTING.....	50
35.	<b>ЛІННИК Д.О., ГРИЦУЛЯК Г. М.</b> ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ТОНКОДИСПЕРСНИМ ПИЛОМ.....	51

36.	<b>БОРДУН М.І., СОКОЛОВСЬКИЙ Я.І.</b> ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ РІЧОК З ВИКОРИСТАННЯМ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО МЕТОДУ .....	52
37.	<b>ХЛОБИСТОВ Є.В., СОВА Л.О.</b> ДИНАМІКА ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ БІОТОПІВ КОРОСТИШІВСЬКОГО КАР'ЄРУ ТА ЙОГО ПРИБЕРЕЖНИХ СИСТЕМ.....	53
38.	<b>КОЛМАКОВА В.М.</b> ОБГРУНТУВАННЯ ВАРТІСНОГО ВИМІРУ ОЦІНЮВАННЯ ЗБИТКІВ ПРИРОДНИМ РЕСУРСАМ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ.....	54
39.	<b>СОЧЕНИНОВА І.О., МАГАСЬ Н.І.</b> АНАЛІЗ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У М. МИКОЛАЇВ ДО ТА ПІСЛЯ ПОВНОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ РФ НА ТЕРИТОРІЮ УКРАЇНИ.....	55
40.	<b>ГАНЧУК М.М., ГАНЧУК К.О., ШАБАНОВ Д.І.</b> АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ АНОМАЛІЙ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ МЕТОДАМИ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ.....	56
41.	<b>МАГАСЬ Н.І.</b> ОЦІНКА ВПЛИВУ ВОДОГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ГІДРОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКИ СИНЮХА.....	57
42.	<b>ВАСЮТИНСЬКА К.А.</b> ОЦІНКА АСИМІЛЯЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ МІСЬКИХ ЗЕЛЕНИХ ЗОН ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ РІЗНОГО РІВНЯ ЕКОЛОГО-ДЕМОГРАФІЧНОЇ УРБАНІЗАЦІЇ.....	58
43.	<b>GERASIMENKO O., ВОНАСНОВА O., DELIA N.</b> LICHENOBIOMONITORING OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION AS A METHOD FOR PREVENTING ENVIRONMENTAL RISKS.....	59
44.	<b>ДЯЧУК П.П., АНТОНЮКОВ О.В.</b> НАСАДЖЕННЯ МЕДОНОСИ В ЛІСАХ ФІЛІЇ «КОРОСТЕНСЬКЕ ЛІСОМИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО» ДСГП «ЛІСИ УКРАЇНИ».....	60
45.	<b>НИЖНИК Т.Ю., СТІКАЛЕНКО Т.В.</b> АЛГОРИТМ ВИКОРИСТАННЯ ПОХІДНИХ ПГМГ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ У ВОДОПОСТАЧАННІ.....	61
46.	<b>РИЧАК Т.Л., АРХИПОВА Л.М.</b> ОСОБЛИВОСТІ САМООЧИЩЕННЯ ВОД БУРШТИНСЬКОЇ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА.....	62
47.	<b>ПЕРЕБИНОС А.Р.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВИЗНАЧЕННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	63
48.	<b>ВОЛІВАЧ Т.І., ПЕТРУШКА І.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ.....	64
49.	<b>ГРИГА М.Ю.</b> ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ЗМІНИ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДНІПРА.....	65
50.	<b>КУЗЬМШИНА І.І., МЕРЛЕНКО Н.О., ДЯКІВ С.В., МЕРЛЕНКО І.М., БЕЗСМЕРТНА О.О.</b> ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ФЛОРИ КІВЕРЦІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ЦУМАНСЬКА ПУЩА».....	66
51.	<b>ГОРБАЧ В.В.</b> АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ТРАКТУВАННЯ ПОНЯТТЯ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОГО РОЗВИТКУ.....	67
52.	<b>БОЯРИН М.В., ЦЬОСЬ О.О.</b> ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЗФ ВЕРХІВ'Я БАСЕЙНУ РІЧКИ ПРИП'ЯТЬ НА ВОЛИНІ.....	68
53.	<b>МУДРАК О.В., МАГДІЙЧУК А.П.</b> ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ГІРНИЧО-ПРОМИСЛОВИХ ЛАНДШАФТІВ В КОНТЕКСТІ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗЕЛЕНОГО КУРСУ.....	69
54.	<b>ДОЧИНЕЦЬ В.В., ШУПЛАТ Т.І., ПОПОВИЧ В.В.</b> ПРОБЛЕМА ПОВОДЖЕННЯ ІЗ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ У ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ПРИЧИНИ, НАСЛІДКИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ.....	70



55.	<b>ІВАНЦІВ Я.В., ФЕДОНЮК В.В., ФЕДОНЮК М.А.</b> РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОЇ КАРТИ «КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ В ЧЕРЕМСЬКОМУ ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ».....	71
56.	<b>БОГОЛЮБОВ В.М., БОНДАРЬ В.І., КЛЕПКО А.В.</b> СТАЛИЙ СІЛЬСЬКИЙ РОЗВИТОК І ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДИ В УКРАЇНІ.....	72
57.	<b>ІЛЯШЕВИЧ В.В., ШУПЛАТ Т.І., ПОПОВИЧ В.В.</b> ОСОБЛИВОСТІ ПОСТПРОГЕННОГО ВІДНОВЛЕННЯ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	73
58.	<b>МОКРИЙ В.І., АРУСТАМЯН Е.М., БОНДАРЬ В.І., ПЕТРУШКА І.М., ПИЛИГ'ЮК Ю.В.</b> ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ ПІВНІЧНОГО ПОДІЛЛЯ.....	74
59.	<b>МЕЛЬНИК Є.Є., БОНДАР О.Б.</b> ВАЖЛИВІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ ПОЖЕЖ НА ТЕРИТОРІЯХ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	75
60.	<b>БУНЯК В., ГУБАРИК В., ВРОНСЬКА І., КОМПЛІКЕВИЧ С., МАСЛОВСЬКА О., ГНАТУШ С.</b> ВЛАСТИВОСТІ БАКТЕРІЙ, ВИДІЛЕНИХ ІЗ РИЗОСФЕРИ <i>SOLOVANTHUS QUITENSIS</i> (KUNTH) BARTL. (О. ДЕСЕПШН, МОРСЬКА АНТАРКТИКА).....	76
61.	<b>ПОПОВИЧ В.В., КОПИЛОВ В.П., ПОПОВИЧ Н.П.</b> АНАЛІЗ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГІДРОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ ВЕЛИКОГО МІСТА.....	77
62.	<b>МАЄР Т., ОДНОРИГ З.</b> ЗДІЙСНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ВЕРЕЩИЦЯ.....	78
63.	<b>ЮРЧЕНКО В.О., ПРОСКУРНІН О.А., ЦАПКО Н.С., МЕЛЬНИК С.В.</b> ВПЛИВ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ НА СТАН ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЧЕРЕЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ НІТРОГЕНВМІСНИМИ РЕЧОВИНАМИ.....	79
64.	<b>МОХОНЬКО В.І., КОРЧУГАНОВА О.М., НОВІКОВА А.М.</b> ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗБЕРІГАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ НА ПОЛІГОНАХ.....	80
65.	<b>ТЕРЕБУХ А.А., РОЇК О.Р., ПАНЬКІВ Н.Є., ІЛЬНИЦЬКА-ГИКАВЧУК Г.Я.</b> ОЦІНКА СТРАТЕГІЧНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ НАПРЯМІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ.....	81
66.	<b>КОРОЛЬ К.А., ПОПОВИЧ В.В.</b> АНАЛІЗ ВПЛИВУ СМІТТЄЗВАЛИЩ НА ЕКОСИСТЕМИ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ.....	82
67.	<b>ЧУГАЙ А.В., НЕДОСТРЕЛОВ М.В.</b> ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН РЕГІОНІВ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ.....	83
68.	<b>ЧУГАЙ А.В., БСЛАШЕВА Л.Р.</b> ВИЗНАЧЕННЯ НЕКАЦЕНРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ М. ДНІПРО.....	84
69.	<b>ГОНТАРУК М.В., КОБИЛЕЦЬКА Т.В., ГУМЕНЮК Г.Б., СОКІЛ Б.Б.</b> АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД.....	85
70.	<b>МАЛЕТИЧ Р.М., ЛЮТА О.В.</b> НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «БОЙКІВЩИНА».....	86
71.	<b>ІЛЬІНА А.О.</b> ОЦІНКА РІВНЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ ОКРЕМИХ РАЙОНІВ МІСТА ОДЕСИ.....	87
72.	<b>МУЗИЧЕНКО О.С.</b> ДУБ ЧЕРВОНИЙ ( <i>QUERCUS RUBRA DU REI</i> ) У ЛІСОВИХ НАСАДЖЕННЯХ ФЛІПІ «КАМІНЬ-КАШИРСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО» ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ».....	88
73.	<b>ГНАТУШ С.О., МАСЛОВСЬКА О.Д., КОМПЛІКЕВИЧ С.Я.</b> ЗМІНА МІКРОБІОТИ ПОШКОДЖЕНИХ В РЕЗУЛЬТАТІ ВОЄННИХ ДІЙ ҐРУНТІВ.....	89

74.	<b>ТИМЧЕНКО І. В., КРИСІНСЬКА Д. О., ГУЛЕВЕЦЬ В. В.</b> СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ НАСЛІДКІВ ВОЄННИХ ДІЙ ДЛЯ ОСОБЛИВО ЦІННИХ ТЕРИТОРІЙ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	90
75.	<b>ГУМЕНЮК Г.Б., КОБИЛЕЦЬКА Т.В., ТРАЧ О.І.</b> АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПУБЛІКАЦІЙ ПО МЕТОДАХ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ.....	91
76.	<b>КАРАУЛОВ В.Д., ЮРАСОВ С.М.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТРИГАЦІЙНИХ ВОД.....	92
77.	<b>ЯКОВЛЄВ В.В., ДМИТРЕНКО Т.В.</b> ВИВЧЕННЯ НІТРАТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ КОЛОДЯЗНИХ ВОД У ХАРКІВСЬКОМУ РЕГІОНІ.....	93
78.	<b>КАРАМУШКА В.І., ШМАТКО А.І.</b> ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ПОЖЕЖ НА ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЯХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ 2021-2022 рр.....	94
79.	<b>KARAMUSHKA V., DEREVSKA K., SOVA L.</b> ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF THE RF MILITARY ACTIONS FOR THE OZERSKY QUARRY.....	95
80.	<b>ЧЕРНЯК Л.М., МАНЄЦЬКІ Т., МІХЄЄВ О.М., ДМИТРУХА Т.І., ЛАПАНЬ О.В.</b> ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АЕРОПОРТІВ.....	96
81.	<b>БЄЛОКОНЬ К.В., ЖАВОРОНКОВ М.А., ГОРДІЄНКО Д.Р.</b> ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗА ВМІСТОМ ПРІОРИТЕТНИХ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ МІСТА ЗАПОРІЗЖЯ.....	97
82.	<b>WIŚNIEWSKA E., KRYŁÓW M., POPENDA A.</b> MICROPLASTICS IN FINE FRATIONS OF ROAD DUST AND SOIL OF SELECTED TOWNS IN SOUTHERN POLAND.....	98
83.	<b>POPENDA A., KRYŁÓW M., WIŚNIEWSKA E.</b> ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT OF TRACE METALS AND PAHs IN SEDIMENTS.....	99
84.	<b>БОГОМАЗ О.В., ГЛЄБОВА А.О.</b> МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ.....	100
85.	<b>ВОЛОШИН В.С., БУТЕНКО Е.О.</b> КОНКУРЕНТНІ СПРОМОЖНОСТІ В СУЧАСНІЙ СИСТЕМІ «ЛЮДИНА-МАШИНА-НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ».....	101
86.	<b>ГАЧКЕВИЧ А.О.</b> ЕКОЛОГІЧНІ ПРАВА ЛЮДИНИ: ОНОВЛЕНА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ.....	102
87.	<b>ІВАНОВ Д.В.</b> ІНДЕКСУ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЯК ІНДИКАТОР УСПІХУ КРАЇНИ.....	103
88.	<b>КОЛОША В.П.</b> ІНДИКАТОРИ В СИСТЕМІ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ.....	104
89.	<b>ШИЯН Д.В.</b> СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО В СИСТЕМІ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	105

## **СЕМІНАР 2 «ВІДНОВЛЮВАНІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ»**

90.	<b>ЗАДІРАНОВ В.С.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ГЕОСТРУКТУР ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ.....	107
91.	<b>ХАЛІН В.П.</b> ПОТЕНЦІАЛ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЇ.....	108
92.	<b>ПЕТРУК В.Г., ПОЛИВ'ЯНЧУК А.П., ПЕТРУК Р.В., ПОЛИВ'ЯНЧУК Н.М., ГОНЧАРУК В.С.</b> ІННОВАЦІЙНІ ТОНКОПЛІВКОВІ ГЕЛІОТЕХНОЛОГІЇ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ.....	109
93.	<b>SOROKINA K.</b> PERSPECTIVES OF AN INTEGRATED APPROACH TO ORGANIC WASTE PROCESSING.....	110

94.	<b>СОКОЛОВА Т.І., КРУСІР Г.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С., СОКОЛОВА В.І.</b> БІОЧАРИ З ВІДПРАЦЬОВАНОЇ КАВОВОЇ ГУЩІ: ОТРИМАННЯ, ХІМІЧНІ ТА СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ.....	111
95.	<b>КОЗІН В.М., МАРЧЕНКО А.Ю.</b> ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ГЕЛІОПАНЕЛЕЙ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.....	112
96.	<b>KOROVUSHKIN V., DUBOVYK V.</b> PHOTOVOLTAIC POWER OUTPUT FORECASTING USING LSTM RECURRENT NEURAL NETWORKS.....	113
97.	<b>ДЛУГОПОЛЬСЬКИЙ О.В., ГУРИШ В.Є., ДЗІХ О.І.</b> РОЗВИТОК ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В КРАЇНАХ ЄС: ІНСТИТУЦІЙНА ПІДТРИМКА ТА ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ.....	114
98.	<b>МАНДРИК С.Т., ДЯЧОК В.В., ГУГЛИЧ С.І.</b> ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ У ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ТА НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ.....	115
99.	<b>УЛАНОВ М.М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВЕЛИКОМАСШТАБНОГО ВИРОБНИЦТВА НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОГО ВОДНЮ В УКРАЇНІ.....	116
100.	<b>ЛОРАСНАК М., НАВРІЛІАК Н., HERTSYK O., VOICHYSHYN L.</b> HYDROGEN EVOLUTION USING AMORPHOUS METAL ALLOY ELECTRODES IN RENEWABLE AND UNCONVENTIONAL ENERGY SOURCES.....	117
101.	<b>СТЕРЕНКО S.</b> ENSURING THE MAXIMUM EFFICIENCY OF THE AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC SYSTEMS.....	118
102.	<b>HRETSKYI I., MOKROUSOVA O., OLESHKO A., BUDYAKOVA O., FOMINA M.</b> INFLUENCE OF GLUCOSE AND XYLOSE ON THE ETHANOL PRODUCTION OF XYLOSE-FERMENTING YEASTS.....	119
103.	<b>ГНІДЕЦЬ А., МАЛЬОВАНІЙ М.</b> ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАЗЕМНИХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	120
104.	<b>СУХИЙ М.К., НЕФЕДОВ В.Г., ПОЛІЩУК Ю.В.</b> ТЕХНОЛОГІЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО ОТРИМАННЯ ВОДНЮ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ І КОАГУЛЯНТІВ.....	121
105.	<b>НЕЧИПОРУК Т.А., ДЯЧОК В.В., СТАДНИК О.</b> БІОЛОГІЧНА ФІКСАЦІЯ СО <sub>2</sub> МІКРОВОДОРОСТЯМИ.....	122
106.	<b>КІЗЄЄВ М.Д., ПРОЦЕНКО С.Б., КРАВЧЕНКО Н.В., НОВИЦЬКА О.С., ДЕБЕЛІЙ М.В.</b> ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА БІОГАЗОВОЇ СТАНЦІЇ НА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ М. ЛЬВІВ.....	123
107.	<b>РЯСНА О.В., ТИМОШЕНКО Г.А., ТОЛСТОНОГОВ Д.Р., НОВІКОВ М.Т.</b> ІННОВАЦІЇ ДЛЯ ВІТРОУСТАНОВКИ З НИЗЬКИМИ ОБЕРТАМИ.....	124
108.	<b>SHEVCHENKO D., HORAK Y., OBUSHAK M., PYSHNA D., SOBESHKO I.</b> ECOLOGICAL UTILIZATION OF PHARMACEUTICAL PRODUCTS AS AN NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCE.....	125
109.	<b>KULKO T., BODUNOV V., TERNOVSKYI R.</b> TOPOLOGICAL TASK OF DISTRIBUTED GENERATION PLACEMENT ACCORDING TO ENERGY- SAVING CRITERION.....	126
110.	<b>KICHURA D.</b> PROSPECTS OF RENEWABLE AND NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCES IN UKRAINE.....	127
111.	<b>KICHURA D.</b> ECOLOGICAL INDICATORS OF TRADITIONAL AND RENEWABLE ENERGY.....	128
112.	<b>КЕБАЛО І.Ю., ДЖУРА Н.М.</b> ВПЛИВ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ГРУНТІВ І ГУМАТІВ НА РІСТ КУКУРУДЗИ (ZEA MAYS L.) ГІБРИДУ ДОСТАТОК 300 МВ.....	129
113.	<b>БЛЬОК В.М., КАРАЧУН М.С., ТИМЧУК І.С.</b> БІОВОДЕНЬ, НОВЕ ЕКОЛОГІЧНЕ ПАЛИВО.....	130

114.	<b>БУЧКА А.В., ПРИХОДЬКО В.Ю.</b> ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ В КОНТЕКСТІ ВІДХОДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ: АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	131
115.	<b>ТОКАРЧУК D.</b> THE USE OF THE ENERGY POTENTIAL OF AGRICULTURAL WASTE TO INCREASE THE SUSTAINABILITY OF THE ENERGY SUPPLY OF ENTERPRISES.....	132
116.	<b>БЛОКІННА І.Д.</b> «ЗЕЛЕНІ» ЕНЕРГЕТИЧНІ КООПЕРАТИВИ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ.....	133
117.	<b>ОХОТА Ю.В.</b> ВИРОБНИЦТВО БІОМЕТАНУ В УКРАЇНІ – ШЛЯХ ДО ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ.....	134
118.	<b>ГОНЧАРУК І.В.</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ БІОГАЗОВИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БІООРГАНІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....	135

**СЕМІНАР 3 «ІННОВАЦІЙНІ ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ. ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ, ВОДИ ТА ЕНЕРГІЇ. ЕКОІНОВАЦІЇ В АРХІТЕКТУРІ»**

119.	<b>КРУПЕЇ К.С., БОБРОВСЬКА О.Д., КРАВЧЕНКО Г.В.</b> КАРОТИНОСИНТЕЗУВАЛЬНІ ДРІЖДЖІ ЯК МОДЕЛЬНІ ОРГАНІЗМИ У БІОІНДИКАЦІЇ СОЛЕЙ КУПРУМУ (II) В ПІСНИХ ВОДОЙМАХ.....	137
120.	<b>ГЛІКІНА І.М., ЗУБЦОВ Є.І.</b> ТЕХНОЛОГІЯ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ ЯК МЕТОД ЗНЕШКОДЖЕННЯ ВІДХОДІВ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ.....	138
121.	<b>КОЛОДЧЕНКО А., САКАЛОВА Г.В., ВАСИЛІНИЧ Т.М.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ ПОЛІАКРИЛОВИХ ВОЛОКОН ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	139
122.	<b>МАДАНІ М.М.</b> ПОШИРЕННЯ ПИЛУ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	140
123.	<b>ГРИНЧАК Р., САКАЛОВА Г.В.</b> КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ	141
124.	<b>ТІУТІУННУК Н.</b> INNOVATIVE SOLUTIONS FOR FOOD SAFETY IN UKRAINE'S AQUACULTURE AMID MODERN CHALLENGES.....	142
125.	<b>ЛЯШОК Я.О., ПОДКОПАЄВ С.В., ПОВЗУН О.І., ВІРИЧ С.О., КАЛИНИЧЕНКО В.В.</b> КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА МЕТАЛУРГІЇ ФЕРОСПЛАВІВ.....	143
126.	<b>ІЗМОДЕНОВА Т.І., ШЕПЕТА К.О., ВАКАЛ В.С.</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗОЛЬНИХ ДОБРИВ У ФІКСАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОТИ РОСЛИНАМИ З АТМОСФЕРИ.....	144
127.	<b>ПОПИК О.О., ПЕТРОВСЬКА М.А.</b> ОРГАНІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЯК ПРІОРИТЕТНА СКЛАДОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	145
128.	<b>БОРДУН І.М., МАЛЬОВАНІЙ М.С., БОРИСЮК А.К., НАГУРСЬКИЙ Н.О.</b> СИНТЕЗ, СТРУКТУРА І АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МАГНІТОЧУТЛИВИХ ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ПОРОШКІВ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА РІЗНОЇ ВАЛЕНТНОСТІ.....	146
129.	<b>ШЕВЧЕНКО Т.О., САМОХІН Є.І.</b> ЩОДО ПИТАННЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД.....	147
130.	<b>ВАСИЛІНИЧ Т.М., ПУРДИК Д. В., КАВЕЦЬКА М. В., ШАРАМКО А.В., ВІНОКУРОВА Ю.Є.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ГЛИНИСТИМИ АДСОРБЕНТАМИ.....	148

131.	<b>РИЛЬСЬКИЙ О.Ф., ДОМБРОВСЬКИЙ К.О., ГОРБАНЬ В.В., ПЕТРУША Ю.Ю.</b> ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ БІОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МАЛИХ РІЧОК.....	149
132.	<b>ВАКАЛ С.В.</b> РОЛЬ ЗВ'ЯЗАНОГО ВУГЛЕЦЮ У ЖИВЛЕННІ РОСЛИН.....	150
133.	<b>КОЧУБЕЙ В.В., ЯРЕМЧУК Я.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С., БУГАЙЧУК Н.Ю.,</b> СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АКТИВОВАНИХ УЛЬТРАЗВУКОМ БЕНТОНІТІВ ІЛЬНИЦЬКОГО ТА ЧЕРКАСЬКОГО РОДОВИЩ.....	151
134.	<b>ЛАЦИК Н.В. ПЕТРУШКА І.М.</b> ПРОГНОЗУВАННЯ ПОШИРЕННЯ ПИЛУ В АТМОСФЕРІ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ.....	152
135.	<b>ЮРЧЕНКО В.О., ТКАЧЕНКО С.О., МЕЛЬНІКОВА О.Г.</b> КОРЕЛЯЦІЯ БІОТИЧНОГО ІНДЕКСУ АКТИВНОГО МУЛУ З ПАРАМЕТРАМИ ТА ПОКАЗНИКАМИ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД.....	153
136.	<b>VLADIMIRSKY A., VLADIMIRSKY I., ARTEMCHUK V.</b> ECULARITIES AND DEVELOPMENT OF LEAK DETECTION TECHNOLOGIES FOR HEAT AND WATER SUPPLY PIPELINES UNDER MILITARY IMPACTS.....	154
137.	<b>АНДРЕЄВ М.С., СТОЛЯРЕНКО Г.С.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ЯВИЩА КАВІТАЦІЇ І КАВІТАЦІЙНОГО РЕАКТОРУ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	155
138.	<b>ТКАЧЕНКО А.О., САГДСЄВА О.А., КРУСІР Г.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С.</b> ОТРИМАННЯ ТА СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОЧАРУ З ГРЕЧАНОГО ЛУШПИННЯ.....	156
139.	<b>БАЛАБАН С.М., КАСПРУК В.Б.</b> ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ГАЗІВ ЯК ЗАСІБ ЗБІЛЬШЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ УСТАНОВОК.....	157
140.	<b>КОНОВАЛОВ О.В., САБАДАШ В.В.</b> ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ ГЛІФОСАТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ВУГЛЕЦЕВИХ СОРБЕНТІВ.....	158
141.	<b>КРИКЛИВИЙ Р.Д., БОГОЛЮБ Ю.Ю., КРИМНЯК А.В., ПІДЛУЩАК В.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ НЕКОНДИЦІЙНИХ ХЛОРВМІСНИХ СПОЛУК У ПРОЦЕСІ ОЧИСТКИ КАОЛІНУ.....	159
142.	<b>ЛІТВАК О.А., ДАНЫШИН А.С.</b> ЕКОЛОГІЧНА ПАРКОВКА ЯК ВАЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТА.....	160
143.	<b>КОНДРАТЮК Л.В., ЛІТВАК С.М.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОРОЗШИРЕНОГО ГРАФІТУ ЯК СОРБЕНТУ ПРИ АВАРІЙНИХ РОЗЛИВАХ НАФТИ.....	161
144.	<b>КУДЛАЙ В.Т.</b> МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПЕРІОДУ ВОЄНОГО ЧАСУ.....	162
145.	<b>КРУСІР Г.В., КОРКАЧ О.І., МАЛЬОВАНІЙ М.С.</b> ПЕРЕРОБКА ВТОРИННИХ ВІДХОДІВ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯМ.....	163
146.	<b>ГАБА К.О., ГЛАМАЗДІН П.М.</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ МОДИФІКАТОРА ТЕАЕЖК.....	164
147.	<b>ДОРОШЕНКО Я.В., БОНДАРЕНКО Р.В., ІВАНОВ О.В., МАРКЕВИЧ М.В.</b> РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВНУТРІШНЬОТРУБНОГО РЕМОНТУ ТРУБОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ВТРАТ ЕНЕРГОНОСІВ.....	165
148.	<b>МАКАРЕНКО О.В., МАРШЕВА С.О.</b> ЕКОЛОГІЧНЕ БУДІВНИЦТВО: ПЕРЕРОБКА БУДІВЕЛЬНОГО СМІТТЯ, ЕКОМАТЕРІАЛИ ТА СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ.....	166

149.	<b>YATSYSHYN T., KUNDELSKA T., LIACH V-D.</b> RESEARCH ON WATER EXTRACTION TECHNOLOGIES FROM THE ATMOSPHERE IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE.....	167
150.	<b>ГАЙДУЧОК О.Г., КАНУННИКОВА Н.О., ТОМАШЕВСЬКИЙ Р.С., ВОРОБІЙОВ Б.В., САКУН А.О.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА ДЕЗИНФЕКЦІЇ ВОДИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СИТУАЦІЙ.....	168
151.	<b>SLYUZAR A., CHELYADYN L.</b> INVESTIGATION OF LEACHATE CLEANING OF THE SOLID DOMESTIC WASTE LANDFILL IN IVANO-FRANKIVSK.....	169
152.	<b>СТРІКАЛЕНКО Т.В.</b> ПРОБЛЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД.....	170
153.	<b>МУДРАК К.В., БЕРЕЗІНА Н.О.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ПРОТИОЖЕЛЕДНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	171
154.	<b>КУПРІЯШКІНА О.В., КРУСІР Г.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С.</b> ІОНООБМІННІ ТА АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОЧАРУ З РИСОВОГО ЛУШПИННЯ.....	172
155.	<b>ДІЯК В., МАЛЬОВАНІЙ М.</b> ТВАРИННИЦЬКИЙ КОМПЛЕКС ПО РЕПРОДУКЦІЇ СВИНЕЙ ІЗ УТИЛІЗАЦІЄЮ ВІДХОДІВ У БІОГАЗОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	173
156.	<b>КВАС Є., МАЛЬОВАНІЙ М., СЛЮСАР В.</b> АДСОРБЦІЙНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВІД НАФТОПРОДУКТІВ СТІЧНИХ ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД.....	174
157.	<b>КРИСЮК В., МАЛЬОВАНІЙ М., ВРОНСЬКА Н.</b> ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ ДИСПЕРСНИХ СОРБЕНТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД БАРВНИКІВ.....	175
158.	<b>ГУБАРИК В., ЗІНЧУК Д., БУНЯК В., КОМПЛІКЕВИЧ С., МАСЛОВСЬКА О., ГНАТУШ С.</b> ВЛАСТИВОСТІ ІЗОЛЯТІВ ВИДІЛЕНИХ З ЕНДОСФЕРИ COLOBANTHUS QUITENSIS (KUNTH) BARTL.TA DESCHAMPZIA ANTARCTICA E. DESV.....	176
159.	<b>ТІТОВА А.О., ШМАНДІЙ В.М., ХАРЛАМОВА О.В., РИГАС Т.Є., БЕЗДЕНЄЖНИХ Л.А.</b> ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ.....	177
160.	<b>ШЕВЧЕНКО А.О., ШЕВЧЕНКО Т.О.</b> ВАЖЛИВІ ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ОСАДАМИ СТІЧНИХ ВОД.....	178
161.	<b>ЛОПУШАНСЬКИЙ О.М.</b> ДИНАМІКА АДСОРБЦІЇ ВУГЛЕЦЕВОГО ДІОКСИДУ ЗА ДОПОМОГОЮ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК.....	179
162.	<b>САБЛІЙ Л.А., ЖУКОВА В.С., КОЗАР М.Ю., ГРИНЕВИЧ А.О.</b> ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БІОПЛІВКИ РІЗНИХ ТИПІВ НОСІЇВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	180
163.	<b>ЧЕРНИШ Є.Ю.</b> СТАЛІЙ ПІДХІД ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ФОСФОГІПСУ В БІОПРОЦЕСАХ.....	181
164.	<b>ФЕДІВ І.С., СТЕПОВА К.В., КОНАНЕЦЬ Р.М.</b> ЦЕОЛІТИ ТА ГЛИНИ ЯК АДСОРБЕНТИ ПОВЕРХНЕВО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ЗІ СТІЧНИХ ВОД.....	182
165.	<b>МАЦУСЬКА О.В.</b> КІНЕТИКА СЕЧОВИНИ НА ТОРФІ ПРИ РІЗНИХ ШВИДКОСТЯХ ПЕРЕМІШУВАННЯ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ.....	183
166.	<b>МОЛЧАНОВ Л.С., ГОЛУБ Т.С.</b> МЕТОДИ ФІЗИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ДОВКІЛЛЯ.....	184
167.	<b>ГОЛУБ Т.С., МОЛЧАНОВ Л.С., АРЕНДАЧ Н.А.</b> ПРОЦЕС ОКИСЛЕННЯ ВУГЛЕЦЮ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СТАЛІ ЗА РАХУНОК ПРОДУВКИ СУМІШШО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ГАЗІВ СИСТЕМИ «КИСЕНЬ – НЕЙТРАЛЬНИЙ ГАЗ», ЯК ЗАПОРУКА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	185

168.	<b>ЧЕРНЯВСЬКИЙ Б.</b> ІННОВАЦІЙНА МОДЕЛЬ РЕМЕДІАЦІЇ ПОСТРАЖДАЛИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ: ІНТЕГРАЦІЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ.....	186
169.	<b>КІКА Л.С., САБЛІЙ Л.А.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДАЛЕННЯ ХЛОРАМФЕНІКОЛУ ЗІ СТІЧНИХ ВОД В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД БІОМАСИ LEMNA MINOR.....	187
170.	<b>ТИМЧУК В.С., МАЛЬОВАНІЙ М.С., ТИМЧУК І.С., СЕРЕДА А.С.</b> РОЗВИТОК КОМПОСТУВАННЯ В УКРАЇНІ: ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	188
171.	<b>ІВАНІВ Ю.П., ТИМЧУК І. С.</b> ТАНЕННЯ ЛЬОДОВИКІВ ЯК ГЛОБАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА.....	189
172.	<b>КВАС М.В., МАТВІЙ П.В., ТИМЧУК І.С.</b> БІОВІДХОДИ ЯК РЕСУРС: ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ.....	190
173.	<b>КОВАЛЬОВА С.О., ГОЛУБ Н.Б.</b> ВПЛИВ СПЕКТРІВ СВІТЛА ТА РІЗНИХ СПОЛУК ЗАЛІЗА НА РІСТ І БІОМАСУ МІКРОВОДОРОСТЕЙ CHLORELLA VULGARIS.....	191
174.	<b>МОЗГОВИЙ В.В., БАРАН С.А., КУЦМАН О.М.</b> ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТЕЦ ДЛЯ ЗАМІНИ КОНДИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ МІНЕРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ БІТУМОМІНЕРАЛЬНИХ СУМІШЕЙ.....	192
175.	<b>KRYŁÓW M., POPENDA A., WIŚNIEWSKA E.</b> THE OCCURRENCE OF PER- AND POLYFLUOROALKYL (PFAS) COMPOUNDS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT AND METHODS OF THEIR REMOVAL.....	193
176.	<b>ЧЕРНЮК Г.В.</b> ОЦІНКА КОМФОРТНОСТІ КЛІМАТУ І ПОГОДИ ПОДІЛЛЯ.....	194
177.	<b>КУДРЯШОВА К.О., ГУМЕННА В.В., ХЛОПИЦЬКИЙ О.О., КЛИМОВА Н.А.</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ ЯК ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ.....	195
178.	<b>КУЛІШ-ПЕЛЕНСЬКА Б.І., КЕЧУР Д.І., КАТРУК Д.С., МАСЮК А.С., ЛЕВИЦЬКИЙ В.Є.</b> БІОДЕГРАДАБЕЛЬНІ ПОЛІЛАКТИДНІ МАТЕРІАЛИ ЯК ІННОВАЦІЙНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	196
179.	<b>КВАТЕРНЮК С.М., МАНДЕБУРА С.В., ЛАТУША Д.Р., МАКСИМЕНКО М.П., МИХАЛЬЧУК О.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНИХ ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ДРЕНАЖНИХ ВОД.....	197
180.	<b>ЖДАНЮК Н.В.</b> УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЗАЛІЗОВМІСНИХ СОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ МОНТМОРИЛОНІТУ.....	198

#### СЕМІНАР 4 «ОСВІТА ТА ВИХОВАННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ»

181.	<b>СКИБА В.П., ГАНЧУК М.М., АЮБОВА Е.М.</b> РОЛЬ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ У ВПРОВАДЖЕННІ ОСВІТИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ (ОСР).....	200
182.	<b>SAIENKO T., DUDAR T.</b> UKRAINE IS FACING ENVIRONMENTAL AND ETHICAL PROBLEMS OF THE WORLD.....	201
183.	<b>ЯЦИШИН Я.Р., КАЙДАНОВСЬКА О.О.</b> ЕКОЛОГІЧНА ЗБАЛАНСОВАНІСТЬ ТА ІНКЛЮЗИВНІСТЬ МІСЬКОГО ПРОСТОРУ НА ПРИКЛАДІ М. МІОНХЕН (НІМЕЧЧИНА).....	202
184.	<b>VOBRO N.</b> DIGITAL UNIVERSITY IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT.....	203
185.	<b>ХРУТЬБА В.О., КРЮКОВСЬКА Л.І., ПОЛЮХОВИЧ Т.О.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В СИСТЕМІ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	204

186.	<b>АННЕРТ М.</b> SCRIPT LANGUAGES FOR EDUCATION IN URBAN WATER MANAGEMENT.....	205
187.	<b>ДЖУРА Н.М.</b> СТАЛИЙ РОЗВИТОК І ЕКООСВІТНЯ ДІЯЛЬНІСТЬ.....	207

**СЕМІНАР 5 «ЕКОНОМІКО-УПРАВЛІНСЬКИЙ СУПРОВІД РОЗРОБЛЕННЯ,  
ВПРОВАДЖЕННЯ І КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ ЕКОІННОВАЦІЙ  
У СИСТЕМІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ»**

188.	<b>ПЕТРОВСЬКИЙ С.В.</b> РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНОГО МАРКЕТИНГУ У ПРОСУВАННІ ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ.....	209
189.	<b>ДЯЧЕНКО В.К.</b> ЦИРКУЛЯРНЕ ПОСТАЧАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ.....	210
190.	<b>ПЕТРЯШЕВ І.І., ХАРЛАМОВА О.В.</b> ОЦІНКА СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЗОНИ.....	211
191.	<b>РУДА М.В.</b> РОЛЬ ЕКОІННОВАЦІЙ У ЗЕЛЕНІЙ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ.....	212
192.	<b>ЛЮБІНСЬКИЙ О.І., ЛЮБІНСЬКА Л.Г.</b> ОСНОВНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОЇ МТГ.....	213
193.	<b>ШЕВЧИК-КОСТЮК Л.З., РОМАНЮК О.І.</b> ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ.....	214
194.	<b>НАГОРНИЙ П.В., ГНЕДІНА К.В.</b> ДЕРЖАВНА ПІДТРИМКА ЕКОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ У КОНТЕКСТІ СТИМУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ В УКРАЇНІ.....	215
195.	<b>ТРОХИМЕНКО Г.Г.</b> НАПРЯМКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ПРИКЛАДІ ДП «СІЛЬПРОСКТ».....	216
196.	<b>ШИЯН Н.І.</b> ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СКОТАРСТВА В УКРАЇНІ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ У ВОЄННИЙ ПЕРІОД.....	217
197.	<b>САЛЮК-КРАВЧЕНКО О.О.</b> КОНЦЕПЦІЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ БЕЗПЕКОВИХ СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ.....	218

**СЕМІНАР 6 «РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО ТУРИЗМУ  
В АСПЕКТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ»**

198.	<b>ПАНЬКІВ Н.Є., ВДОВИЧЕНКО І.В.</b> ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КАПСУЛЬНИХ ГОТЕЛІВ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ (НА ПРИКЛАДІ ГОТЕЛЮ «CONSTELLATION 89»).....	220
199.	<b>ПАНЬКІВ Н.Є., ПАЗДЕРСЬКА Л.С.</b> ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КУЛЬТУРНО-ПІЗНАВАЛЬНОГО ТУРИЗМУ НА ЗАХОДІ УКРАЇНИ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	221
200.	<b>СМИК І.Є., АРХИПОВА Л.М.</b> ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ ТА ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ.....	222
201.	<b>ЛЮБІНСЬКИЙ О.І., КАСІЯНИК І.П., ЯКУБАШ Р.А.</b> РОЗВИТОК ЕКОТУРИЗМУ НА ТЕРИТОРІЇ НПП «ПОДІЛЬСЬКІ ТОВАРИ».....	223
202.	<b>ЛУЩИК М.В., ТЕРЕБУХ А.А.</b> ПРО ТУРИСТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БУЗЬКОГО ЛИМАНУ: РЕАЛІЇ, ПРОБЛЕМИ, МОЖЛИВОСТІ.....	224
203.	<b>КУРТАКОВА Г.О.</b> ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОГО ТУРИЗМУ.....	225
204.	<b>ТЕОДОРОВИЧ Л.В., ЩЕГЕЛЬСЬКИЙ Д.В.</b> ГЛЕМПІНГ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ ВИД ТУРИЗМУ У ПІСЛЯВОЄННІЙ УКРАЇНІ.....	226



205.	<b>ТЕОДОРОВИЧ Л.В., НЕДЗВЕЦЬКА О.В.</b> ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ФОРМУВАННЯ НОВИХ КУРОРТІВ В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ.....	227
206.	<b>КОШОВА Б.Р.</b> ІНФРАСТРУКТУРА ЯК РЕГУЛЯТОР ТУРИЗМУ НА ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЯХ.....	228

**СЕМІНАР 7 «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА В АСПЕКТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ»**

207.	<b>НАЗАРЕВИЧ Л.Є., НАЗАРЕВИЧ А.В., ОЛІЙНИК Г.І., НІЩИМЕНКО І.М., НАЗАРЕВИЧ Р.А.</b> СЕЙСМІЧНА УРАЗЛИВІСТЬ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ.....	230
208.	<b>АНДРОНОВ В., ДАНЧЕНКО Ю., СУКОНЬКО С.</b> ТОКСИКО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЄМНОСТЕЙ З ПОЛІМЕРІВ ДЛЯ ПОТРЕБ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	231
209.	<b>ЄВДОКИМОВ С.О.</b> ІННОВАЦІЙНА МОДЕРНІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОТИДІЇ НОВИМ КІБЕРЗАГРОЗАМ ТА ПІДТРИМКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	232
210.	<b>RADCHUK D.</b> USING SOFTWARE TO REDUCE THE RISK OF WORKERS GAS POISONING.....	233
211.	<b>ЦЮРЮПА Ю.В., НЕГРІЙ Т.О.</b> ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА МІКРОКЛІМАТ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ.....	234
212.	<b>КРАЙНОВ І.П., САБАДАШ В.В.</b> МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВІДНЕСЕННЯ ПРАВОПОРУШЕНЬ ПРОТИ ДОВКІЛЛЯ ДО ЮРИСДИКЦІЇ МІЖНАРОДНОГО КРИМІНАЛЬНОГО СУДУ.....	235

# **СЕМІНАР 1**

**ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ, ЗБЕРЕЖЕННЯ  
БІОРІЗНОМАНІТТЯ, МОНІТОРИНГ, АУДИТ,  
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ**

DAVYBIDA L. (UKRAINE, IVANO-FRANKIVSK)

## WATER BALANCE CALCULATIONS USING GOOGLE EARTH ENGINE (THE CASE OF THE DNIESTER RIVER BASIN)

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

*76019, 15 Karpatska St., Ivano-Frankivsk, Ukraine; lidiia.davybida@nung.edu.ua*

**Abstract.** The research investigates the water balance of the Dniester River Basin using Google Earth Engine (GEE) to assess the impacts of recent drought conditions on water availability. By leveraging satellite-derived precipitation and evapotranspiration data, we aim to quantify water distribution and consumption within the basin. This study is novel in its application of GEE to this region. The results will contribute to a better understanding of water resources dynamics and inform sustainable water management strategies.

A reliable and sustainable water supply is crucial for drinking, washing, cleaning, cooking, and agriculture. However, water is frequently a limited resource that requires careful and fair management. The Dniester River Basin, with its significant role in agriculture, hydropower generation, and water supply, is particularly vulnerable to water scarcity and climate change impacts. Using satellite data products in GEE, we can map water distribution over space and time.

The water balance in a hydrological system includes both input ( $P$  – precipitation (rainfall and snow)) and extractions ( $Q$  – runoff and  $ET$  – evapotranspiration) of water.  $\Delta S$  indicates water balance changes in groundwater and soil storage. In its simplest form, the water balance can be defined as

$$P - ET = Q + \Delta S. \quad (1)$$

In the research simple water balance calculations using remote sensing-derived products related to precipitation and evapotranspiration was carried out on GEE platform. The input datasets used in the research were:

1) precipitation ( $P$ ) – The Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) – 30+ year quasi-global rainfall dataset that combines  $0.05^\circ$  resolution satellite imagery with in-situ station data to provide gridded rainfall time series for trend analysis and seasonal drought monitoring;

2) evapotranspiration ( $ET$ ) – The MOD16A2 Version 6.1 Evapotranspiration/Latent Heat Flux product – 8-day composite dataset with a 500-meter pixel resolution. It utilizes the Penman-Monteith equation, incorporating daily meteorological reanalysis data along with MODIS remotely sensed data products such as vegetation dynamics, albedo, and land cover.

A script has been developed to produce water balance maps at the river basin scale and to perform time series analysis to estimate potential drought impacts across the region. The script allows to calculate and add a monthly mean water balance to the map and calculate the monthly water balance (fig. 1). Negative numbers in the map indicate regions with an overall surplus of  $ET$ , whereas negative monthly average water balances on the time series indicate a surplus  $ET$  for the whole region.

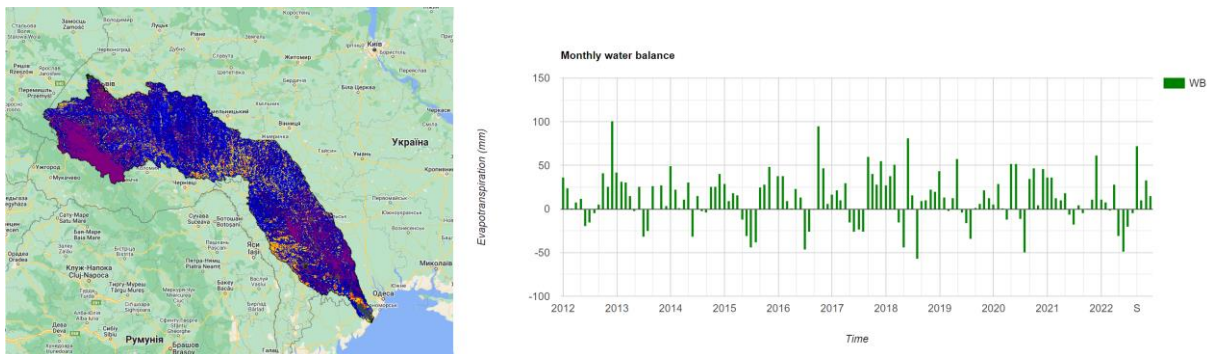


Fig. 1. Mean water balance in the Dniester River Basin (left) and the monthly average water balance (right)

The developed script is adaptable to other territories, allowing for wider application of the methodology.

МИКИЦЕЙ М.Т. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## НЕВИРІШЕНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ НА ЗЕМЛЯХ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УКРАЇНІ

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
76019, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна; mmtecoif@gmail.com*

**Abstract.** The problems and unresolved issues of environmental diagnostics and environmental monitoring of soil pollution are emphasized. The system of issues (areas) that require detailed scientific study exclusively in the environmental aspect is presented. It is expected to prepare comprehensive solutions for the development of the state system of environmental diagnostics and monitoring of soil contamination on lands of various uses on the basis of the interrelationships between the elements (components) of the ecosystem.

Застарілість підходів до вимірювання властивостей та параметрів ґрунтів, які застосовуються в Україні, вузький і не достатньо репрезентативний спектр показників в частині оцінки забруднення та оцінки пов'язаних ризиків, інституційна неспроможність, відсутність екологічних лабораторій та аналітичних центрів, нормативно-методологічного та метрологічного забезпечення є однією з головних причин фактичної непридатності та недоступності аналітичних даних для здійснення ефективних управлінських заходів з екологічного врегулювання промахів перш за все у тих практиках агро, - чи інших видів землекористування в країні, які є носіями високого потенційного ризику для водних масивів та наземних екосистем. Фактична більшість системно напрацьованого вітчизняного досвіду в сфері розвитку моніторингу ґрунтів (земель), організації системи охорони ґрунтового покриву, збалансованого використання й управління ґрунтовими ресурсами в Україні є результатом тривалої комплексної праці українських вчених в галузі сільського-господарства, агрохімії, та агрохімічного ґрунтознавства і в меншій мірі це аналітична діяльність науковців екологічного напрямку. Може існувати концепційна різниця між еколого- та агроґрунтознавчими поглядами на окремі питання розбудови цієї системи. Вченим природоохорононої галузі та вітчизняним екологам, які провадять прикладну до моніторингу адаптацію екологічного імперативу слід невідкладно забезпечувати аналітичне опрацювання численних не опрацьованих чи не достатньо опрацьованих питань, які можемо об'єднати у такі напрямки:

1) Обґрунтування екологічних принципів, підходів, критеріїв та методів формування спостережної мережі ділянок (зон), визначення їхніх головних та додаткових атрибутивних ознак.

2) Розробка та випробування відповідного процедурно-аналітичного забезпечення для покриття екологічних завдань і цілей екологічного моніторингу ґрунтового покриву на землях різного призначення.

3) Специфіка інструментально-лабораторного забезпечення.

4) Підготовка надійної системи стандартів та нормативів для комплексного оцінювання результатів екологічної діагностики та моніторингу в межах ділянок (зон) спостережної екологічної мережі з урахуванням пріоритетних напрямків прийняття рішень в контексті екологічного управління землекористуванням за екосистемним принципом.

5) Обґрунтування та розподіл напрямків управління екосистемними ризиками за результатами екологічної діагностики та моніторингу в межах спостережної мережі ділянок.

Слід підкреслити, що система інструментально-лабораторного забезпечення має бути здатна забезпечити поставлені екологічні цілі, у повному обсязі виконати складові завдання діагностики та моніторингу ґрунтів (земель) в перспективі на кожному окремому етапі. Сучасний досвід лабораторно-діагностичної аналітики та протистояння між польовими і стандартними (типовими) аналітичними практиками повинні враховуватись під час складання і затвердження переліку діагностичних параметрів, процедур.

МИКИЦЕЙ М.Т. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦІЛЬОВОЇ ПРОСТОРОВО-ДИНАМІЧНОЇ МЕРЕЖІ ДІЛЯНОК (ПОЛІГОНІВ)

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
76019, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна; mmtecoif@gmail.com*

**Abstract.** The article proposes a concept for the creation and development of a state system of environmental diagnostics and monitoring of soil contamination on lands of various purposes, which provides for the targeted establishment of a spatial and dynamic network of sites (landfills). Diagnostics and monitoring are considered as a system of information collection for the purposes of nature restoration in Ukraine.

Принциповою відмінністю у підходах до закладання мережі спостережних ділянок (полігонів) для екологічної діагностики та моніторингу забруднення ґрунтів та пропозиціями, що були подані щодо такої мережі для цілей агрохімічного моніторингу земель сільськогосподарського призначення, який також не виключає оцінку за окремими показниками забруднення варто вважати лабільність або просторовий динамізм (функціональну рухливість). Просторова динаміка діагностичної та моніторингової мережі ділянок (зон) як перспективний атрибут розбудови системи державного екологічного моніторингу ґрунтів (земель) в різних умовах землекористування означає, що ця мережа змінюватиметься безперервно по мірі опрацювання отриманих аналітичних даних і по мірі виконання рішень щодо управління екологічною ситуацією на кожній з них, тоді як для агрохімічних наукових цілей дослідні ділянки в основному строго постійні (незмінні). Різниця спричинена відмінністю головної цілі виокремлення екологічної складової моніторингу ґрунтів в Україні (головним чином моніторингу забруднення та моніторингу ризиків пов'язаних із забрудненням), а саме процедурно-аналітичне підтвердження та отримання обґрунтовуючих матеріалів для розширення прибережних водоохоронних та полезахисних смуг, скорочення ріллі, відновлення природи, заповідання.

Тобто наш концепт-варіант перспектив розвитку системи діагностики та моніторингу забруднення ґрунтів варто розуміти як моніторинг для цілей відновлення та охорони природи в Україні, що використовуватиме відповідні рішення в системі управління територіями, землями, екосистемами. Такий напрям моніторингу — це також шлях до попередження та виправлення очікуваних (прогнозованих) недоліків інших напрямків моніторингу довкілля, що імплементуються в державі, наприклад моніторинг вод за Директивою 2000/60/Є (ВРД) тому, що безперервна міжкомпонентна контактна взаємодія в довкіллі спричиняє ряд суттєвих неточностей і низький рівень розуміння чинників забруднення у випадку, якщо окремий компонент досліджується та оцінюється «ізолювано» від інших. Яскравим прикладом можна вважати частку дифузійного пестицидного та постпестицидного забруднення, що походить з розораних територій, та знищує потенціал стійкості масивів поверхневих вод ще на рівні його найдрібнішого твірного масштабу - найменших водотоків в басейні головної ріки.

Таку модель розвитку державного екологічного моніторингу в частині діагностики забруднення та спостереження за станом ґрунтів слід розглядати як пріоритетну.

Шлях становлення моделі вимагає прикладних досліджень у питаннях міжсередовищного трансферу та екосистемних ризиків від пестицидного та пост-пестицидного забруднення, надходження стимуляторів росту, мінеральних та органічних добрив, використання яких безпрецедентне і неконтрольоване на розораних сільськогосподарських землях. Детального високоточного опрацювання потребують фільтраційно-сорбційні процеси та транспорт вологи в ґрунтах (педотрансферні функції). Поведінка різних типів забруднень в різних ландшафтно-специфічних умовах та в різних ґрунтах повинна бути аналітично перевірена та чітко класифікована за характером потенційного впливу для цілей діагностики ґрунтів та екосистемних ризиків в різноманітних умовах землекористування: землі агросектору, землі з техногенним навантаженням (території звалищ, периферійні зони підприємств), приміські території та ін.

МАЦ А.Д., МІТРЯСОВА О.П., СМІРНОВ В.М. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

## ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД В АКВАТОРІЇ МІСТА МИКОЛАЄВА

*Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв  
54029, вул. 68 Десантників, 10, Миколаїв, Україна; eco-terra@ukr.net*

**Abstract.** Surface water monitoring was carried out within the city of Mykolaiv at observation points. It was determined that the values of mineralization and alkalinity significantly exceed the norms, tend to decrease in the winter months with peak values in autumn, and then sharply decrease in April, which is associated with natural changes. The trends of changes in indicators in time and space have been determined. Mineralization and alkalinity are limiting factors that prevent the use of surface water near the city as a source of not only drinking but also technical water.

Проблема безпеки водних ресурсів є актуальною для міста Миколаєва, яке під час російсько-української війни залишилось без сталої системи централізованого водопостачання. До того водні екосистеми потерпають від збройних конфліктів в результаті попадання токсичних отруйних речовин.

Дослідження також виконано у рамках проєкту 101081525 – JM EUGD – ERASMUS-JMO-2022-HEI-TCH-RSCH (“Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or [name of the granting authority]. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them”) у співпраці з управлінням екології та природних ресурсів Миколаївської ОВА за підтримки Програми розвитку ООН.

Мета: оцінювання стану поверхневих вод в акваторії міста Миколаєва.

Методи дослідження: фотометричний метод визначення показників якості води за допомогою довгохвильової фотометричної системи eXact Strip Micro 20. Математичні методи охоплювали статистичну обробку даних, метод середніх величин при визначенні рівня забруднення поверхневих вод, графічне відбиття даних задля якісного наочного оцінювання результатів з використанням програмного продукту MS Excel.

Моніторингові дослідження поверхневих вод у межах міста Миколаєва по пунктах спостережень засвідчили, що рівень рН є стабільним, і варіюється від 7,5 до 7,9, що відповідає нормі (6,5–8,5); жорсткість значно підвищує норми; рівень сульфатів варіюється від 140 до 590 мг/дм<sup>3</sup>, що є у межах норми, але мають місце поодинокі перевищення; концентрація фосфатів в основному відповідає нормі, але показує коливання; спостерігаються поодинокі перевищення нітратів. Рівень нітритів низький та відповідає нормі; рівень заліза загального незначно коливається, залишаючись в межах норми. Значення мінералізації (рис. 1) і лужності значно перевищують норми, мають тенденцію до підвищення в холодний період року з піковими значеннями восени, а потім різко знижуються у квітні, що пов'язане з природними змінами.

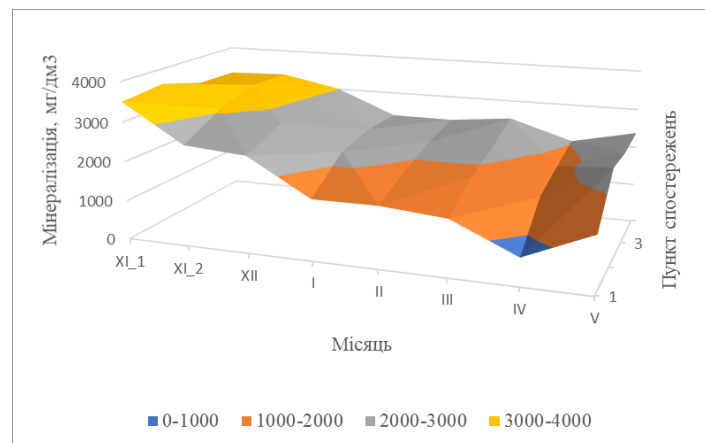


Рис. 1. Динаміка мінералізації води по пунктах спостережень.

МАКАРЕНКО І.О., СЕРПЕНІНОВА Ю.С., ФОМІНОВ Р.М. (УКРАЇНА, СУМИ)

## **ЗВІТНІСТЬ ПРО СТАЛИЙ РОЗВИТОК: ВИКЛИКИ ДЛЯ УКРАЇНИ НА ШЛЯХУ ІНТЕГРАЦІЇ ДО ЄС**

*Сумський державний університет*

*40007, вул. Харківська, 116, Суми, Україна.; i.makarenko@biem.sumdu.edu.ua*

**Анотація.** The Sustainable Development Goals, established by the United Nations in 2015, serve as a global blueprint for addressing critical challenges such as poverty, inequality, climate change and environmental degradation. Through 17 interconnected SDGs, they aim to achieve a more sustainable, just and prosperous world by 2030. Reporting on progress towards these goals is essential for tracking global and national efforts, allowing governments, businesses and civil society to assess their contributions and identify areas for improvement. By promoting transparency and accountability, sustainability reporting plays a vital role in promoting environmental protection, social justice and economic sustainability.

Для України важливість звітування про сталий розвиток стає особливо помітною, оскільки вона просувається на своєму шляху до інтеграції у Європейський Союз (ЄС). Так, країна стикається зі значними викликами у цьому напрямку, зокрема у сфері звітності про сталий розвиток. Узгодження із суворими екологічними, соціальними та управлінськими стандартами (ESG) ЄС вимагає від неї переглянути свою поточну практику, якій часто перешкоджають суперечливі дані, обмежений технічний досвід і брак ресурсів. Багатьом компаніям важко впровадити комплексні механізми звітності, у той час, як прозорість і публічний доступ до звітів залишаються слабкими. Крім того, залучення громадянського суспільства та ключових зацікавлених сторін до процесу звітування є недостатнім. Ці прогалини вказують на потребу України у зміцненні системи управління, покращенні співпраці між державним і приватним секторами та впровадженні чітких нормативно-правових актів, які будуть відповідати вимогам ЄС щодо сталого розвитку.

Попри все, Україна все-таки досягла певних успіхів у створенні рамок і практик для звітності про сталий розвиток, прийнявши різні закони та нормативні акти, спрямовані на посилення захисту навколишнього середовища, сприяння соціальному залученню та економічній стійкості. Наприклад, український уряд привів свою національну політику у відповідність до Порядку денного сталого розвитку на період до 2030 року, та періодично оприлюднює Моніторинговий звіт про виконання цілей сталого розвитку (ЦСР), який було розроблено Державною службою статистики України за підтримки ЮНІСЕФ. Звідси, Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 серпня 2019 року № 686-р визначено засади моніторингу національних індикаторів. Станом на 2024 рік кілька українських компаній, акції яких котируються на європейських фондових біржах, таких як Варшавська та Лондонська та на транскордонну діяльність яких поширюється дія CSRD систематично оприлюднюють звітність про сталий розвиток. Зокрема, це підприємства сільського господарства, харчової і гірничодобувної промисловості – Kernel Holding S.A., Astarta Holding N.V., Industrial Milk Company (IMC), Mlk Foods Public Company Ltd, Agroton, MHP SE, UkrProduct та Ferrexpo PLC. Вони займають центральне місце в економіці України та створюють прецедент для ширшого впровадження сталої звітності.

Отже, Україна повинна здійснити цілеспрямовані політичні та регуляторні реформи, включаючи національний закон, що віддзеркалює CSRD, чіткі вказівки щодо розкриття інформації про навколишнє середовище та посилити міжнародну співпрацю, зокрема з ЄС, для досягнення довгострокових ЦСР.

Робота виконана в рамках проєкту «Transparency. Accountability. Responsibility. Governance. Europe. Trust. Sustainability» 101085395 – TARGETS – ERASMUS-JMO-2022-HEI-TCH-RSCH. Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

УБЕРМАН В.І.<sup>1</sup>, ВАСЬКОВЕЦЬ Л.А.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ПРОБЛЕМИ ГАРМОНІЗАЦІЇ ВОДНОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ТА ЄС І СТАЛЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

<sup>1</sup>НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»  
61166, вул. Бакуліна, 6, Харків, Україна; vlad.uberman@gmail.com

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61002, вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна; ludmilavaskovets2@gmail.com

**Abstract.** The article examines the basic conceptual and terminological principles of sustainable use of surface waters related to the implementation of EU water legislation. Inconsistencies in the terminology and concepts of the Ukrainian environmental quality standards established in 2024 which are the main instruments for regulating the substance composition of surface waters were revealed. It was determined that the Ukrainian term "ecological standard of water quality" does not correspond to the European "ecological quality standards". The consequences of such inconsistencies are considered and changes to the water legislation of Ukraine are proposed.

Зміст 3-х з 17-и встановлених для України цілей сталого розвитку: 6) забезпечення доступності та сталого управління водними ресурсами та санітарією; 14) збереження та раціональне використання океанів, морів і морських ресурсів в інтересах сталого розвитку; 15) захист та відновлення екосистем суші та сприяння їх раціональному використанню < ... >, пов'язано зі сталим використанням водних ресурсів, запорукою якого є імплементація водного законодавства ЄС. Така імплементація здійснюється на підставі засадничих документів державного водної політики і політики у сфері екологічної безпеки. Наразі здійснюється перехід українського водного законодавства у фазу практичної реалізації європейського менеджменту річковими басейнами за планами управління, які вимагають використання екосистемного підходу, зокрема, першочергової гармонізації із вимогами ЄС базових понять (категорій, термінів) українського водного законодавства.

Метою дослідження є визначення термінологічної коректності й поняттєвої відповідності екологічних нормативів для забезпечення українських планів управління річковими басейнами європейськими відповідниками законодавчих засобів та інструментами боротьби із погіршенням екологічного стану і забрудненням поверхневих вод, зокрема внаслідок впливу точкових джерел.

Виявлено численні невідповідності, які перешкоджають гармонізації законодавств. Найзначніша з них стосується нещодавно створеної (у 2024 р.) за екосистемним підходом української бази нормативів екологічного та хімічного стану (та відповідних класифікацій) масивів поверхневих вод (Методика віднесення < ... > <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#n115>). Ця база і методика її використання мають істотні термінологічні некоректності та невідповідності водному законодавству України в частині ключового поняття екологічного нормативу якості води (ЕНЯВ) (Екологічні нормативи < ... > <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0789-24#Text>) і не дозволяє без змін у законодавстві імплемувати європейське регулювання скидання забруднювальних речовин. Визначено, що український термін не відповідає європейському поняттю екологічних стандартів якості (ЕСЯ), а останнє не може імплемуватися у водне законодавство України без його істотних змін. Крім того, зазначеними невідповідностями створюються значні перешкоди дотриманню вимог українського законодавства у сфері питної води та питного водопостачання.

Визначено, що принцип побудови українського аналога європейської системи ЕСЯ, орієнтованої на місцеву специфічність (типоспецифічність) масивів поверхневих вод та стале користування водними екосистемами, є змістовно протилежним політиці загальнодержавної уніфікації вимог до діяльності у сферах екологічної безпеки та господарського користування водними екосистемами, яка реалізується іншими видами українських нормативів екологічної безпеки водокористування: ГДК (водних об'єктів, вода яких використовується для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення, а також вода яких використовується для потреб рибного господарств). Розроблено проекти відповідних змін.



СИДОРЕНКО В.Л., ДЕМКІВ А.М. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОЛОГІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту  
04074, вул. Вишгородська, 21, Київ, Україна; generals2007@i.ua*

**Abstract.** It is shown that modern modeling methods in environmental security include numerical models, geoinformation systems, models of agent systems, and dynamic models that allow forecasting environmental risks and assessing their impact on natural systems. The use of artificial intelligence and supercomputers helps to process large volumes of data and create more accurate forecasts, which contributes to the adoption of effective decisions for the preservation of the environment.

Екологічна безпека є одним із найважливіших викликів сьогодення, що вимагає системного підходу до виявлення, аналізу та мінімізації ризиків для навколишнього середовища та населення. Сучасні методи моделювання стають ефективним інструментом для вирішення цих задач. Вони допомагають зрозуміти складні екологічні процеси, спрогнозувати можливі наслідки негативного впливу людини на природу та розробити ефективні стратегії запобігання надзвичайним ситуаціям і катастрофам.

Моделювання – це інструмент, що дозволяє оцінити вплив різних чинників на довкілля, а також передбачити розвиток екологічних ситуацій з прогнозними оцінками. Його використовують для аналізу природних процесів, антропогенних впливів, ефективності природоохоронних заходів та управління ризиками. Ефективне управління екологічними ризиками та загрозами неможливе без застосування відповідної моделі досліджуваного процесу та потребує глибоких знань та сучасних підходів до процесу моделювання стану довкілля, а також володіння основними методами моделювання в екологічній безпеці. Моделювання допомагає приймати обґрунтовані рішення на основі наукових даних та прогнозів.

Існують різні підходи до моделювання в екологічній безпеці і кожен з яких має свої особливості та сфери застосування. До них належать: числове моделювання, геоінформаційні системи (ГІС), моделювання агентних систем, динамічне моделювання систем і моделі оцінки ризиків. Чисельні моделі використовуються для прогнозування поведінки складних екологічних систем і оцінки впливу різних чинників. Вони ґрунтуються на математичних рівняннях, що описують природні процеси. ГІС – це технологія для збору, зберігання, аналізу та візуалізації просторових даних. Цей інструмент широко використовується для моделювання екологічних процесів та управління природними ресурсами. Використання агентних систем – це підхід до моделювання, в якому система складається з автономних «агентів», що взаємодіють між собою та навколишнім середовищем. Кожний агент поводить себе по-своєму, що дозволяє моделювати складні системи та їхню динаміку. Динамічне моделювання систем використовується для аналізу складних систем, що вміщують багато взаємопов'язаних компонентів. Воно дозволяє оцінити як зміна одного компонента впливає на інші елементи системи. Моделі оцінки ризиків допомагають оцінити ризики для здоров'я населення і навколишнього середовища від впливу забруднювачів та інших несприятливих подій. Сучасні моделі стають дедалі складнішими і потребують потужних обчислювальних можливостей. Тому суперкомп'ютери та штучний інтелект є важливими інструментами для вдосконалення методів моделювання.

В якості прикладів застосування моделей можна навести наступні: прогнозування кліматичних змін – чисельні кліматичні моделі можуть допомогти передбачити наслідки глобального потепління, включаючи підвищення рівня моря, зміни в опадах та екстремальні погодні явища; моделювання якості води – ГІС та чисельні моделі використовуються для аналізу якості води у річках, озерах та водосховищах, прогнозування наслідків антропогенного забруднення; оцінка ризиків пожеж – моделі оцінки ризику використовуються для прогнозування поширення лісових пожеж та розробки заходів запобігання.

Отже, сучасні методи моделювання відіграють важливу роль у забезпеченні екологічної безпеки. Вони дозволяють оцінювати, прогнозувати та мінімізувати екологічні ризики, сприяючи прийняттю більш обґрунтованих рішень для захисту довкілля. Інновації у сфері штучного інтелекту, ГІС та чисельного моделювання створюють нові можливості для ефективного управління екологічними процесами та вирішення глобальних проблем.

ЛУКАШОВ Д.В., ТЕСЬОЛКІНА Т.С. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БІОГЕОХІМІЧНОЇ СИСТЕМИ МІГРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В УМОВАХ ШИРОКОЛИСТЯНИХ ЛІСІВ СЕРЕДНЬОГО ПРИДНІПРОВ'Я

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
01601, вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, Україна; lukashov@knu.ua*

**Abstract.** Through the analysis of the annual dynamics of heavy metal stocks in the biotic and abiotic components of model hornbeam forest ecosystems, the main pathways of heavy metal migration were identified, and their fluxes were quantified throughout the year. The results indicate that the biogeochemical systems of the hornbeam forest in the Kaniv Nature Reserve exhibit a high degree of balance for all studied heavy metals. In this ecosystem, the input of heavy metals from atmospheric deposition and leaf litter is counterbalanced by losses due to leaching via vertical groundwater flow to the eluvial soil layer. This equilibrium suggests an absence of heavy metal retention and accumulation in the Kaniv ecosystem. Conversely, the hornbeam oak forest ecosystem of the Holiivskyi National Nature Park shows an imbalance in the biogeochemical cycles of Cu, Pb, Zn, and nickel Ni. In this case, the inputs of these heavy metals from atmospheric deposition and leaf litter are not adequately offset by their losses through leaching, leading to the retention and accumulation of heavy metals within the ecosystem.

Процеси акумуляції та міграції важких металів у лісових екосистемах є критичними факторами, що впливають на їхню стійкість. Урбанізація та антропогенна діяльність можуть порушити природний баланс біогеохімічних циклів, що призводить до додаткового накопичення таких хімічних елементів в екосистемах. У даному дослідженні було порівняно біогеохімічну динаміку важких металів у двох грабово-дубових лісових екосистемах: відносно не порушеній території Канівського природного заповідника та в НПП «Голосіївський», що розташований в урбанізованому середовищі міста Києва.

Порівняння величин загального річного надходження металів (з атмосферними опадами та опалим листям) у досліджених екосистемах та обсягів річного ґрунтового стоку показало, що спостерігається збалансованість функціонування біогеохімічних систем міграції Ni, Cu, Pb, Cd та Zn в умовах грабової діброви Канівського природного заповідника. Обсяги надходження важких металів з атмосферними опадами та опалим листям врівноважено кількістю їх втрат в процесі вимивання вертикальним стоком ґрунтових вод до елювіального шару ґрунту, що свідчить про відсутність затримки та накопичення металів в екосистемі. Біогеохімічна система міграції зазначених хімічних елементів в умовах екосистеми грабової діброви НПП «Голосіївський» має ознаки незбалансованості, що призводить до накопичення важких металів в екосистемі грабової діброви НПП «Голосіївський». Найбільш суттєва різниця між надходженням та вивільненням (у 6 разів) була встановлена для Ni, обсяги надходження якого становили  $108 \text{ г} \times \text{га}^{-1} \times \text{рік}^{-1}$ , у той час як його вимивання ґрунтовими водами до елювіального горизонту складала лише  $18 \text{ г} \times \text{га}^{-1} \times \text{рік}^{-1}$ . У цілому для екосистеми грабової діброви НПП «Голосіївський» є характерною більша роль біологічної складової системи «ґрунт-рослина» у функціонуванні біогеохімічних циклів важких металів Ni, Cu, Pb, Cd та Zn, коли від 21% до 73% потоку надходження металів забезпечується листяним опадом.

Встановлено, що основною причиною затримки важких металів в екосистемі грабової діброви НПП «Голосіївський» є повільніші темпи розкладання підстилки у порівнянні з екосистемою Канівського природного заповідника. Коефіцієнт розпаду підстилки  $k$  для екосистеми НПП «Голосіївський» становить 0,57-0,74 кг/сезон, що демонструє у 1,5 рази повільніші процеси розкладання підстилки, ніж у Канівському природному заповіднику, для якого  $k$  дорівнює 0,90-1,08 кг/сезон. Зниження темпів розкладання підстилки в умовах НПП «Голосіївський» може бути зумовлено накопиченням Cu, Zn, Cd, Pb у концентраціях, для яких показано пригнічувальний ефект мінералізації листяного опаду у зв'язку з негативним впливом на функціонування ґрунтового мікробоценозу. Іншими чинниками низьких темпів розкладання підстилки є відсутність взимку стійкого снігового покриву та менша у 1,7 рази кількості атмосферних опадів, що зумовлено кліматичними умовами мегаполісу міста Києва.

САКУН А.О., ПТАК Р.О., ЧІКІРЯКІН К.В. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ ЗБИТКІВ ЗАВДАНИХ ЛІСОВОМУ ФОНДУ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» 61002,  
вул. Курничова 2, Харків, Україна; Antonina.Sakun@khp.edu.ua*

**Abstract.** The war in Ukraine has had catastrophic consequences for the environment, including the forestry sector. Forests are one of the main elements of the ecosystem that ensure climate stability, biodiversity and water balance. Military operations, intensive use of explosives and fires have a serious impact on the state of forests. Therefore, assessing the damage caused to forest resources is critical to restoring the country's natural resources.

До основних аспектів, можна віднести:

1. *Прямі втрати лісових масивів.* Під час бойових дій значні площі лісів піддаються пожежам, вибухам та механічним пошкодженням. Військова техніка та обстріли спричиняють руйнування деревних насаджень та деградацію ґрунтів. За попередніми оцінками, у зонах бойових дій уражено від 10 до 15% лісових територій. Пожежі, викликані вибухами та обстрілами, є одним з основних факторів знищення лісів. Це не лише знищує екосистему, але й збільшує викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу.

2. *Пошкодження ґрунтів і екосистем.* Внаслідок бойових дій значно погіршуються властивості лісових ґрунтів. Інтенсивне використання вибухових речовин призводить до утворення глибоких кратерів, що знижує родючість ґрунтів. Також відбувається змивання верхнього шару ґрунту, що порушує нормальне функціонування екосистем. Відновлення таких земель є тривалим і вимагає значних зусиль і ресурсів.

3. *Втрата біорізноманіття.* Ліси є домівкою для багатьох видів флори та фауни. Під час війни частина тваринного і рослинного світу знищується або вимушена мігрувати в інші райони. Втрата лісових масивів негативно впливає на рідкісні види, багато з яких можуть опинитися на межі зникнення. Крім того, відбувається деградація середовища існування, що призводить до порушення природних ланцюгів харчування.

Оцінка екологічних збитків завданих лісовому фонду здійснюється за допомогою сучасних методів дистанційного зондування Землі, аналізу супутникових знімків та експертних оцінок. Використання дронів дозволяє отримувати точні дані щодо стану лісових масивів на великих територіях. Крім того, використовуються комп'ютерні моделі для прогнозування довгострокових наслідків військових дій для лісових ресурсів.

Екологічні збитки, завдані лісовому фонду, мають довготривалі наслідки. Відновлення лісів потребуватиме не лише фінансових ресурсів, але й часу. З огляду на пошкодження ґрунтів та втрати біорізноманіття, для відновлення лісових екосистем необхідно розробляти комплексні програми з відновлення, що включають заліснення, моніторинг стану біорізноманіття та покращення умов для його збереження. Важливим аспектом є також залучення міжнародної спільноти до процесу відновлення, що може значно прискорити цей процес.

Оцінка збитків, завданих лісовому фонду України внаслідок війни, показує, що масштаби руйнувань є критичними. Необхідно терміново вжити заходів для збереження залишків лісових екосистем та відновлення пошкоджених територій. Це потребує не лише фінансових інвестицій, а й впровадження сучасних технологій моніторингу та управління лісовими ресурсами.

АДАМЕНКО Я.О., АДАМЕНКО С.Я. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)  
**ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО РИЗИКУ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ ПІД ЧАС  
 ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
 76019, вул. Карпатська 15, 94, Івано-Франківськ, Україна; yaroslav.adamenko@iung.edu*

**Abstract.** The paper presents the results of disease risk assessment of the population of Ivano-Frankivsk region depending on the influence of atmospheric air pollution with solid particles (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>). For this, EcoCity public monitoring data were used. Calculation methods have been used in the work to prove that the probable risk of developing chronic non-specific effects at the average concentration of the air quality index is minimal.

Користуючись ресурсами моніторингу Saveeobot та aqicn.org було зібрано дані оцінки AQI, PM<sub>10</sub> та PM<sub>2.5</sub>. Бралися середні показники протягом дня. За допомогою програми Surfer створено карту оцінки поширення кожного з показників та створено загальну карту усіх показників (рис. 1).

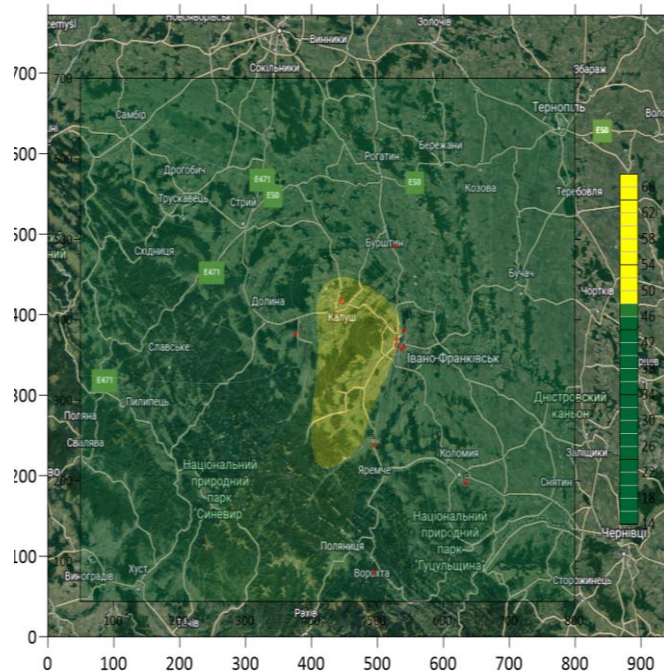


Рис. 1. Оцінка AQI Івано-Франківської області (на прикладі 2022 р.).

В роботі була проведена оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при постійному впливі забруднення атмосфери. Ймовірність розвитку неспецифічних токсичних ефектів при хронічній інтоксикації в заданих умовах визначається за формулою:

$$Risk = 1 - \exp \frac{(\ln 0,84) \times \left( \frac{C}{ГДК_{cd}} \right)^b}{K_3}, \quad (1)$$

де  $C$  – концентрація речовини, що робить вплив за заданий період часу;  $ГДК_{cd}$  – середньодобова гранично допустима концентрація;  $K_3$  – коефіцієнт запасу в залежності від класу небезпеки речовини таблиця;  $b$  – коефіцієнт, що дозволяє оцінювати ізоефективні ефекти домішок різних класів небезпеки.

За проведеними розрахунками було визначено, що при постійному впливі атмосферного повітря, забрудненого твердими частинками PM<sub>2.5</sub> з концентрацією 0.021 мг/м<sup>3</sup> у 4 чоловік з 1000, що постійно проживають на досліджуваній території протягом свого життя, можуть проявитися гострі респіраторні захворювання.

САФРАНОВ Т.А., ДЬЯЧЕНКО М.Ю. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ: СТАН І ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,  
65000, вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна; webmaster@onu.edu.ua*

**Abstract.** The characteristics of the resource, regulatory, supporting and cultural components of the ecosystem services of the northwestern shelf of the Black Sea are given. The possibilities of using these component ecosystem services are limited by the impact of various forms of anthropogenic activity, and from February 2022, by the direct or indirect impact of hostilities within the water area and adjacent parts of the coast.

Відносно до природних систем північно-західного шельфу Чорного моря (ПЗШЧМ) можна виділити ресурсні, регулюючі, підтримуючі та культурні складові екосистемних послуг (ЕСП).

*Ресурсні ЕСП.* Морське середовище забезпечує функціонування море-господарських комплексів, промислове рибальство, марикультуру, технічне водопостачання, таласотерапію тощо. Донні відклади є джерелом будівельних матеріалів, розсипних корисних копалин, лікувальних грязей, а також середовищем мешкання бентосу. Особливості водної товщі та донних відкладів зумовлюють просторово-часовий розподіл середовищ мешкання гідробіонтів, а також їх видове та генетичне розмаїття. ПЗШЧМ є важливим районом рибальства і марикультури, що забезпечує місцеве населення продуктами харчування та є прибутковою статтею економіки. Для ПЗШЧМ характерні унікальні ресурси «філофорного поля Зернова». Водно-болотні угіддя (ВБУ) узбережжя мають унікальні біологічні ресурси, а також лікувальні грязі, ропу, мінеральні лікувальні вода та енергетичні ресурси. Важливою складовою ЕСП є ресурси вуглеводневої сировини; лише прогнозні запаси природного газу складають біля 2,3 трлн. м<sup>3</sup>.

*Регулюючі ЕСП* – регулювання взаємодії різних трофічних рівнів, що допомагає підтримувати збалансовану екологічну піраміду. Атмосферний вплив виявляється у тому, що з повітряними масами до морського басейну потрапляють забруднюючі речовини, а також біогенні елементи, які провокують розвиток процесів евтрофікації. Вплив теплого морського басейну регулює кліматичні умови прибережної зони. ВБУ узбережжя, виступають як регулятор акумулювання та зберігання прісної води, фільтрації вод, поглинання з атмосфери та накопичення вуглецю, повернення в атмосферу кисню, регулювання поверхневого стоку, стабілізація рівня ґрунтових вод, запобігання та стримування ерозійних процесів, підтримання збереження біологічної різноманітності, пом'якшують повені, захищають берегову лінію та підвищують опір населення до стихійних лих, а також відіграють важливу регулюючу роль у стабілізації кліматичних умов. Крім того, вони відіграють важливу роль у виробництві первинної продукції та фотосинтезі, а також є джерелом продовольства, сировини, генетичних ресурсів.

*Підтримуючі ЕСП.* ПЗШЧМ є середовищем мешкання і джерелом харчування численних організмів. Особливо важлива роль ВБУ, що мають величезне значення як місце проживання навколотовних і водоплавних птах та характеризується біологічною різноманітністю. Найбільш інтенсивний кругообіг біогенних речовин відбувається у пригирлових зонах.

*Культурні ЕСП.* ПЗШЧМ відіграє важливу роль у наданні рекреаційних послуг. Комфортні біокліматичні умови, значна протяжність пляжної зони та інші природно-рекреаційні ресурси дозволяють говорити про перспективність ПЗШЧМ для різних форм рекреації, включаючи таласотерапію.

Можливості використання ЕСП обмежуються впливом різних форм антропогенної діяльності, а з лютого 2022 року прямим або непрямим впливом бойових дій у межах акваторії та прилеглих частинах узбережжя.

MASIKEYVYCH Yu., MASIKEYVYCH A., BURDENYUK I. (UKRAINE, CHERNIVTSI)  
**MONITORING STUDIES OF THE SANITARY AND HYGIENIC CONDITION OF  
 THE DNISTER RIVER AS A NECESSARY CONDITION FOR ENVIRONMENTAL  
 SAFETY OF THE REGION**

*Bucovyna State Medical University  
 58002, Theater Square, 2, Chernivtsi, Ukraine: office@bsmu.edu.ua*

**Abstract.** There is no doubt that microbiological indicators of fecal pollution are one of the most important parameters for determining water quality. However, the use of these indicators for monitoring the state of surface water in the river basins of Ukraine has not yet been properly applied. For the first time, we made an attempt to initiate monitoring studies of the Dniester River based on the analysis of microbiological pollution of its waters.

Research was conducted in the spring-summer and autumn-winter periods of 2023-2024 in the laboratory of the microbiology department of Bukovyna State Medical University in accordance with the Cooperation Agreement between Bukovyna State Medical University and NPP "Khotynskyi". Water sampling for analysis was carried out upstream, according to standard methods, at six points in the water area of the Dniester River. As a reference water area, observation points within the National Nature Park "Khotynskyi" (NPP) were selected. Microbiological indicators were lactose-positive coliforms, "coli-index" and "coli-titer" indicators, which are widely used to assess possible fecal contamination of the water environment. The classification of fecal and organic pollution of the surface waters of the Dniester River was carried out according to Kavka (2006). The obtained results were processed statistically.

The obtained results indicate the growth of microbiological pollution downstream of the Dniester River within the NPP "Khotynskyi". In some points of water sampling, the exceedance of the accepted Standards was 1,5 times - 6 times. Significant microbiological contamination of water (by 4 times) is also observed in the area of dachas of the village Hrushivtsi (item 2). The minimum value (less than the norm, 75% of the Standard value) occurs in the area of the mouth of the Surzh River (item 3), which can be explained by dilution and a relatively safe drainage system in the area of settlements (Kelmentsi, Lenkivtsi, etc.) located in the Surzh river basin. The conducted studies indicate a significant level of microbiological pollution of the waters of the Dniester River in the areas of urbanized territories and places of anthropogenic load within the NPP "Khotynskyi". During the period between the two water intakes, summer and autumn-winter (6 months), the number of bacteria of the *Escherichia coli* group (BGKP) increased by 3,5 times at the upper sampling point in the Rukhotyn settlement area (item 6). This indicator increased up to 10-20 times in the area of the settlement of Anadola (point 4) and in the mouth of the Surzh River (point 3). Thus, over a period of six months, the indicators of microbial contamination increased from 3,5 to 20 times in all investigated water intake points. Moreover, it is precisely in points 3 and 4, where the maximum increase in the number of BGKP was recorded, that the maximum increase in the indicator of fecal coliforms took place.

Resolution No. 758 of the CMU dated September 19, 2018 (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018>) approved a new procedure for state monitoring of waters, including surface waters. The list of biological indicators of diagnostic monitoring is detailed in regulatory documents. However, this list does not contain the definition of microbiological indicators. At the same time, Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of February 15, 2006 provides for the determination of microbiological indicators during the surface water monitoring procedure. On the basis of the analyzed normative legal acts regarding the implementation of surface water monitoring, it is possible to unequivocally state that there are discrepancies in the implementation of state water monitoring in Ukraine and their adaptation in accordance with the requirements of the EU Water Directives. That is why the involvement of microbiological indicators in environmental monitoring becomes especially relevant.

The conducted studies indicate a significant level of microbiological pollution of the waters of the Dniester River in the areas of urbanized territories and places of anthropogenic load and indicate the need for constant monitoring of surface waters according to these indicators.

ПЕТРУШКА К.І., ПЕТРУШКА І.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА ЇХ СПОЛУК У ҐРУНТІ ПІСЛЯ ВИБУХУ СКАНУЮЧОЮ ЕЛЕКТРОННОЮ МІКРОСКОПІЄЮ

Національний університет «Львівська політехніка», *petim@ukr.net*

**Abstract.** The ingress of heavy metals and their compounds into the soil as a result of military operations is a complex environmental problem. The microstructure of soil samples was analyzed by scanning electron microscopy using a scanning electron microscope SEM (Quanta 250 FEI, Netherlands) with tungsten. Additionally, SEM equipped with energy dispersive EDS spectrometry (Octane Elect EDAX TEAM) was used to confirm the presence of heavy metals on the soil samples. The presence of hexavalent chromium in the samples collected after the explosion was identified.

Сполуки хрому у ґрунті можуть бути присутні в різних формах, залежно від джерела забруднення, окислювальних умов та інших хімічних факторів. Найпоширеніші форми хрому в природі — це тривалентний хром ( $\text{Cr}^{3+}$ ) та шестивалентний хром ( $\text{Cr}^{6+}$ ), які мають різні хімічні властивості і ступені токсичності. Хром потрапляє в навколишнє середовище через різні військові активності, включаючи використання боєприпасів, вибухових речовин, палив та іншого військового обладнання. Деякі види боєприпасів і вибухових речовин містять хромові сполуки, які вивільняються під час вибухів, створюючи забруднення ґрунту і водних ресурсів. Забруднення хромом може призводити до деградації ґрунту, змінюючи його фізико-хімічні властивості та знижуючи родючість.

Досліджуваний зразок токсичного ґрунту зображений на рис.1.

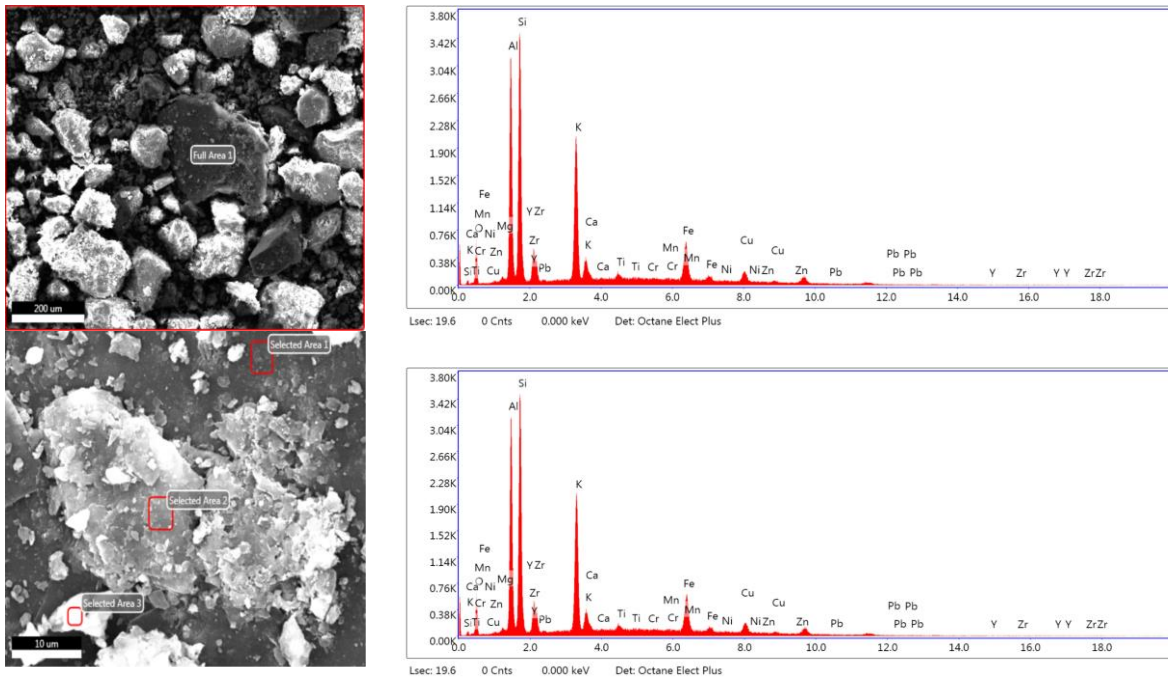


Рис.1. Експериментальні дані на обраних ділянках (1-3) зразків ґрунту

Обрана ділянка характеризується підвищеним вмістом кварцу (Si), але рентгенофазовий аналіз вказує на наявність у ґрунті сполук у вигляді оксидів з гексагональною кристалічною структурою, в основі яких лежать іони таких важких металів, як хром, марганець, нікель, цинк і титан (про що свідчить пік з інтенсивністю 10,9. До них відносяться Ti, Ni, Sr, Cu, Cr, Zn, Zr. Рентгеноструктурний аналіз показав, що основною кристалічною фазою є хроматит  $\text{CaCrO}_4$ , Fe виявлено у вигляді  $\text{FeOHCrO}_4$ . Відповідно до pH (6,5-8,5) елюатів при вилуговуванні хрому із забрудненого ґрунту було підтверджено, що залізо було не оксидом, а гідроксидом  $\text{FeOHCrO}_4$ , що вказує на те, що ця хімічна речовина не повинна утворюватися в розчині, а випадати в осад.

ПЕТРУШКА І.М, ГЛУХОВЕЦЬКИЙ Я.В.,  
МУШИНСЬКИЙ В.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ КОМПОНЕНТІВ РАКЕТНОГО ПАЛИВА В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

*Національний університет "Львівська політехніка"*

*79000, вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна; ihor.m.petrushka@lpnu.ua*

**Abstract.** The diverse qualitative and quantitative composition of chemical substances and their compounds enters the lower layers of the atmosphere as a result of military operations on the territory of our country. Our research is aimed at establishing the degree of toxicity of the main components of rocket fuel after the explosion and the ways of their distribution in the atmosphere.

При експлуатації та бойовому застосуванні і обслуговуванні військової техніки і озброєння широко використовуються різноманітні паливо і рідини, які мають високу токсичність, а при порушенні техніки безпеки при їх виготовленні, транспортуванні, зберіганні та застосуванні можливі отруєння персоналу. Найбільш поширеними і небезпечними є компоненти ракетного палива, що використовується в ракетних військах, технічні рідини, що використовуються в роботі військової техніки, і різні органічні розчинники, які використовуються в побутових роботах. Якщо пошкодження компонентами ракетного палива обмежується невеликим кількістю людей, отруєння технічними рідинами охоплює військовослужбовців усіх спеціальностей і може бути масовим. При цьому смертність становить 50% і більше. Широке застосування ракетної техніки в Збройних Силах поставило перед медичною службою проблеми захисту особового складу від токсичної дії ракетного палива, вивчення токсикології та розробки методів лікування поранених. Тверде ракетне паливо використовується в ракетах з твердопаливними двигунами різного класу і призначення. Їх заправляють на заводах, а отруєння може статися тільки токсичними газами під час їх запуску. Рідке ракетне паливо використовується в ракетах з РРД, якими в основному оснащуються стратегічні ракети і космічні апарати. Рідкі ракетні палива можуть бути однокомпонентними (на основі вуглеводнів - бензину, гасу та ін.) і двокомпонентними, до складу яких входить близько 25% пального і 75% окислювача, які зберігаються в різних резервуарах, звідки надходять в камеру згоряння, де під час горіння змішуються. Однокомпонентні ракетні палива менш токсичні. Токсикологів більше цікавлять двокомпонентні ракетні палива, які викликають функціональні та морфологічні порушення (подразнення, запалення, некроз). Ефект визначається їх фізико-хімічними властивостями - здатністю змінювати рН тканин і тим самим денатурувати макромолекули. Для військової токсикології найбільше практичне значення мають азотна кислота, перекис водню, фтор, гідрозин. Клініка ураження кожною з цих сполук складається з трьох компонентів: місцева дія, загальна реакція організму на місцеву дію, резорбтивна дія. Хімічні опіки бувають двох видів: дегідратаційні (кислотні) і слизові (лужні). Перші, викликані окислювачами ракетного палива, характеризуються зневодненням ураженої тканини, у важких випадках з утворенням струпа, який добре відділяється від здорової тканини. Другі, викликані речовинами, що володіють лужними властивостями (гідрозин), характеризуються зменшенням щільності ураженої ділянки і поганим відділенням від здорової тканини.



ЛИТВИН А.О., СМИСЛОВА А.Е. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА НИТКОПОДІБНИХ КРИСТАЛІВ: ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
вул. Кирпичова 2, Харків, Україна; omsroot@kpi.kharkov.ua*

**Abstract.** The production of whisker crystals (WC) plays a vital role in sustainable technologies but must be environmentally conscious. This paper explores eco-friendly synthesis methods, including non-toxic reagents and low-temperature processes, to minimize waste and emissions. It also highlights the use of renewable energy and resource optimization in WC production. Despite challenges, WC applications in energy-efficient technologies like solar cells and energy storage reduce CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption, supporting sustainable development goals.

Інноваційні технології у виробництві матеріалів відіграють важливу роль у мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Ниткоподібні кристали (НК), завдяки своїм унікальним властивостям, активно досліджуються для використання в екологічно стійких технологіях. Однак виробничі процеси повинні відповідати сучасним екологічним вимогам, щоб зменшити забруднення та енергетичні витрати.

Традиційні методи синтезу ниткоподібних кристалів, такі як хімічне осадження з парової фази (CVD), можуть бути енергомісткими і призводити до утворення шкідливих відходів. Щоб знизити екологічний вплив, сучасні підходи зосереджені на розробці технологій з мінімальним використанням токсичних реагентів та оптимізацією енергоспоживання. Наприклад, використання низькотемпературного синтезу або біосумісних хімічних агентів дозволяє скоротити викиди шкідливих речовин та підвищити ефективність процесів.

Під час виробництва ниткоподібних кристалів важливо мінімізувати викиди парникових газів, твердих відходів та токсичних речовин. Одним з перспективних рішень є застосування відновлюваних джерел енергії на етапах виробництва, а також рециклінг відходів процесу синтезу. Використання "зелених" методів обробки поверхні кристалів також дозволяє зменшити використання агресивних хімічних речовин, що скорочує загальний негативний вплив на екосистему.

Виробництво ниткоподібних кристалів часто вимагає значних ресурсів, зокрема рідкісних металів. Для зменшення навантаження на довкілля важливо розробляти стратегії більш раціонального використання сировини. Це може включати перехід до використання вторинних матеріалів та розробку технологій, що дозволяють створювати кристали з більш простих і поширених ресурсів, що підлягають легкому отриманню та переробці.

Попри потенційні виклики у виробництві, ниткоподібні кристали мають значний позитивний екологічний ефект під час їхнього застосування. Вони можуть бути використані для підвищення енергоефективності в сонячних батареях, системах зберігання енергії та електронних пристроях. Завдяки цьому зменшується загальний обсяг викидів CO<sub>2</sub> та енергоспоживання.

Подальше вдосконалення екологічно чистих технологій для синтезу НК відкриває можливості для створення матеріалів, які не тільки мають високі експлуатаційні характеристики, але й мінімальний вплив на природу. Впровадження новітніх методів контролю якості та зменшення енергетичних витрат у виробничих процесах дозволить досягти вищого рівня екологічної стійкості.

Розробка екологічно чистих технологій синтезу ниткоподібних кристалів є важливим кроком на шляху до сталого розвитку. Мінімізація впливу на довкілля у поєднанні з високою енергоефективністю цих матеріалів робить їх перспективним вибором для екологічно орієнтованих технологій майбутнього.

ПРИХОДЬКО В.Ю., САФРАНОВ Т.А. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЗМІН УТВОРЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова  
65016, вул. Львівська, 15, Одеса, Україна; vks26@ua.fm*

**Abstract.** The paper presents an analysis of data on household waste generation in the regions of Ukraine for the period 2018-2021 (2023). On average, the volume of waste generation decreased by 4.38%, but the weight increased by 3.52%. Waste collection rates increased by 12% compared to the period before 2018. An analysis of specific waste generation rates for 24 regions shows heterogeneity and inconsistency in the data.

Для аналізу стану сфери побутових відходів в Україні важливим є вивчення генерації відходів на регіональному та місцевому рівнях. Серед показників, за якими можна охарактеризувати стан сфери відходів є індикатори утворення відходів – це питома збирання побутових відходів ( $\text{м}^3/\text{люд.}$  або в  $\text{т}/\text{люд.}$ ) та норматив надання послуги з вивезення (управління) відходами, який є, по суті, нормативом утворення відходів у певному населеному пункті.

Аналіз вихідних даних показав, що найбільші обсяги збирання та захоронення характерні для найбільших за площею та населенням регіонів України – Київської (з м. Київ) та Львівської областей. Найменші значення збирання та захоронення побутових відходів за обсягом – для Чернівецької та частини Луганської областей, а за масою – для Кіровоградської та Сумської областей відповідно. Опрацювання масиву даних з кількісних показників утворення відходів показало, що є певні неузгодженості у вихідних даних, які ускладнюють аналіз і інтерпретацію даних. Наприклад, аналіз динаміки кількості твердих побутових відходів (ТПВ) за період 2011-2021 рр. з використанням двох джерел даних – статистичного щорічника «Довкілля України 2011» (одиниці вимірювання – тони) та «Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища у 2011» (одиниці вимірювання –  $\text{м}^3$ ) – показав, що для 9 з 24 областей спостерігається неузгодженість результатів визначення динаміки утворення відходів. Дослідження динаміки кількості утворених відходів за 10-річний період показало, що в середньому по Україні маса зібраних побутових відходів збільшилися на 9,8%, а об'єм – на 5,6%.

З початком повномасштабного вторгнення найбільш інтенсивний спад у кількості зібраних побутових відходів відбувся у Херсонській (-97%) та Донецькій (-63%) областях, території яких значною мірою окуповані або на них ведуться активні бойові дії. Зазначимо, що знизилася кількість зібраних відходів у Дніпропетровській (-42% за об'ємом) та Тернопільській (-35% за об'ємом та -70% за масою) областях. Натомість зросла кількість зібраних відходів в Одеській (на 67,7%), Кіровоградській (40,6 та 84,8%), Київській (33% за об'ємом) областях. В середньому в Україні об'єм зібраних відходів впав на 13,7%, а маса – на 10,7%.

Питома утворення ТПВ також можна оцінити через показник норми надання послуг з вивезення відходів (управління відходами). Це фактично норматив або питома утворення відходів. Це індикатор утворення відходів на місцевому рівні. Середнє значення норми надання послуг з вивезення відходів, розраховане за даними для 23 обласних центрів України, склало  $2,20 \text{ м}^3/\text{люд.}$  або  $355 \text{ кг}/\text{люд.}$  за рік. Максимальне значення характерно для Одеси –  $3,3 \text{ м}^3/\text{люд.}$ , мінімальне –  $1,558 \text{ м}^3/\text{люд.}$  для Сум. Що стосується норми надання послуг з вивезення ТПВ в одиницях маси, то середнє значення склало  $355,5 \text{ кг}/\text{люд.}$  Коефіцієнт варіації склав 0,161, що дозволяє зробити висновок щодо однорідності вибірки даних.

Для аналізу часових змін нормативу надання послуг з вивезення відходів рубіжним обраний 2018 р. Так, середнє значення норми надання послуг з вивезення ТПВ до 2018 р. склало  $1,93 \text{ м}^3/\text{люд.}$ , що на 12% нижче значення за сучасний період.

Таким чином, аналіз показників-індикаторів утворення побутових відходів є необхідним з переліку показників для оцінки ситуації з твердими побутовими відходами на регіональному рівні.

БЛАЖІВСЬКА О.Я. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД У МЕЖАХ БАСЕЙНУ Р. РАТИ

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
79000, вул. Університетська, 1, Львів, Україна; zag\_kan@lnu.edu.ua*

**Abstract.** The Rata River Basin Nature Reserve Fund (Vistula River Basin area) plays an important role in preserving the unique natural resources and ecosystems of this region. The study of this topic focuses on the need to protect rare species of plants and animals, as well as on environmental problems caused by human activity. The article emphasizes the need for further development of environmental protection measures to maintain the ecological stability of the river basin.

В умовах інтенсивного перетворення навколишнього природного середовища в межах басейну р. Рати (лівої притоки р. Західний Буг – район річкового басейну Вісли) актуальним є пошук шляхів збереження біотичного і ландшафтного різноманіття та забезпечення умов для сталого природокористування в межах території дослідження та в Україні загалом. Сьогодні одним із найефективніших способів досягнути цієї мети є формування екологічних мереж різного рівня.

Основне завдання законодавства України щодо природно-заповідного фонду (ПЗФ) є регулювання суспільних відносин в організації охорони і використанні територій та об'єктів природно-заповідного фонду, відтворенні їхніх природних комплексів, управлінні у цій галузі.

Найдавнішим об'єктом ПЗФ на території басейну р. Рати є «Волицький» ботанічний заказник загальнодержавного значення. Територія заказника – це мезотрофне болото, де переважають осоково-сфагнові угруповання з типовою флорою. Охороняється як місце зростання рідкісних та лікарських видів рослин, серед яких: журавлина звичайна, росичка круглолиста, валеріана.

Станом на 2023 р. на території річково-басейнової системи Рати розташовано 19 об'єктів природно-заповідного фонду загальною площею 271,62 км<sup>2</sup>, що становить 15 % від загальної площі басейну. Вони включають землі як природних, так і штучно створених природоохоронних об'єктів. До складу басейну р. Рати входять: 1 національний природний парк «Яворівський», 1 регіональний ландшафтний парк «Равське Розточчя», 7 заказників різного типу (з них 2 ботанічні, 2 лісові та по одному гідрологічному, ландшафтному, ентомологічному), 4 заповідні урочища, 3 ботанічні пам'ятки природи, 2 дендрологічні парки на території України; 1 ландшафтний парк «Південне Розточчя» на території Польщі.

Переважній більшості об'єктів ПЗФ басейну (89,5 %) надано статус місцевого значення, що покладає обов'язки щодо їхньої охорони передусім на органи місцевого самоврядування. Щодо заповідних територій та об'єктів загальнодержавного значення, то таких у межах басейну р. Рати станом на 2023 р. нараховують 2. Це Національний природний парк (НПП) «Яворівський» та ботанічний заказник «Волицький».

Аналіз просторового поширення на території басейну природоохоронних об'єктів показує, що потрібно охопити ними також долину річки Рата та нижні течії її правосторонніх приток, які за нашими дослідженнями зазнають інтенсивного антропогенного впливу.

СКИБА Т.К. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
79007, вул. Клепарівська, 35, Львів, Україна, ldubzh.lviv@dsns.gov.ua*

**Abstract.** The problem of waste management in Ukraine requires specific solutions and compliance with regulations. Increasing waste volumes and the lack of perfect methods for their disposal cause landfills to become overloaded and unauthorized dumpsites to form. The environmental hazard of landfills is the formation of landfill gas and leachate. Therefore, in addition to the daily pollution of environmental components, fires and spontaneous combustion are common at landfills, which increase the existing environmental risks.

Екологічні загрози та небезпечні фактори, що виникають в результаті антропогенної діяльності, зростають з кожним днем. Кожен вид діяльності спричиняє утворення різного обсягу відходів, що потребують конкретних шляхів утилізації та поводження з ними.

Проблема поводження з відходами, як промисловими, так і побутовими, є однією з головних в Україні та у світі. Як відомо, найнебезпечнішими чинниками на сміттєзвалищах є звалищний газ (основний компонент – метан) та фільтрат.

Ще однією масштабною проблемою для України є відходи руйнації внаслідок повномасштабної агресії РФ на території України. За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України їх вже утворилося понад 607 тисяч тонн. Важливою є допомога у їх переробці та подальшому використанні.

У зв'язку з перевантаженням уже існуючих впродовж десятків років полігонів ТПВ виникає все більше несанкціонованих сміттєзвалищ на різних територіях. Звалища відходів є джерелами наступних небезпек: утворення фільтрату та звалищного газу, розповсюдження інфекційних хвороб, забруднення ґрунтових горизонтів, підземних вод, повітря. Недотримання вимог щодо безпечної експлуатації місць видалення відходів (відсутність систем дегазації, збирання та відведення фільтрату та інше) спричиняє виникнення пожеж, що викликає швидке поширення токсичних газів, горизонтальну та вертикальну міграцію небезпечних компонентів на прилеглі території та підвищення температури повітря та ґрунту.

Тому важливими заходами щодо безпечного функціонування об'єктів місць розміщення та захоронення твердих побутових відходів є проведення їх рекультивациі та фітомеліоративних заходів. Усі сміттєзвалища та полігони повинні бути рекультивовані за правилами, щоб уникнути екологічної катастрофи, а відновлені ґрунти потребують якісного озеленення.

Важливим способом виявлення та прогнозування змін у певному середовищі або екосистемі є біоіндикація. Завдяки певним видам рослин, грибів, мікроорганізмів можна визначити стан забруднення певної ділянки. Особливо ефективним є застосування макроміцетів для виявлення певних забруднювачів на техногенно порушених ландшафтах.

Ефективні способи боротьби з порушеннями при поводженні з відходами, як побутовими, так промисловими, в тому числі небезпечними, є штрафні санкції, як показує досвід європейських країн.

Також важливими аспектами є врегулювання законодавчої бази та дотримання її вимог суб'єктами утворення відходів, ну і, звичайно, закордонний досвід у сфері поводження з відходами. Дані заходи в Україні зараз в активній стадії у зв'язку з перспективою євроінтеграції.

СКИБА В.П.<sup>1</sup> (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ),  
ВОЗНЮК Н.М.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, РІВНЕ)

## ЯКІСТЬ ВОДИ ЯК ІНДИКАТОР СТАЛОГО РОЗВИТКУ

<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,  
69063, вул. Університетська, 66, м. Запоріжжя, Україна;

<sup>2</sup>Національний університет водного господарства та природокористування,  
33000, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна

**Abstract.** Abstract: Water pollution remains a significant issue in the modern world, and its resolution has become a top priority for sustainable development. The 2030 Agenda for Sustainable Development prioritizes water quality in international actions by establishing a specific goal (SDG 6: "Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all"), aimed at addressing the urgent challenges related to water pollution.

Програма підтримки ЦСР 6 «Інтегроване управління водними ресурсами» (IWRM) створена під керівництвом ЮНЕП і координується Глобальним водним партнерством (GWP) з метою прискорення прогресу для досягнення цілей сталого розвитку, у тому числі пов'язаних з водою, відповідно до національних пріоритетів. Дана програма є координуючою ініціативою для узагальнення всіх чинних методологій. Дана ініціатива базується на ключових індикаторах: 6.1. Питна вода; 6.2. Санітарія та гігієна; 6.3.1 Стічні води; 6.3.2 Якість води; 6.4.1 Ефективність використання води; 6.4.2 Водний стрес; 6.5.1 Управління водними ресурсами; 6.5.2 Транскордонне співробітництво; 6.6.1 Екосистеми; 6.a.1 Міжнародне співробітництво; 6.b.1 Участь зацікавлених сторін.

Ціль 6.3 передбачає глобальні зусилля спрямовані на покращення якості води шляхом зменшення забруднення, усунення скидання та мінімізації скидів та викидів небезпечних хімічних речовин і матеріалів, скорочення вдвічі частки неочищених стічних вод і значного збільшення перероблення та безпечного повторного використання в усьому світі.

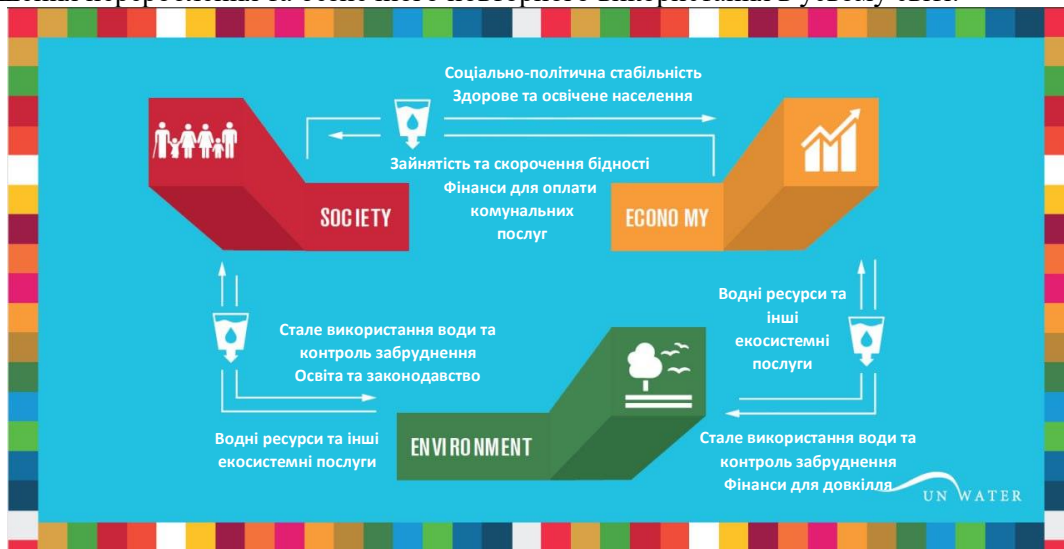


Рис. 1. Взаємозв'язки ЦСР 6 в триаді сталого розвитку

На сьогодні Програма ООН з довкілля (UNEP) працює над розробкою узгодженого підходу до встановлення проблем, пов'язаних з водою, що має повною мірою забезпечити реалізацію ЦСР 6 (IMI-SDG6). UN-Water розроблено портал даних «UN-Water SDG 6 Data Portal» та впроваджено Глобальну ініціативу комплексного моніторингу для ЦСР 6. Станом на 2021 рік 96 країн світу долучились до цієї ініціативи, а вже у 2023 році це показник досягнув 123 країни світу. Показник ЦСР 6.3.2 станом на 2023 р. відображає, що 56 % поверхневих водних об'єктів світу відповідають критерію «добра» якість води.

БУДНІК С.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ, КЛІМАТУ ТА МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАНЬ

*Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського,  
03028, Проспект Науки, б.39, корп.2, м.Київ, Україна, svetlana\_budnik@ukr.net*

**Abstract.** Changes in climate are caused by changes in water temperature in rivers. An increase in both the average and maximum water temperature across the river is guarded against. These changes are more noticeable at the hour, lower down the river. The maximum water temperature can be attributed to that which is recorded at 8 to 20 years of age of the skin.

Температура води у річках є одним з важливіших показників її стану, вона входить до переліку обов'язкових показників при контролі її якості. Температурний режим річок має суттєве значення для функціонування місцевих біоценозів, впливає на фізико-хімічні, в тому числі й окисно-відновні процеси в них тощо.

Аналіз матеріалів спостережень по річці Горинь показав, що середня температура води за рік зростає й причому вона у більшому ступені змінюється в часі ніж по довжині річки Найменша температура спостерігається ближче до витoku річки й до її гирла, що відмічають й інші дослідники. Однак, треба вміти вирізняти дійсно природний вплив на об'єкт досліджень, від антропогенних впливів та помилок вимірювань або порушеннями їх регламенту. Так, у 6.07.2020 р. на гідрологічному посту р. Малий Кальчик – п. Кременівка відмічено тмпературу води у 38,2 °С при температурі повітря у цей час 39,5 °С. Температуру води у річках вимірюють у 8 годин ранку та 20 годин вечора (рис.а). Оскільки п.Кременівка – це є пост (має обмежений перелік вимірюваних параметрів), для уточнень була взята метеостанція м.Волноваха, що розташована поблизу. На (рис.б) представлено хід температури повітря й поверхні ґрунту за період з 01.07.2020 по 9.07.2020 по метеостанції Волноваха з якого видно, що максимальна за добу температура повітря й поверхні ґрунту відмічалась у 12 годин кожного дня цього періоду спостережень. Тоб-то максимальна температура води й повітря по посту Кременівка мали мати місце у цей день, але не у 20 годин вечора.

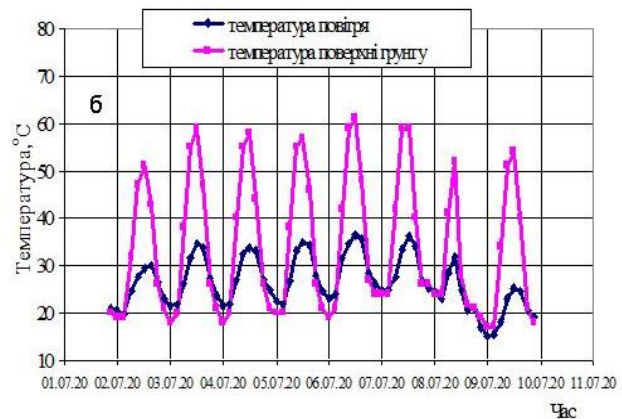
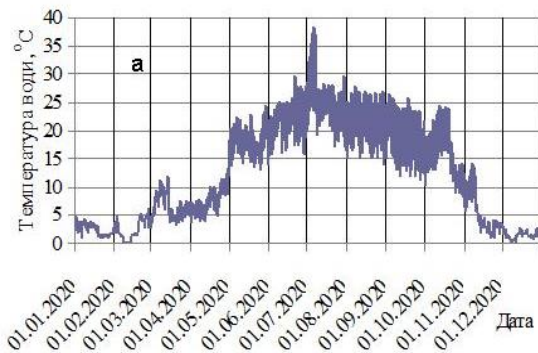


Рис. а) Хід температури води р. Малий Кальчик- Кременівка 2020 р. (виміри у 8 та 20 годин); б) хід температури повітря та поверхні ґрунту по метеостанції Волноваха за 1-9.07.2020 р. (виміри через 3 години).

Максимальна температура води дійсно може (й повинна) бути вищою за ту, що фіксується у 8 чи 20 годин кожної доби й з яких наводиться значення найвищої температури води у гідрологічних щорічниках за поточний рік. Цей показник важливий для рибогосподарських підприємств (замор риби), екологічних установ (особливості протікання процесів самоочистки водних об'єктів) й інш. Тоб-то зміни клімату можуть викликати негативні явища через підвищення саме температури води у водних об'єктах й фіксація дійсно максимальної температури води виявляється важливою справою, але при цьому слід вказувати й час спостережень (якщо це зафіксовано не у звичайний строк спостережень).

**ІВАНЕНКО М.К., РИЛЬСЬКИЙ О.Ф. (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ)**  
**КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПІДХОДУ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ**  
**АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ**

*Департамент захисту довкілля Запорізької обласної державної адміністрації  
 69107, пр. Соборний, 164, Запоріжжя, Україна; dzd@zoda.gov.ua  
 Запорізький національний університет  
 69600, вул. Жуковського, 66, Запоріжжя, Україна; znu@znu.edu.ua*

**Abstract.** The Complex Air Pollution Index (CAPI) is widely used in Ukraine to monitor air quality, but this study reveals significant limitations in its methodology and application. This research explores the shortcomings of CAPI, including its inability to accurately compare air quality across different regions and its failure to account for the combined effects of pollutants. The study advocates for the development of more robust and comprehensive approaches to air quality assessment.

Оцінка якості атмосферного повітря є критично важливою для забезпечення здоров'я населення та збереження довкілля, особливо в міських агломераціях, де рівень забруднення часто є високим. У багатьох містах України для моніторингу стану повітря використовується Комплексний індекс забруднення атмосфери (КІЗА). Цей індекс призначений для інтеграції даних про концентрацію забруднюючих речовин у єдиний показник, що дозволяє спростити оцінку якості повітря та порівняння між різними населеними пунктами.

Проте, незважаючи на популярність і поширене використання КІЗА, цей індекс має ряд суттєвих обмежень, які ставлять під сумнів його ефективність як інструмента для комплексної оцінки якості атмосферного повітря.

Метою цього дослідження є аналіз основних недоліків КІЗА та обґрунтування необхідності розробки і використання альтернативних підходів, які можуть забезпечити більш точну і комплексну оцінку стану атмосферного повітря в містах.

Розрахунок КІЗА здійснюється відповідно до формули (1), яка враховує сукупний вплив  $l$  речовин, що знаходяться в атмосферному повітрі:

$$I_l = \sum_{i=1}^l I_i = \sum_{i=1}^l \left[ \frac{\bar{q}}{\Gamma_{\text{ДК}}}_{\text{cd}} \right]_i^{C_i}, \quad (1)$$

Одним з основних недоліків КІЗА є припущення про те, що будь-яка кількість забруднюючої речовини має шкідливий вплив на людину. Це суперечить визначенню гранично допустимої концентрації (ГДК), згідно з яким при концентраціях, значно нижчих за ГДК, забруднюючі речовини не мають шкідливого впливу на здоров'я людини, незалежно від класу небезпеки.

КІЗА розраховується на основі різної кількості забруднюючих речовин для різних міст. Це призводить до проблеми порівняння рівня забруднення між населеними пунктами, оскільки для деяких міст індекс визначається лише за трьома забруднювачами, тоді як для інших враховується до одинадцяти речовин. Така варіативність у складі забруднювачів робить результати непорівнянними і ускладнює об'єктивну оцінку загального стану атмосферного повітря.

Відсутність чітких меж і категорій для оцінки рівнів КІЗА не дозволяє однозначно класифікувати якість повітря. Це ускладнює розробку конкретних рекомендацій та заходів для зменшення забруднення, оскільки немає чітких орієнтирів для визначення необхідних дій.

Існуюча методологія розрахунку та застосування КІЗА потребує суттєвого перегляду та вдосконалення. Необхідно більш коректно враховувати наукові дані щодо впливу забруднюючих речовин на здоров'я людини, особливості їх комбінованої дії та часові характеристики впливу.

Альтернативні методи, такі як розрахунок ризиків для здоров'я, моделювання просторового розподілу, аналіз динаміки концентрацій та урахування метеорологічних умов, можуть суттєво покращити точність оцінки якості повітря і сприяти розробці ефективніших природоохоронних заходів.

Запропоновані зміни та альтернативні методи дозволять підвищити об'єктивність оцінки якості атмосферного повітря та ефективність прийняття рішень щодо його охорони. Подальші дослідження мають бути спрямовані на експериментальну перевірку запропонованих модифікацій КІЗА та розробку більш комплексних підходів.

КРИХОВЕЦЬ О.В., СЛОБОДЯНИК В.Г. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОРОЗКЛАДНИХ ПЛІВОК НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ І КРОХМАЛЮ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ПАКУВАННЯ

*Національний університет «Львівська політехніка», ІПМТ  
79020 Львів вул. під Голоском, 19 Oleksandra.V.Krykhovets@lpnu.ua*

**Abstract.** Replacing plastic packaging with biodegradable materials is a requirement of our time. Biodegradable films based on polyvinyl alcohol and starch are practically transparent, soft and elastic, durable and can be used as ecological packaging.

Зростання об'ємів відходів, зокрема відходів пакування, у сучасному світі стає актуальною проблемою. Згідно Директиви Європейського Парламенту і Ради 94/62/ЄС від 20 грудня 1994 року про пакування та відходи пакування, першочерговим є попередження утворення відходів від упаковки, повторне використання упаковки, переробка та інші форми повторного використання відходів від упаковки, скорочення обсягу кінцевої утилізації відходів; регулювання складу та відновлюваний характер упаковки. Відмова від використання пластикового пакування, «тривалість життя» якого досягає кількох десятків років, дозволить зменшити навантаження на оточуюче середовище. Зростає потреба в екологічних пакувальних матеріалах, здатних до біорозкладання. Окрім позиції свідомого споживання, зростанню ринку біорозкладної пакувальної продукції сприяє зростання попиту у харчовій промисловості, сільському господарстві та садівництві, для побутових потреб населення.

У харчовій промисловості вже знайшли застосування біорозкладні істивні плівки на основі таких природних полімерів як крохмаль, целюлоза, білок. З синтетичних біорозкладних матеріалів найбільший інтерес представляє полівініловий спирт (ПВС). Плівки на основі ПВС мають хороші бар'єрні характеристики, а в поєднанні з модифікаторами та іншими добавками з екологічно сумісних матеріалів можуть покращувати свої експлуатаційні характеристики і розширювати спектр застосувань.

Метою нашої роботи було одержання біорозкладних плівкових матеріалів на основі полівінілового спирту і крохмалю для екологічного пакування. Як вихідні матеріали використовували ПВС Polyviol 6 04/140, гліцерин ФС 42-2202-84, крохмаль водорозчинний. Плівки отримували методом поливу.

Встановлено, що при розчиненні полівінілового спирту і крохмалю у співвідношенні в межах 2:1 – 2:0,5 вже при кімнатній температурі спостерігається желеутворення і загустіння. Встановлено, що оптимальним для отримання плівкових матеріалів є співвідношення ПВС і крохмалю 5:1-5:2. Одержані плівки однорідні, м'які, еластичні на дотик, добре тягнуться. Товщина плівок знаходиться в межах 0,15-0,17 мм. Розривне зусилля знаходилось в межах 300-490 Н, а розтяг – 114-129 мм. За фізико-механічними властивостями плівки, що містять ПВС і крохмаль, проявляють кращі характеристики, ніж плівки на основі ПВС без додавання крохмалю. Одержані плівки практично прозорі, досить міцні і можуть бути використані в якості екологічного пакування.



САЛАМАХА І.Ю.<sup>1</sup>, ГОРДІЙЧУК Л.М.<sup>2</sup>, ГОРДІЙЧУК Н.М.<sup>2</sup>,  
ЛИСАК Г.А.<sup>1</sup> (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, УТВОРЕНИХ УНАСЛІДОК ВІЙНИ В УКРАЇНІ

<sup>1</sup>Львівський національний університет природокористування,  
80831, вул. В. Великого, 1, Дубляни, Україна: [salatakhairyna@ukr.net](mailto:salatakhairyna@ukr.net)

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені  
С.З. Гжицького, 79010, вул. Пекарська, 50, Львів, Україна: [lagordiychuk@gmail.com](mailto:lagordiychuk@gmail.com)

**Abstract.** The large-scale russian armed aggression against Ukraine has led to a sharp increase in the amount of specific waste, including damaged and abandoned vehicles and equipment, shell debris, construction waste, and household waste. Some of the waste is quite toxic, especially shell fragments, medical waste, and construction debris containing asbestos and heavy metals. The work of clearing the debris caused by the hostilities and cleaning up the settlements from the remains of destroyed structures is already underway today.

Однією з найбільших наслідків воєнних дій є відходи від руйнації інфраструктури. Російські війська знищили в Україні понад 200 тис. житлових будинків. Ще до повномасштабної війни будівельні відходи складали основну частку відходів на сміттєвих полігонах, адже вони мають великий об'єм, а під час реконструкції чи будівництва залишається дуже багато відходів.

Ситуація на полігонах погіршується, адже й до війни вирішувати проблеми несанкціонованих сміттєзвалищ ніхто не поспішав, а після війни збільшується кількість не лише твердих побутових відходів, а й відходів післявоєнних дій, вирішувати проблему яких також доведеться нашій країні. Зокрема будівельні уламки, які неможливо використати повторно – термодетформовані та ті, що містять азбест, вірогідно потраплять на звалища.

Деякі будівельні відходи можна переробити на сировину для виробництва інших, дешевших матеріалів. Однак це потребує лабораторних досліджень та процесу самої переробки, яка може бути досить дорогою.

Щодо утилізації відходів від руйнації, у першу чергу їх необхідно відсортувати. Вони відрізняються від будівельних відходів, адже металопластик і скло, матеріали оздоблення фасаду, армувальна сітка, мінеральна вата, матеріали внутрішнього оздоблення, стінові матеріали, покрівля, побутові речі й уламки деревини – окремо всі ці залишки могли б бути використані, але в наявному стані, коли всі вони змішані в розвалах, потребують дуже ретельного сортування. Все це має бути розібрано вручну, механічним способом, оскільки всередині можуть знаходитись нерозірвані снаряди або навіть тіла людей. Після сортування необхідно визначити групи матеріалів, які можуть бути використані повторно (наприклад, скло, метал, пластик, бетон), а які не підлягають переробці й потребують утилізації (наприклад, термодетформовані елементи теплоізоляції фасаду).

Міністерство розвитку громад та територій України спільно з Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України та Конфедерацією будівельників України розробляють механізми утилізації та повторного використання будівельних відходів, що утворилися внаслідок масових руйнувань інфраструктури з метою недопущення екологічного лиха.

Звісно, сьогодні ведеться робота з розбирання завалів, що утворилися внаслідок бойових дій, та очищення населених пунктів від уламків зруйнованих об'єктів. Такі будівельні відходи можуть мати повторне використання не тільки при відновленні пошкоджених об'єктів, а й при виробництві будівельних матеріалів. Відходи, що непридатні для переробки та використання як вторинна сировина, підлягатимуть складуванню та подальшій безпечній з точки зору впливу на довкілля утилізації.

В короткостроковій перспективі для ефективного поводження з відходами війни Україна має зосередитися на усуненні та зменшенні безпосередніх ризиків для здоров'я людини та довкілля. Підготовка та проведення комплексних заходів з очищення навколишнього середовища, особливо пов'язаних зі збиранням, безпечним видаленням та поводженням з величезною кількістю воєнних та інших відходів, дасть змогу зменшити безпосередні ризики для здоров'я населення.

RADOMSKA M., HUZ V. (UKRAINE, KYIV)

## THE PROSPECTS OF FORMATION OF ECOLOGICAL NETWORK FOR THE CITY OF KYIV

*National Aviation University*

*1, L. Huzar Ave., Kyiv, Ukraine; m.m.radomskaya@gmail.com*

**Abstract.** The perspectives of preventing environmental quality degradation in the city of Kyiv through the support and conservation of urban biodiversity was considered. Four key eco-corridors were developed to help connect green areas with each other and increase the number of local bird and small mammal species, reduce summer temperatures, and reduce the concentration of fine particulate matter. Theoretical locations for the creation of new green areas have been identified in Obolon and Desnianskyi districts, which are intensively built up and require the integration of new green areas to form an ecological network.

Formation of ecological networks involves the creation and management of interconnected natural or semi-natural areas that facilitate the movement of species, maintain biodiversity, and provide ecosystem services. These networks are vital for conserving biodiversity, promoting ecological resilience, and mitigating the impacts of habitat fragmentation and climate change.

The key aspects of forming ecological networks is the identification of core areas, corridors, buffer zones and transition areas. In case of urban areas, it is possible to identify core areas are regions with high ecological value and significant role in supporting ecological balance in a city. However, corridors and buffer zone are quite often hard to delineate due to dense development of the area conflicts with other land uses. Thus, the creation of an ecological network in a city should make use of all possible variations of green spaces, water systems, recreational and sports facilities, as well as open spaces like sanitary protection zones.

Kyiv, as one of the largest cities in Ukraine, faces numerous environmental challenges resulting from intensive urbanization and industrialization. The main environmental threats that affect the functioning of ecological networks in Kyiv include environmental pollution, habitat fragmentation, invasive species, climate change, and overuse of natural resources. Still, the area of the city possesses a range of valuable natural features, including National natural park, botanic gardens, a range of protected areas with official status and vast parks of recreational purpose.

Having analyzed the available data, four eco-corridors were offered, connecting the Dnipro waterfront to the green areas in Voskresensky area, the Park Nyvky neighborhoods and the verdant surroundings of Vozdvyzhenka, the forests of the Svyatoshinsky and Goloseevsky districts, and the coastal zone of the Dnipro with forests in the Darnytskyi district. Their configuration helps in mitigating such problems as habitat fragmentation, loss of green spaces and human-wildlife conflicts. Positive side effects, such as reduction of air and noise pollution, as well as contribution in adaptation to climate changes are also valuable benefits of the developed ecological network.

Despite their advantages, the corridors encounters challenges such as railroad tracks, industrial zones, and numerous garages, necessitating careful planning and environmental protection measures. Areas lacking vegetation due to technogenic characteristics require enhancement through well-designed greening initiatives to improve corridor efficiency and environmental sustainability. Thus, we offer to create new green areas in Obolonskyi and Desnyanskyi districts for the provision of the corridor's integrity.

Overall, the proposed eco-corridors present a significant opportunity to enhance the urban environment and improve ecological connectivity. With careful planning and implementation of greening initiatives, it has the potential to become a valuable asset for both the local community and the surrounding ecosystem.

The project includes a number of activities, such as planting native plant species, creating water bodies, installing green roofs and walls, and implementing green infrastructure for wastewater management. An important aspect is also the ongoing monitoring and adaptive management of the ecological network, which will allow for a rapid response to challenges and ensure the sustainable development of ecosystems.

ЗИНЧУК Д.В., ВРОНСЬКА І.Ю., ГУБАРИК В.А., МАСЛОВСЬКА О.Д.,  
ГНАТУШ С.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**ФІТОСТИМУЛОВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ БАКТЕРІЙ, ВИДІЛЕНИХ З  
ЕНДОСФЕРИ *COLOBANTHUS QUITENSIS* (KUNTH) BARTL.  
(О. КІНГ-ДЖОРДЖ, МОРСЬКА АНТАРКТИКА)**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна, diana.zinchuk@lnu.edu.ua*

**Abstract.** The work aimed to investigate the influence of endophytic microbiota *Colobanthus quitensis* on the growth parameters of seedlings of wheat *Triticum aestivum* L. cultivar Tybalt. The endophytic oligotrophic and copiotrophic isolates, which were resistant to NaCl and heavy metal compounds, and were able to synthesise siderophores and auxin-like compounds, isolated from *C. quitensis* (King George Island, Maritime Antarctica), were used in the study. The germination of wheat seeds of *T. aestivum* L. cultivar Tybalt was improved by isolates K-640 and O-637. All studied isolates had a positive effect on the development and growth of the root system of wheat plants. Isolates O-480, O-637, O-622, K-648, O-481 and O-635 had a positive effect on the pigment content in wheat leaves. The results obtained are promising in terms of the development of biological products to improve plant growth on soils contaminated with heavy metals.

Ендофіти антарктичних рослин позитивно впливають на продуктивність сільськогосподарських рослин помірних широт [Prekrasna et al., 2021]. Вони не лише сприяють росту й врожайності рослин, а й покращують родючість та якість ґрунту, поглинання поживних речовин, стимулюють стійкість рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища [Santos et al., 2018].

Метою роботи було дослідити вплив ендофітної мікробіоти *Colobanthus quitensis* на показники росту ярої пшениці *Triticum aestivum* L. сорту Tybalt. У роботі використали ендофітні оліготрофні та копіотрофні ізоляти, які є стійкими до NaCl і сполук важких металів, а також здатні синтезувати сидерофори і ауксиноподібні сполуки, виділені з *C. quitensis* (о. Кінг-Джордж, Морська Антарктика).

Насіння пшениці замочували у суспензії бактерій на добу і висівали у попередньо підготовлений вологий ґрунт. Насіння пшениці, замочене у стерильному 0,9 % розчині NaCl, було контролем. Насіння поміщали у товщу ґрунту, скроплювали водою у рівних її об'ємах та вирощували впродовж 14 діб за температури  $+20\pm 1$  °C. Проростання насіння пшениці визначали на 5 добу росту пшениці. Найкраще проростання насіння виявили у разі його оброблення ізолятами K-640 і K-465. Схожість насіння пшениці, обробленої ізолятами K-638, O-481, K-470, K-473 та O-637, була дещо вищою, порівняно з контролем. Вологість листків пшениці, насіння якої обробили ендофітними ізолятами, була  $89\pm 4$  %, а суха маса –  $11\pm 1$  %.

Довжина коренів пшениці, насіння якої обробили ізолятами O-636, K-638, K-619 та K-640, становила  $24\pm 2$  см, що значно перевищує показники контролю ( $15\pm 1$  см). Рослини, насіння яких обробили ізолятом K-468, мали найвищу висоту пагона ( $21\pm 1$  см). Усі досліджені ізоляти позитивно впливали на розвиток та ріст кореневої системи рослин пшениці, хоча висота пагонів майже не відрізнялася від висоти пагонів пшениці, насіння якої обробили 0,9 % розчином NaCl. Більшість ендофітних ізолятів проявили позитивний вплив на вміст пігментів у листках пшениці. Найвищий загальний вміст хлорофілу виявили у листках пшениці, насіння якої обробили оліготрофними ізолятами O-622, O-480 та O-481 ( $1426\pm 200$  мкг/г,  $1320\pm 190$  мкг/г,  $1250\pm 180$  мкг/г сирової маси рослини відповідно), порівняно з контролем ( $935\pm 140$  мкг/г сирової маси рослини). Встановили, що вміст хлорофілу у рослин, насіння яких обробили оліготрофними ізолятами, дещо вищий, ніж у рослин, насіння яких обробили копіотрофними ізолятами.

КОТИК С.Я., ПОПОВИЧ О.Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ВРАЗЛИВОСТІ МІСТ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна*

**Abstract.** Climate change has significant impacts on urban infrastructure, ecological sustainability, and the well-being of urban residents. Rising temperatures and erratic precipitation pose challenges to water supply and quality, threatening agriculture and urban life as a whole. Frequent floods and heavy rains demand modernization of drainage systems to prevent property damage and risks to public safety. Climate change will also negatively impact urban economies, as agriculture and food industries will become more vulnerable and require significant financial investment in infrastructure development. Urban green spaces, which play an important role in regulating the microclimate and mitigating the effects of urban heat islands, are also at risk. Without appropriate adaptation measures, climate change may exacerbate environmental disasters, affecting quality of life and overall urban resilience.

Зміни в кліматі можуть мати значний вплив на різні аспекти життя та інфраструктуру міста, включаючи економіку, здоров'я населення, безпеку та екологічну стійкість.

По-перше, міста стикається з різкими змінами температур та опадами, що може призвести до серйозних проблем у сфері забезпечення водопостачання та зберігання водних ресурсів. Періоди засухи можуть призвести до зниження рівня води в річках та ставках, що загрожує якістю питної води та сільському господарству.

Друга проблема полягає у збільшенні частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, таких як зливи та повені. Міста мають недостатньо розвинуту систему водовідведення та захисту від повеней, що призводить до значних матеріальних збитків та загрози безпеці життя населення.

Крім того, зміна клімату може впливати на економічний розвиток міста. Зміни в умовах вирощування сільськогосподарських культур можуть вплинути на дохідність сільськогосподарських господарств та спричинити зростання цін на продукти харчування. Крім того, інфраструктура міста може потребувати значних вкладень для адаптації до нових кліматичних умов, таких як підвищення захисних дамб, модернізація систем водопостачання та каналізації.

Населення міста також може бути вразливим до наслідків зміни клімату, особливо групи з низьким рівнем доходу та обмеженим доступом до ресурсів. Екстремальні погодні умови можуть ставити під загрозу життя та здоров'я цих людей, а також призводити до зростання витрат на лікування та відновлення після катастроф.

Зрештою, екологічна стійкість міста також може бути під загрозою через зміни в кліматі. Зменшення рівня лісового покриву та забруднення навколишнього середовища може призвести до зростання ризику природних катастроф, таких як лісові пожежі та зсуви ґрунту.

Також вразливість міських зелених зон до зміни клімату є важливим аспектом для подальшого розвитку міст. Оскільки зелені зони відіграють критичну роль у забезпеченні здоров'я та благополуччя міського населення, а також у модуляції мікроклімату міст. Основні виклики, з якими зіштовхуються міські зелені зони у контексті кліматичних змін, включають інтенсифікацію міських "теплових островів", зміну режиму опадів та підвищення температур, що може негативно впливати на виживання рослин та здоров'я міських екосистем.

До зелених насаджень загального користування належать: парки, сквери, вуличні озеленення, прибережні зони, лісопаркові зони. Основні переваги зелених насаджень: покращують якість повітря, зменшують рівень шуму, регулюють мікроклімат, знижують ризик виникнення повеней, створюють місця для відпочинку та релаксації.

БІЛОУС Р.І., ПОПОВИЧ О.Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ КЛІМАТУ НА ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, м. Львів, вул. Степана Бандери, 12*

**Abstract.** Environmental degradation and climate change critically impact children's health and development, particularly in underdeveloped regions. Disabled children are especially vulnerable during disasters. Pollution and resource depletion exacerbate health risks, while climate-related displacement affects mental well-being. Addressing child health, WASH, protection, and education is vital in mitigating these interconnected challenges.

Забруднення навколишнього середовища, надмірне використання природних ресурсів та погіршення ситуації, спричинене зміною клімату, негативно впливають на розвиток і благополуччя дітей. Часто сім'ї з дітьми в окремих економічно слабо розвинених областях залежать від доходів, одержуваних від експлуатації природних ресурсів. Зміна клімату чинитиме подальший вплив на доступність природних ресурсів.

Соціальні наслідки зміни клімату і пов'язані з ним екстремальні погодні явища поділяються на такі, що чинять прямий вплив на дітей (наприклад, порушення доступу до освіти та інших основних послуг після стихійних лих), та такі, що впливають на дітей опосередковано (наприклад, підвищення ризику насильства над дітьми через негативний вплив на психічне здоров'я осіб, які здійснюють догляд за ними). З огляду на багатовимірний характер впливу розвиток комплексної системи соціального захисту дітей має ключове значення для пом'якшення негативних наслідків зміни клімату на дітей, незалежно від типу впливу.

Діти з інвалідністю стають особливо вразливими внаслідок стихійних лих, що може вплинути на право таких дітей зростати в сімейному оточенні. Особливо це стосується дітей із особливими потребами, які мають високу ймовірність бути поміщеними до спеціальних установ після стихійного лиха.

Діти схильні до захворювань, спричинених забрудненням навколишнього середовища, і навіть вкрай низькі рівні впливу забруднюючих речовин в уразливі періоди внутрішньоутробного й раннього розвитку можуть призвести до захворювань, інвалідності та летальних випадків у дитинстві чи протягом усього їхнього життя.

Зміна місця проживання, спричинена зміною клімату, може також негативно вплинути на психічне здоров'я дітей. Це питання є недостатньо вивченим в Україні, оскільки дослідження взаємозв'язку між надзвичайними ситуаціями і психічним здоров'ям дітей обмежуються конфліктом на сході України. Однак, з огляду на ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру в майбутньому та необхідність розробки науково обґрунтованих стратегій для підвищення стійкості дітей і громад, потрібно вивчити вплив екстремальних погодних явищ на психічне здоров'я дітей та їхніх опікунів, а також більш уважно вивчити переселення, спричинені стихійними лихами.

Потенційний вплив кліматичних та екологічних небезпек, потрясінь і стресових факторів на життя та добробут дітей взаємопов'язані та складні. Серед найбільших проблем — здоров'я дітей, водопостачання, санітарія та гігієна, захист дітей та освіти.

ТРЕТЯК С.Ю., МАКСИМЮК А.Б., ПОПОВИЧ О.Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА МІКРОПЛАСТИКОМ

*Національний університет "Львівська політехніка",  
вул. С.Бандери, 12, Львів, 79013 Україна, coffice@lpnu.ua*

**Abstract.** The mass production of plastic and its long period of decomposition have led to the global problem of microplastic pollution of the aquatic environment. These small particles, as a persistent pollutant, accumulate in water, harming biodiversity and pose a serious threat to the ecosystem as a whole.

Мікропластик стає все більш серйозною проблемою через постійне зростання його виробництва в Європі та в усьому світі (понад 300 мільйонів тонн на рік). Водночас на звалищах вже знаходиться пластик, орієнтовний обсяг якого оцінюється приблизно у 5 мільярдів тонн. З часом він потрапляє в навколишнє середовище у вигляді мікропластику.

Мікропластик, що забруднює природні води, можна розділити на дві підгрупи – первинний і вторинний. До первинного мікропластику відносяться мікроскопічні частинки промислового виробництва – від гранул, призначених для виробництва пластмас до сферичних або аморфних частинок синтетичних полімерів, які використовуються при виробництві лікарських, гігієнічних і косметичних засобів. До вторинного мікропластику – текстильні мікроволокна, абразивні матеріали лакофарбової промисловості і фрагменти більш великих пластикових предметів. Значну частину їх складають упаковка і одноразові вироби, включаючи «біорозкладні» полімери. Глобальною проблемою, пов'язаною з мікропластиком, виявляється Велика тихоокеанська сміттєва пляма, «дрейфуючий острів» у північній частині Тихого океану, який складається приблизно з 3,5 мільйонів тонн пластику. Ця територія становить величезну загрозу для морської флори і фауни через те, що пластик не швидко розкладається, а лише змінює свою форму, розпадаючись на більш дрібні частинки. Ці частинки поглинаються фітопланктоном, який є їжею для риб і морських птахів, і потрапляють у харчовий ланцюг. За оцінками, приблизно 86% морських черепах, 36% морських птахів і 23% морських ссавців вживають мікропластик через їжу. Це становить загрозу для цілих екосистем.

Мікропластик також забруднює прісні поверхневі води, як проточні, так і стоячі. На частинках мікропластику можуть розвиватися водорості та бактерії, в тому числі хвороботворні. На них також можуть поглинатися органічні та неорганічні мікробруднювачі. Фракції мікропластику, присутні в поверхневих водах, значною мірою видаляються під час процесів очищення води, зокрема: під час фільтрації. Проте мікропластик поширений у питній воді, як бутильованій, так і водопровідній. У бутильовану воду він потрапляє в результаті вимивання стінок і кришок з пластикової пляшки. А у водопровідну через нездатність видалити деякі його дрібні фракції під час очищення.

Проблема забруднення водних ресурсів мікропластиком потребує ретельного дослідження. Пластик вже є найпоширенішим видом морського сміття в океанах, і ця проблема лише погіршується. Зростаюче занепокоєння щодо впливу пластику та мікропластику на довкілля підвищило рівень суспільної взаємодії та політичних зобов'язань. Понад 60 країн вже ввели податки або заборонили використання пластику, зокрема пластикових пакетів. Стратегія, спрямована на зменшення кількості пластику в довкіллі, є надзвичайно важливою. Навіть невеликі зусилля можуть зменшити кількість пластику в природі. Якщо викиди пластику залишаться на нинішньому рівні, то протягом 100 років ризики, пов'язані з мікропластиком у водних екосистемах, стануть поширенішими, що підвищить ризик для людини. Джерелом мікропластику є ми самі, коли використовуємо вироби з різних пластмас і синтетичних тканин. У цьому випадку така перевага полімерів, як довговічність, стає їхнім недоліком. Кожен з нас може зменшити особисте споживання пластикових виробів, що зменшить їх надходження в природу. А також природа здатна відновлюватися сама, якщо їй дати таку можливість.

ПЕТРУШКА К.І., МАКСИМЮК А.Б., СКУРЧАНСЬКИЙ Р.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ РАКЕТНИХ ОБСТРІЛІВ НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; katelyna.i.petrushka@lpnu.ua*

**Abstract.** The impact of the russian invasion on the ecology of Ukraine is complex and diverse. Military activity causes large-scale and long-term environmental degradation. The experience of the countries on whose territory military operations were conducted or are being conducted, testifies to their powerful influence on all components of the natural environment, in particular on soils. Studies have shown that military action has a powerful effect on the resilience of soils to combat-induced pollution. It is currently impossible to fully assess the impact of military and terrorist actions on the environment due to the lack of accurate information.

Останні військові дії в Україні зробили нашу країну однією з найбільш забруднених боєприпасами країн світу. Агресор (російська федерація) уже завдав і продовжує завдавати величезної шкоди населенню та інфраструктурі населених пунктів, де тривають бойові дії. Але війна також впливає на довкілля. Оскільки війна триває, ми не можемо знати про повний спектр і серйозність її екологічних наслідків, оскільки збір даних для подальшої перевірки та оцінки потребує постійного доступу. Із впевненістю можна сказати, що тисячі вже задокументованих випадків забруднення ґрунту, повітря і води та погіршення стану екосистеми, на жаль, будуть тільки збільшуватись.

За визначенням, сталість розвитку, слід розуміти як його безперервність та неспинність; він не можливий, якщо йому на заваді стає війна. Війна забрала життя десятків тисяч українців, змусила мільйони громадян стати вимушеними переселенцями, знищила мирні громади, завдала серйозної шкоди економіці та довкіллю. Сталість, не кажучи вже про сталий розвиток, дійсно виглядає по-іншому.

Окрім наслідків від влучання, ракета сама по собі створює негативний ефект для довкілля. Будь-яка ракета містить паливо, вибухівку та детонатор. Навіть у випадку знищення відбувається хімічне забруднення атмосфери хімічними сполуками цих компонентів. У реальних умовах продукти вибуху ракети та її палива можуть взаємодіяти між собою, з ґрунтовими водами, з вологою повітря та киснем. Відомо, що типовими речовинами які використовуються для детонації, є різні сполуки свинцю. Як сам свинець, так і його сполуки (такі як PbO, PbO<sub>2</sub>) є токсичними для організму людини та відносяться до високонебезпечних речовин. Навіть вибухові пристрої, які не здетонували під час обстрілу, залишаючись в навколишньому середовищі, можуть вступати в хімічну реакцію з іншими елементами, що призводить до забруднення ґрунту та атмосфери. Ці речовини також можуть потрапити в ґрунт та мігрувати до ґрунтових вод, впливаючи на біоту і людей через харчовий ланцюг.

Однак відомо, що під час вибуху ракет і артилерійських снарядів утворюється широкий спектр хімічних сполук, включаючи оксид вуглецю (CO), вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), водяна пара (H<sub>2</sub>O), бурий газ (NO), закис азоту (N<sub>2</sub>O), діоксид азоту (NO<sub>2</sub>), формальдегід (CH<sub>2</sub>O), пари ціанової кислоти (HCN), азот (N<sub>2</sub>), і значну кількість токсичних органічних сполук. Ці речовини окислюють навколишні ґрунти, деревину, торф та будівлі. Металеві уламки снарядів, які потрапляють у навколишнє середовище, також несуть ризик і можуть бути небезпечними. Зазвичай, чавун з домішками сталі використовується для виробництва боєприпасів і включає в себе не лише залізо і вуглець, але також сірку і мідь. Ці речовини можуть потрапити у ґрунт і навіть мігрувати до ґрунтових вод, що може впливати на екосистему і потенційно впливати на тварин і людей через харчовий ланцюг. На менших масштабах, але з більшою різноманітністю впливів, джерелами забруднення можуть бути пошкоджена військова техніка, літаки та інші залишки бойових дій. Тобто можемо стверджувати, що всі виявлені елементи в ґрунті створюють значний і дуже високий рівень забруднення ґрунту у місцях ракетних обстрілів.

DZHUMELIA E., DZHUMELIA V., KOCHAN O. (UKRAINE, LVIV)

## CORRELATION ANALYSIS OF WATER QUALITY INDICATORS IN THE BORDER AREAS OF ZAKARPATTIA, LVIV AND VOLYN ADJACENT TO SLOVAKIA AND POLAND

*Lviv Polytechnic National University*

*Lviv, 12, Stepan Bandera St., 79013, Ukraine; elvira.a.dzhumelia@lpnu.ua*

**Abstract.** This article presents the findings of a correlation analysis conducted on water quality indicators in the border areas of Volyn, Lviv, and Zakarpattia, Ukraine, focusing on areas adjacent to Poland and Slovakia. The study aims to identify relationships between various hydrochemical parameters, including nitrates, ammonium ions, biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), total suspended solids (TSS), dissolved oxygen (DO), sulphates, phosphates, and chlorides. Understanding these correlations is crucial for assessing the impact of anthropogenic activities on water quality and informing effective water management strategies.

**Introduction.** Water quality is a critical environmental indicator, especially in regions affected by human activities. The border areas of Volyn, Lviv, and Zakarpattia are characterized by diverse anthropogenic influences that can impact surface water quality. This study aims to analyse the relationships between key water quality indicators to identify patterns and potential sources of pollution. In recent years, the ecological state of surface waters in these border areas has been under increased scrutiny due to the pressures of human activities. Agriculture plays a significant role, with the widespread use of fertilizers leading to nutrient loading in local water bodies. Additionally, industrial activities and insufficiently treated wastewater can introduce harmful pollutants, exacerbating the decline in water quality. Given these challenges, this study seeks to analyse the correlation between key water quality indicators to better understand the relationships among various pollutants and the potential sources of water contamination in the border areas of Volyn, Lviv, and Zakarpattia. By identifying these correlations, the research aims to provide valuable insights for policymakers and stakeholders involved in water resource management.

**Results.** The study utilized hydrochemical data collected from various sampling points over the 15-years period. Key parameters analysed included: Total Nitrogen, Ammonium Ions, BOD<sub>5</sub>, TSS, DO, Nitrates, Nitrites, Sulphates, Phosphates, Chlorides. The Pearson correlation coefficient was calculated to determine the strength and direction of relationships between these parameters. The correlation analysis revealed notable findings. A strong positive correlation was observed between Total Nitrogen and Nitrates ( $r = 0.814$ ), indicating that increased nitrogen levels contribute to elevated nitrate concentrations, likely due to agricultural runoff. Ammonium Ions showed a moderate positive correlation with Nitrates ( $r = 0.639$ ), suggesting that both parameters are influenced by similar pollution sources. A significant negative correlation was found between DO and BOD<sub>5</sub> ( $r = -0.305$ ), highlighting the detrimental impact of organic pollution on oxygen levels in the water. Sulphates and Phosphates also exhibited positive correlations with other indicators, pointing to the complex interplay between various pollutants in water bodies. The results of the correlation analysis underscore the influence of anthropogenic activities on water quality in these border regions. The strong correlations between nitrogen, nitrates, and ammonium ions suggest that agricultural practices are significant contributors to nutrient loading in local water bodies. The negative correlation between DO and BOD<sub>5</sub> indicates that higher organic matter content leads to decreased oxygen availability.

**Conclusions.** This correlation analysis provides valuable insights into the relationships between key water quality indicators in the border areas of Volyn, Lviv, and Zakarpattia adjacent to Poland and Slovakia. Understanding these correlations is essential for developing effective strategies to manage water resources and protect local ecosystems from the adverse effects of anthropogenic influences. Further research is needed to explore causal relationships and inform targeted interventions for improving water quality.

**Acknowledgment.** This paper is supported by the National Research Foundation of Ukraine, project number 0123U103529 (2022.01/0009) "Assessing and forecasting threats to the reconstruction and sustainable operation of objects of critical infrastructure" from the contest "Science for reconstruction of Ukraine in the war and post war periods".



МІННЯЙЛО А.А.<sup>1</sup> (УКРАЇНА, КИЇВ), АРТИШКО М.В.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ШКОДА ТА ЗБИТКИ ЗАВДАНІ НАВКОЛИШНЬОМУ ПРИРОДНЬОМУ  
 СЕРЕДОВИЩУ ВІЙСЬКОВИМИ ДІЯМИ РФ**

<sup>1</sup>Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки  
 та судових експертиз СБУ, *ma.anatoliy@gmail.com*

<sup>2</sup>Львівський Науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС  
 Львівський НДЕКЦ, 79000, вул. Конюшинна, 24, Львів, Україна; *ndekc@lv.police.gov.ua*

**Abstract.** The problem of combating environmental crimes has always been acute, because it had a complex and integrative nature, which causes the destructive impact of these encroachments on the environment with harmful consequences for people's lives and health, property, production safety, and the state's economic system.

Починаючи з 2014 року і особливо впродовж повномасштабного вторгнення, війська країни-агресора намагаються максимально завдати шкоди Україні. Це стосується не лише інфраструктури та економіки, загарбники цілеспрямовано погіршують стан довкілля та знищують українську природу. Такі дії є порушенням як українського так і міжнародного законодавства. Для встановлення характеру, величини та значущості впливу на навколишнє природне середовище, пов'язаного з конфліктом, і вимог до відновлення потребуватиме широка оціночна робота, включаючи дистанційне зондування землі та широке дослідження ґрунтів. Початковою проблемою для початку цієї важливої роботи є відсутність існуючих систематичних досліджень впливу на навколишнє природне середовище та ризиків, які пов'язані із типами та складністю екологічної шкоди зазваної в Україні.

Росія мусить заплатити за усе, що знищила. У тому числі за зруйноване довкілля. Але замало сказати «росія вчиняє екологічні злочини». Це треба доводити. Фактами. Цифрами. Факти треба фіксувати, цифри – обрахувати. Саме цьому – як рахувати збитки, завдані російською агресією довкіллю, природі – основне завдання міжнародної спільноти.

Наразі триває робота з отримання репарацій за всі заподіяні Україні збитки. Для цього Міндовкілля працює з багатьма міжнародними організаціями. Збираються та документуються докази порушень екологічного законодавства. Міндовкілля докладає багато зусиль, щоб відобразити нові підходи у методиках визначення шкоди та збитків внаслідок збройної агресії та бойових дій. Проте умови сьогодення потребують створення нових і вдосконалення існуючих методик дослідження наслідків порушень екологічного законодавства України. Зокрема, станом на кінець 2023 року затверджено 7 методик, які дозволяють визначити шкоду та збитки завдані землі, ґрунтам, атмосферному повітрю, водним ресурсам, природно-заповідному фонду щодо втрат лісового фонду, акваторій та надр, а саме:

Порядок визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації; Методика визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації; Методика визначення збитків, заподіяних навколишньому природному середовищу в межах територіального моря, виключної морської (економічної) зони та внутрішніх морських вод України в Азовському та Чорному морях; Методика визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами; Методика визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану; Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди; Методика визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами; Методика визначення шкоди та збитків, завданих територіям та об'єктам природно-заповідного фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації.

Тож, Україну чекає нелегкий шлях відновлення в усіх сферах функціонування держави, у тому числі у сфері збереження та відновлення навколишнього природного середовища. Важливою ланкою в цьому процесі залишається ефективне використання спеціальних знань судових експертів в галузі екології, що має значну роль у кримінальному судочинстві з розслідування злочинів, спрямованих проти довкілля.

ОМЕЛИЧ І.Ю., САВОТЧЕНКО О.М., НЕПОШИВАЙЛЕНКО Н.О.,  
 МИХАЛЕВИЧ С.С. (УКРАЇНА, КАМ'ЯНСЬКЕ)

## ВПЛИВ СТИХІЙНИХ СМІТНИТКІВ ТА ЗВАЛИЩ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ У ПРИБРЕЖНІЙ ЗАХИСНІЙ СМУЗІ РІЧКИ ОРІЛЬ

*Дніпровський державний технічний університет  
 51918, вул. Дніпробудівська, 2, Кам'янське, Україна, science@dstu.dp.ua*

**Abstract.** The article discusses the misuse of the protective buffer zone of the Oril River in the Dnipropetrovsk region and the impact of unauthorised landfills on its ecological state. Using remote sensing methods, 86 violations have been identified over an area of 60.7 hectares, which constitutes 1% of the total buffer zone area. The impact of uncontrolled waste disposal on soils, water resources, and biodiversity has been analysed. It has been shown that pollution of the riparian zones leads to soil degradation and poses a threat to aquatic life. The authors emphasise the need for a comprehensive approach to solving this issue, including enhanced control and environmental education for the local population.

Збереження водних ресурсів – одна з основних екологічних проблем сучасності, що особливо актуальна в умовах інтенсивного антропогенного впливу та кліматичних змін. Важливим аспектом охорони водних ресурсів є захист прибережних захисних смуг, які виконують роль природних бар'єрів, запобігаючи забрудненню та підтримуючи екосистеми водних об'єктів. Для контролю стану цих смуг широко використовуються методи дистанційного зондування Землі.

Відповідно до законодавства України, прибережні захисні смуги – це природоохоронні території з обмеженнями на господарську діяльність. Для річки Оріль, що протікає через Харківську, Полтавську та Дніпропетровську області, ширина смуги становить 50 м.

З метою виявлення порушень у прибережній смузі р. Оріль було проведено аналіз супутникових знімків за допомогою ПЗ ArcGIS. Виявлено 86 випадків порушень, серед яких розорані землі, приватні домоволодіння та інше нецільове використання земель. Загальна площа порушень складає 60,7 га, що становить 1% від загальної площі прибережної захисної смуги.

Крім того, важливою проблемою є стихійні сміттєзвалища, які важко ідентифікувати за допомогою ДЗЗ. Вони негативно впливають на екосистеми, забруднюючи ґрунт і воду важкими металами, пластиком та токсичними речовинами, що призводить до деградації ґрунтів і зниження їх родючості, а також до загибелі флори та фауни.

Оскільки прибережні захисні смуги річок відіграють роль природних фільтрів, які затримують забруднення перед потраплянням у воду, наявність стихійних звалищ у цих зонах значно знижує їх ефективність. Одним із головних джерел забруднення є органічні та неорганічні відходи, що потрапляють у ґрунт і воду внаслідок опадів та поверхневого стоку. Це призводить до деградації ґрунтів, зменшення їх родючості, а також до забруднення води важкими металами, пластиком, токсичними хімічними сполуками.

Звалища також загрожують річковим екосистемам: токсичні речовини негативно впливають на водні організми, порушуючи харчові ланцюги та спричиняючи загибель флори і фауни. Особливу небезпеку становлять важкі метали та мікропластик, які накопичуються в організмах. Крім того, звалища виділяють метан – парниковий газ, що сприяє глобальному потеплінню, а спалювання відходів забруднює повітря й може викликати захворювання дихальної системи у людей, які проживають поблизу.

Для вирішення цієї проблеми необхідно вжити комплексних заходів, що включають створення офіційних полігонів для відходів, посилення контролю за прибережними смугами та проведення регулярних екологічних моніторингів. Важливим кроком є також підвищення екологічної свідомості населення та залучення громадськості до заходів з очищення довкілля.

Таким чином, вплив стихійних смітників та звалищ на екологічний стан річки Оріль є вкрай негативним. Забруднення води та ґрунтів, деградація природних екосистем та загроза здоров'ю населення вимагають негайної уваги та систематичних дій з боку як місцевої влади, так і громади.

ВРОНСЬКА І.Ю., ЗІНЧУК Д.В., БУНЯК В.Г., КОМПЛІКЕВИЧ С.Я.,  
 МАСЛОВСЬКА О.Д., ГНАТУШ С.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ ІЗОЛЯТІВ З ЗОНИ РИЗОСФЕРИ *COLOBANTHUS QUITENSIS* (KUNTH) BARTL. (О. КІНГ-ДЖОРДЖ, МОРСЬКА АНТАРКТИКА) НА ПОКАЗНИКИ РОСТУ ПШЕНИЦІ

Львівський національний університет імені Івана Франка  
 вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна, e-mail: iruna.vronska@gmail.com

**Abstract.** The aim of the work was to characterize the influence of halotolerant, resistant to the influence of heavy metal compounds isolates of microorganisms from the rhizosphere zone of *Colobanthus quitensis* on growth indicators of seedlings of wheat *Triticum aestivum* L. cultivar Tybalt. Among the studied 13 isolates from the rhizosphere of *C. quitensis*, 7 isolates improve the germination of wheat seeds, 2 isolates improve the morphometric indicators of wheat, and in the case of seed bacterization with isolate R-584, an improvement of all investigated wheat growth indicators was found compared to control.

Бактерії ризосфери забезпечують солюбілізацію мінеральних сполук, виділяючи органічні кислоти (часто глюконову кислоту), сидерофори або ціаніди, забезпечуючи рослину біологічно доступними сполуками фосфору і металів. Мікробіота ризосфери також забезпечує біоконтроль патогенів, наявних у ґрунті, шляхом конкуренції за поживні речовини і синтезу антимікробних сполук, зокрема, бактеріоциноподібних пептидів, різних класів антибіотиків і літичних ферментів, наприклад, хітиназ або  $\beta$ -1,3-глюканаз. Використання мікроорганізмів для профілактики, лікування інфекційних захворювань рослин і підвищення врожайності все більше цікавить людство як альтернатива хімічним засобам захисту, зокрема сільськогосподарських. Відомо, що симбіонти антарктичних рослин покращують фізіологічні показники сільськогосподарських сортів в умовах абіотичного стресу.

Метою роботи було схарактеризувати вплив галотолерантних, стійких до впливу сполук важких металів ізолятів мікроорганізмів, виділених з зони ризосфери *Colobanthus quitensis*, на показники росту ярої пшениці *Triticum aestivum* L. сорту Tybalt.

Матеріалом для досліджень були зразки *C. quitensis* (о. Кінг-Джордж, Морська Антарктика), отримані в українських антарктичних експедиціях упродовж 2021/2022 років. У попередніх роботах з зони ризосфери *C. quitensis* ми виділили 13 ізолятів, які відрізнялися за морфологією колоній та були стійкими до впливу NaCl і сполук важких металів. Бактеризацію насіння пшениці *T. aestivum* L. сорту Tybalt проводили шляхом замочування насіння упродовж 12 годин у суспензії досліджуваних бактерій (густина суспензії 5,0 за МакФарландом). Для приготування суспензії використовували 0,9 % розчин NaCl і культуру мікроорганізмів зі стаціонарної фази росту. Після замочування насіння висівали у вологий ґрунт (маса ґрунту для кожної проби 450±20 г). Щоденно у ґрунт вносили 50 мл водопровідної води. Пшеницю вирощували впродовж 14 діб за температури +20±1 °C. Показники проростання насіння пшениці визначали упродовж третьої–восьмої діб росту. На восьму добу росту визначали вміст сухої речовини і вологість у листках пшениці висушуванням рослинного матеріалу впродовж 72 годин за температури 60±1 °C. Для визначення вмісту хлорофілу листки пшениці перетирали у фарфоровій ступці і готували екстракт у 96%-ному етанолі. Визначали оптичну густину екстракту за 665 та 649 нм (максимуми поглинання хлорофілу *a*, хлорофілу *b*).

Упродовж перших 4-ох діб росту показники проростання насіння пшениці, яке обробили усіма дослідженими ізолятами мікроорганізмів, не значно відрізнялися від контролю, однак, упродовж 5-тої доби росту пшениці виявлено зростання відсотка пророслого насіння на 30–35% у разі бактеризації насіння ізолятами R-508, R-431, R-570, R-571, R-515, R-512, R-584, R-599. Довжина коренів та пагонів пшениці, обробленої ізолятами R-571 та R-584, перевищувала довжину коренів та пагонів пшениці, обробленої 0,9 % розчином NaCl. Вологість листків пшениці, насіння якої обробили ризосферними ізолятами, була дещо вищою, порівняно з контролем, а суха маса листків – не відрізнялася від контролю. Найвищий вміст загального хлорофілу, хлорофілів *a* та *b*, порівняно із контролем, виявлено у листках пшениці, насіння якої обробили ізолятами R-584 та R-505.

Отже, серед досліджених 13-ти ізолятів з ризосфери *C. quitensis* 7 ізолятів покращують проростання насіння пшениці *T. aestivum* L. сорту Tybalt, 2 ізоляти – покращують морфометричні показники пшениці, а у разі бактеризації насіння ізолятом R-584 виявлено покращення усіх досліджуваних показників росту пшениці, порівняно з контролем.

MALYNOVSKY V., MITINA N. (UKRAINE, DNIPRO)  
**PRODUCTION OF SOIL MICROBIOME IMPROVER  
 BY AEROBIC COMPOSTING**

*Ukrainian State University of Science and Technology Educational Scientific Institute  
 "Ukrainian State University of Chemistry and Technology" 49005, ave. Nauky, 8, Dnipro,  
 Ukraine: pibgd@gmail.com*

**Abstract.** The impact of intensive agriculture on the rate of reduction of the fertile soil layer is considered. Examples of the main methods of processing cattle manure are given. A solution to the issue of restoring the fertile soil layer is proposed.

The destruction of small biological cycles of the circulation of substances disrupts the ecological balance of the agricultural landscape, increasing water and wind erosion and further reducing soil fertility. Every year, 600 million tons of fertile soil, including up to 20 million tons of humus, are lost in the world. To compensate for humus, 300 to 350 million tons of conventional organic fertilizers are needed. The area of eroded lands increases by 100000 – 120000 hectares every year. The humus content decreased on average from 3,2% to 2,6 – 2,8%. Agriculture in Ukraine is conducted with partial disregard for the laws of returning nutrients to the soil. The waste of animal complexes is cattle manure, which in its original state is an aggressive mixture with the possible inclusion of pathogenic microflora and pests (Schlotera M. Indicators for evaluating soil quality / M. Schlotera, O. Dillyb, J. C. Munch // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2003.– № 98.– P. 255–262 ). Therefore, in its original state, manure should not be used as an organic fertilizer by farmers. Composting is one of the methods of processing manure and other organic livestock waste. Currently, three main composting technologies are used: anaerobic, aerobic, and vermiculture. The method of aerobic composting was chosen for the study. The experiment of industrial aerobic composting was controlled by indicators of oxygen, moisture and temperature regime. Compost was obtained from two types of substrate: the first based exclusively on cattle litter manure (substrate 1), the second based on cattle litter manure with the addition of peat (substrate 2). The conducted analysis of the compost showed it to be a valuable soil improver according to the indicators given in Table.

*Table 1*

**Analysis of indicators of compost obtained by aerobic composting of cattle manure**

Indicators	Compost from the substrate 1		Compost from the substrate 2	
	%	mg /kg	%	mg/kg
Mass fraction of dry matter	44,68	446,8	51,68	516,8
Mass fraction of organic matter	45	450	45	450
Cgen	19,47	194,7	21,01	210,1
N	0,84/1,24	8,4/12,4	0,81/1,57	8,1/15,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,52/0,78	5,2/7,8	0,45/0,87	4,5/8,7
K <sub>2</sub> O	1,44/2,14	14,4/21,4	1,26/2,44	12,6/24,4
Fe	6 978,40		8 692,10	
Mn	377,5		325,2	
Zn	68,9		63,1	
Cu	36,3		39,2	
Cr	17,1		21	
Pb	6,9		29,3	
Co	3,4		10,1	
Ni	4,9		7,3	
Cd	0,3		2,7	
C:N	16:1		13:1	
pH	8,8		8,6	

Therefore, the processing of livestock waste by aerobic composting will reduce the risk of contamination of soils, groundwater, and reservoirs and will contribute to the production of organic fertilizer for the restoration of the fertile soil layer.

ЛИННИК Д.О. ГРИЦУЛЯК Г. М. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)  
**ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ТОНКОДИСПЕРСНИМ ПИЛОМ**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
 76019 Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,  
 diana.lynnik-eko211@nung.edu.ua*

**Abstract.** Atmospheric air pollution is a serious problem today. Inhaling polluted air can cause a wide range of diseases. In recent years, special attention has been paid to the content of fine dust in the air. Particles with a size of 2.5-10  $\mu\text{g}$  in excessive concentration pose a threat to the well-being of the population. The first step to solving this problem is to monitor the state of atmospheric air at the local level. The paper considers the problem of atmospheric pollution with fine dust. The results of measuring the concentration of fine dust in the air near sources of possible pollution are presented.

Забруднення атмосферного повітря тонкодисперсним пилом є фактором негативного впливу на довкілля. Потрапивши у повітря частинки пилу поступово осідають, що може також призвести до забруднення ґрунтового покриву. До основних джерел антропогенного пилу належать вторинні аерозолі, видобувна промисловість, підприємства по переробці будівельних матеріалів, продукти неповного згоряння твердого палива. Вдихання тонкодисперсного пилу спричиняє виникнення та розвиток захворювань серцево-судинної та дихальної систем організму. Частинку пилу можуть володіти канцерогенними властивостями. Показник загальної смертності чрез вплив тонкодисперсного антропогенного пилу складає 800 тис. смертей на рік.

В рамках польового дослідження було проведено вимірювання концентрації тонкодисперсного пилу біля джерел імовірного забруднення (залізнична колія, шосе, виробництво бруківки). Вимірювання проводилися за допомогою аналізатора повітря Qingping Air Detector Lite, який забезпечує п'ять вимірювань даних, включаючи PM2.5, PM10, CO2, температуру та вологість. На таблиці 1 відображено результати вимірювань.

Таблиця 1

**Показники якості повітря**

Місце відбору	PM10(мкг/м <sup>3</sup> )	PM2.5(мкг/м <sup>3</sup> )	CO2(ppm)	Температура(°C)	Вологість(%)
Усереднені (15 хв)					
Колія	18	17	416	14,94	46,8
Виробництво бруківки	30	29	417	6,28	86,6
Шоссе	12	12	401	11,5	67
Максимальні за час вимірювання					
Колія	21	24	416	15,1	54
Виробництво бруківки	40	41	417	6,3	87
Шоссе	14	13	401	11,6	67

Примітка\* РМ -тонкодисперсні частинки.

Згідно таблиці 1 концентрація тонко дисперсних частинок задовільного рівня і можуть викликати незначний дискомфорт у чутливих людей при вдиханні. Найвищі концентрації пилу зафіксовано на території підприємства по виробництву бруківки.

Отже, забруднення повітря тонкодисперсним пилом є серйозною загрозою для населення. Тонко дисперсні частинки, потрапивши в організм, зумовляють виникнення ряду захворювань. На досліджуваній території не виявлено суттєвих перевищень. Проте, необхідним є постійний моніторинг за станом атмосферного повітря, зокрема, в зоні впливу підприємства по виробництву бруківки.

БОРДУН М.І.<sup>1</sup>, СОКОЛОВСЬКИЙ Я.І.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ  
ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ РІЧОК З ВИКОРИСТАННЯМ  
МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО МЕТОДУ**

<sup>1</sup> *Львівський національний університет імені Івана Франка  
79000, вул. Університетська, 1, Львів, Україна; webmaster@lnu.edu.ua*

<sup>2</sup> *Національний університет Львівська політехніка  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; coffice@lpnu.ua*

**Abstract.** This paper explores multifractal analysis for the selected time series water pollution data set and further prediction based on BOD measure with ARFIMA fractal model. MMDFA algorithm is applied for estimating the fractal differentiation parameter of the ARFIMA. The obtained results are compared with similar obtained with autoregressive ARIMA model using RMSE and MAPE metrics. The study reveals an enhancement in accuracy with the use of combination of multifractal analysis and fractal methods for water pollution prediction.

Господарська діяльність людини змінює водне середовище, спричиняючи поширення забрудників. Основні джерела – промислові, побутові та сільськогосподарські стоки, які щороку викидають 15 млрд. тонн забруднень. Природні фактори, такі як вивітрювання, зміна клімату та стихійні лиха, також впливають на якість води, тому розуміння чинників має вирішальне значення для управління цією якістю в річкових басейнах, а також прогнозування цих змін у майбутньому.

Початковими даними, які були взяті з data.gov.uk, з даними 1990-2018 років, виступали необроблені дані з моніторингу річок, де заміри робилися 1-2 рази на місяць і охоплюють такі параметри, як лужність, біохімічне споживання кисню (БСК), кисень, мідь, залізо, нітрати, аміак тощо. Для дослідження вибрано річку Куойл (Північна Ірландія) з 458 замірами. Як ключову характеристику для оцінки забрудненості річки було обрано БСК, однак попередньо довелося очистити дані через відсутність цього показника в деяких замірах.

Перед моделюванням необхідно визначити властивості часових рядів для вибору відповідної моделі. Основним кроком була декомпозиція ряду, яка показала наявність тренду, відсутність сезонності та білого шуму в залишках. З графіку ACF, тобто графіку автокореляцій часового ряду, показано, що деякі часові затримки виходять за межі інтервалу довіри, що виражає залежність і точковий ефект довгої пам'яті. А завдяки двом взаємодоповнюючим статистичним тестам ADF та KPSS виведено, що часовий ряд стаціонарний. Оцінено мультифрактальні властивості часового ряду за допомогою MF DFA (MultiFractal Detrended Fluctuation Analysis). З результатів цього методу визначено, що наш часовий ряд має доволі велику ступінь мультифрактальності і показник БСК для нашого часового ряду є доволі нечутливий до більших величин локальних флуктуацій. Також отримано показник Херста, з якого було отримано параметр фрактального диференціювання ( $d$ ) для подальшого моделювання.

Для визначення оптимальної фрактальної моделі ARFIMA (AutoRegressive Fractionally Integrated Moving Average) спершу було фрактально диференційовано часовий ряд, щоб повністю уникнути впливу тренду в нашому часовому ряду. По значенню функцій ACF та PACF визначеного диференційованого ряду можна виділити кількість тих значущих затримок, по значенню яких можна буде визначити максимальне число для параметрів AR( $p$ ) з графіку ACF та MA( $q$ ) з графіку PACF відповідно. Після визначення можливих значень порядку AR( $p$ ) та MA( $q$ ) проводився вибір оптимальної фрактальної моделі по оцінці RMSE з огляду на різницю між тестовими даними з використанням оціненого методом MMDFA показника  $d$ .

Експерименти з різними обсягами тренувальних і тестових даних підтвердили, що фрактальна модель ARFIMA дає кращі результати прогнозування забрудненості водойм порівняно з ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average). Це видно з оцінок похибок, таких як RMSE і MAPE, що показує перевагу ARFIMA навіть для стаціонарних рядів з мінімально вираженою довгою пам'яттю.

ХЛОБИСТОВ Є.В., СОВА Л.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ДИНАМІКА ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ БІОТОПІВ КОРОСТИШІВСЬКОГО КАР'ЄРУ ТА ЙОГО ПРИБЕРЕЖНИХ СИСТЕМ

Національний університет «Києво-Могилянська академія»  
04655, вул. Григорія Сковороди, 2, м. Київ, Україна, e-mail: l.sova@ukr.edu.ua

**Abstract.** Peculiarities of key ecosystem services of artificial non-flowing reservoirs of Ukraine have been studied and systematized. It was established that the ecosystem services of flooded quarries are the least researched among them. Emphasis is placed on the study of the dynamics of ecosystem services of the biotopes of the Korostyshiv quarry and its coastal systems.

В Україні крім природних, є багато штучних водойм, до яких належать ставки, водосховища, канали, штучні озера (затоплені водою кар'єри). Основні характеристики штучних непроточних водойм систематизовано в таблиці 1.

Таблиця 1

### Штучні непроточні водойми України\*

Види	Визначення	Особливості	Приклади
Ставки	Перегороджені греблями частини невеликих річок або заповнені водою балки	Використовуються для розведення риби та відпочинку	В Україні налічується майже 29 тисяч
Водосховища	Великі штучні водойми, створені для нагромадження води і подальшого її використання та регулювання стоку річки протягом року	Утворюють каскад: групу, розмішену уступами за течією річки	Найбільші з них споруджено на Дніпрі (Київське, Канівське, Кременчуцьке, Дніпродзержинське, Дніпровське); <i>знищене Каховське водосховище</i>
Штучні озера (затоплені водою кар'єри)	затоплені водами кар'єри, в яких припинено видобуток корисних копалин	Найчастіше використовуються як локації для відпочинку	Солотвинські соляні озера, Яворівське озеро (на місці сірчаного кар'єру), Коростишівський (затоплений водою гранітний кар'єр)

\*Джерело: систематизовано на основі [Води суходолу України. URL: <https://geografiamozil2.jimdofree.com/>]

Серед штучних непроточних водойм найменш дослідженими є екосистемні послуги кар'єрів, затоплених водою. Їх основні характеристики представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

### Екосистемні послуги штучних озер (кар'єрів)\*

Види послуг	Особливості
Забезпечуючі послуги	постачання ґрунтових ресурсів, доступ до граніту, піску, каменів тощо; постачання водних ресурсів: як джерело води або для промислового використання; риболовля
Регулюючі та підтримуючі послуги	контроль ерозії та затримання води; удобрення ґрунту; очищення повітря та води рослинністю, що росте навколо кар'єру; контроль мікроклімату; підтримка місцевого біорізноманіття як унікального середовища для розвитку різноманітних видів флори й фауни
Культурні послуги	рекреаційна цінність: кар'єр може бути використаний як місце для відпочинку, пікніків, прогулянок та спостереження за дикою природою, тренування альпіністів; естетична цінність: ландшафтність кар'єру може створювати красиві краєвиди

\*Джерело: розроблено на основі [CICES. 2023. URL: <https://cices.eu/>]

Визначення біотопів Коростишівського кар'єру та його прибережних систем здійснювали відповідно до Національного каталогу біотопів України. Загальне оцінювання екосистемних послуг проводили відповідно до класифікації CICES, із урахуванням методики та оцінок Р. Костанзи. За результатами проведеного дослідження вартісних оцінок біотопів Коростишівського кар'єру (за 5 категоріями екосистемних послуг) визначено, що найбільш перспективними послугами можуть бути поводження з відходами (3 351,6 \$) та рекреація (1 159,2 \$). Подальші дослідження мають перспективи в напрямку поглибленого теоретико-методологічного обґрунтування й розроблення вітчизняного механізму оцінювання екосистемних послуг поверхневих вод, зокрема прісноводних екосистем непроточних водойм, в умовах відновлення після мілітарного втручання із позицій екосистемного підходу в контексті загальної екологічної оцінки.

КОЛМАКОВА В.М. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ОБГРУНТУВАННЯ ВАРТІСНОГО ВИМІРУ ОЦІНЮВАННЯ ЗБИТКІВ ПРИРОДНИМ РЕСУРСАМ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

*Інститут демографії та проблем якості життя НАН України  
01032, бульвар Т. Шевченка, 60, Київ, Україна; e-mail:vnkolmakova@gmail.com*

**Abstract.** The assessment of damage to natural resources as a result of military aggression is one of the key issues in the process of the future post-war reconstruction of Ukraine. However, in the current methods when calculating the amount of damage to natural resources, the emphasis is only on the actual cost of losses, real damages and lost profits. It is proposed to take into account direct and indirect losses of destroyed or disturbed ecosystem services in the context of the ecosystem approach when substantiating the cost dimension of assessing damage to natural resources.

Вартісне оцінювання збитків природним ресурсам внаслідок військової агресії є одним із ключових питань у процесі майбутнього післявоєнного відновлення України. Сучасним нормативно-правовим підґрунтям для розробки стратегічного плану майбутнього повоєнного відновлення довкілля, насамперед, оцінки розміру економічних збитків природним ресурсам, завданих під час війни, є чинні методики (наразі їх 7), які було розроблено згідно Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» від 20.03.2022 р. № 326. Відповідно до затверджених методик, Державною екологічною інспекцією України з початку війни проводяться орієнтовні розрахунки збитків, завданих природним ресурсам (табл.1)

Таблиця 1

### Збитки природним ресурсам відповідно до затверджених методик, млрд грн.

Завдані збитки		У тому числі в розрізі категорій впливу на довкілля			
		Атмосферне повітря	Земельні ресурси	Водні ресурси	ПЗФ
Всього	2638	774	1150	85	628
в т. ч., %	100,0	29,3	43,6	3,2	23,8

Джерело: розраховано автором за ЕкоЗагроза. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ecozagroza.gov.ua/>.

Отже, як видно з табл. 1, за нашими розрахунками, найбільше збитків завдано земельним ресурсам (43,6%), атмосферному повітрю та природно-заповідному фонду – 29,3 та 23,8 %, відповідно, найменше – водним ресурсам (3,2 %).

Згідно традиційного підходу, термін збитки – це вартість втраченого, пошкодженого та (або) знищеного майна, що зазнало руйнівного впливу внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, ракетно-бомбових ударів в ході збройної агресії РФ, а також розмір витрат, необхідний для відновлення порушеного права (реальні збитки); та/або розмір доходу, який постраждалий міг би одержати за умови відсутності збройної агресії РФ (упущена вигода). Отже, при визначенні терміну збитки акцент зроблено на трьох його ключових складниках: фактичній вартості втрат, витратах (реальних збитках) та упущеній вигоді. Тобто по суті чинна методологія оцінки збитку ґрунтується на концепції цивільної відповідальності за «традиційну шкоду», тоді як втрати екосистемних послуг та екосистемний підхід не враховуються.

Проте, на нашу думку, врахування втрат екосистемних послуг, заподіяних природним ресурсам внаслідок збройної агресії РФ, значно поглиблює й доповнює загальну оцінку збитків за рахунок включення до її структури втрачених властивостей/функцій природних ресурсів, які не враховуються за чинними офіційними методиками. Зокрема, це стосується прямих та опосередкованих втрат знищених чи порушених екосистемних послуг у натуральному та монетарному виразі, вартісних показників та ринкових позицій конкретних природних ресурсів у процесі військових дій тощо.



СОЧЕНИНОВА І.О., МАГАСЬ Н.І. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

## **АНАЛІЗ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У М. МИКОЛАЇВ ДО ТА ПІСЛЯ ПОВНОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ РФ НА ТЕРИТОРІЮ УКРАЇНИ**

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
54025, пр. Героїв України, 9, Миколаїв, Україна; nataly.magasy@gmail.com*

**Abstract.** Monitoring the state of the atmospheric air during military operations is particularly relevant. After all, new sources of pollutant emissions have emerged, and the spatial distribution of emission sources related to the destruction of infrastructure and industrial facilities and the use of ammunition has changed. The analysis of changes in air quality in Mykolaiv after massive shelling and bombardment revealed a clear dependence of changes in pollution indicators on the impact of hostilities.

Військові конфлікти є значним фактором забруднення навколишнього середовища. Вони мають як прямий, так і опосередкований вплив на стан повітря, водних ресурсів, ґрунтів та біорізноманіття. Сучасні збройні конфлікти часто супроводжуються використанням важкого озброєння, обстрілами інфраструктурних об'єктів, хімічними викидами та пожежами, що істотно впливають на якість повітря. В Україні в умовах війни, яка триває з 2014 року та загострилася в 2022 році, спостерігається постійне забруднення атмосферного повітря, особливо у прифронтових регіонах, таких як Миколаївська область. Забруднене повітря містить дрібнодисперсні частки (PM), оксиди азоту, чадний газ, сірчані сполуки та інші токсичні речовини, які можуть призвести до серйозних захворювань дихальної та серцево-судинної систем. Метою даного дослідження є визначення та аналіз зміни рівнів забруднення атмосферного повітря у м. Миколаїв від впливу воєнних дій.

Місто Миколаїв є одним із тих, що опинилися в епіцентрі бойових дій після повномасштабного вторгнення РФ на територію України. Регіон неодноразово зазнавав обстрілів і бомбардувань, що призвело до суттєвого забруднення атмосферного повітря. За даними екологічного моніторингу за період 2022-2024 років, рівень концентрації дрібнодисперсного пилу (PM<sub>2.5</sub> і PM<sub>10</sub>) у повітрі Миколаєва зріс у кілька разів порівняно з довоєнним періодом.

За результатами аналізу статистичних даних, значні обсяги викидів забруднюючих речовин у довоєнний період надходили від стаціонарних джерел. З початку воєнних дій загальний об'єм викидів цими джерелами значно зменшився, що можна пояснити обмеженням експлуатації виробничого обладнання та припиненням їхньої роботи.

У довоєнний період у повітряному просторі м. Миколаєва були характерними перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) формальдегіду, діоксиду азоту, оксиду вуглецю. Характерним було не лише перевищення рівня середньодобових ГДК, а й максимально разових концентрацій. Найбільша кратність перевищення ГДК (до 8 разів і вище) була характерна для формальдегіду. Перевищення ГДК більш характерне для теплого періоду року. В загальному, стан повітряного басейну у м. Миколаїв характеризувався як «забруднений» та «сильно забруднений».

Для дослідження впливу військових дій на стан атмосферного повітря були використані дані з усіх станцій моніторингу в радіусі 100 км від місця інциденту. Через потенційну обмеженість загальнодоступної інформації про ракетні обстріли та пожежі, аналіз ґрунтувався виключно на альтернативних вимірах та даних станцій громадського моніторингу. Результати аналізу даних спостереження, які фіксувались після масованих обстрілів та вибухів внаслідок воєнних дій, підтвердили збільшення концентрацій не лише дрібнодисперсного пилу, але й інші забруднюючі речовини, таких як аміак, формальдегід та оксид вуглецю. Протягом наступних 12, 24 і 48 годин концентрація забруднюючих речовин поступово зменшувалася, що можна пояснити їх розсіюванням вітром і осадженням.

Це свідчить про локальний характер події, яка спричинила викид великої кількості дрібнодисперсного пилу та інших забруднюючих речовин. Подібна динаміка була зафіксована на всіх станціях, незалежно від місця розташування, але рівні забруднення могли відрізнятися через різну віддаленість від місця аварії.

Отримані результати дослідження є важливими та можуть бути використані для фіксації злочинів, пов'язаних із забрудненням атмосферного повітря внаслідок воєнних дій.

ГАНЧУК М.М., ГАНЧУК К.О., ШАБАНОВ Д.І. (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ)  
**АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ АНОМАЛІЙ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ  
 МЕТОДАМИ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ**

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного  
 69006, вул. Жуковського, 66, Запоріжжя, Україна; ganchukmn@gmail.com*

**Abstract.** На основі даних FIRMS продукту MODIS (Terra, Aqua) було складено картосхему поширення пожеж по території Запорізької області в період 18-25.09.2024 року. Аналіз картосхеми дав змогу визначити особливості поширення пожеж в часі та просторі. В умовах ведення бойових дій застосування засобів супутникового моніторингу можна вважати чи не єдиним альтернативним способом отримання більш-менш достовірних даних.

В результаті ведення активних бойових дій в межах Запорізької області значних збитків зазнають наземні екосистеми. У тому числі і в результаті пожеж, що виникають через застосування мінометів, артилерії та бомбардувань. Це призводить до виникнення пожеж по всій території регіону (рис. 1).

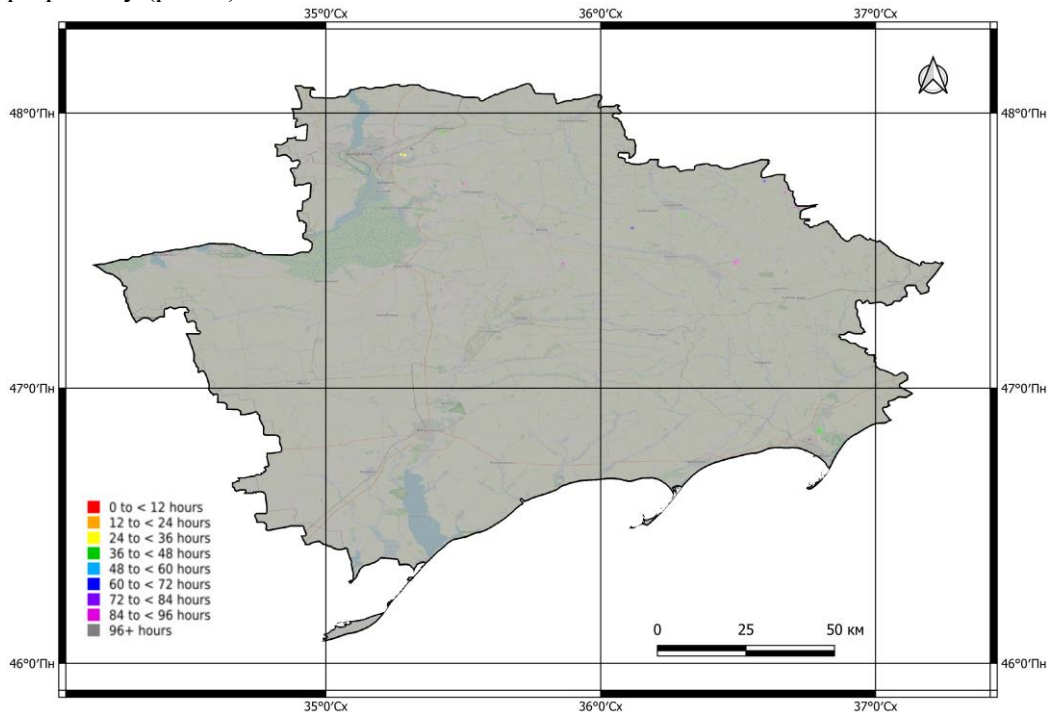


Рис. 1. Поширення пожеж по території Запорізької області за даними FIRMS (MODIS) у період з 18.09 по 25.09.24 р.

Аналіз поширення теплових аномалій дає можливість зробити наступні висновки: за даними супутникового моніторингу у період з 18.09 по 25.09.2024 року зафіксовано 21 теплову аномалію (т.а.); у встановлений період маємо наступний розподіл у часі: 2 теплові аномалії зафіксовано у першій половині доби 24.09; 6 – у другій половині доби 24.09; 3 – у першій половині доби 23.09; 2 – у другій половині доби 23.09; 8 – у другій половині доби 22.09; збільшення теплових аномалій у другій половині доби пов'язане із активізацією обстрілів території регіону зі сторони окупаційних військ; територіальне поширення теплових аномалій (відсутнє накладання пікселів різних часових проміжків) вказує на короткостроковість пожеж; теплові аномалії розташовані в межах населених пунктів (5 т.а.), лісовкритих площ (3 т.а.), земель сільськогосподарського призначення (13 т.а.); з 21 теплової аномалії 18 знаходяться на підконтрольній Україні території.

Ідентифікація теплових аномалій засобами супутникового моніторингу має ряд недоліків: затримка в часі; недостатнє просторове розрізнення супутникових систем; недостатня чутливість сенсорів та інші.

МАГАСЬ Н.І. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ВОДОГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ГІДРОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКИ СИНЮХА

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
54025, пр. Героїв України, 9, Миколаїв, Україна; nataly.magas@gmail.com*

**Abstract.** The issue of water conservation and protection has always been a topical one in Ukraine. The situation is particularly catastrophic in the lower Pobuzhzhia, where the main source of water supply is the Southern Bug River and its tributaries. The most powerful tributary of the Southern Bug, which significantly affects the flow of the main river in the lower reaches, is the Syniukha River. However, like most rivers in the steppe zone, the Sinyukha River is constantly affected not only by anthropogenic activities but also by climate change. A characteristic feature of the river is its significant use in various fields: domestic and industrial water supply, irrigation, and recreation.

Річка Синюха є ключовим дренажним водотоком всієї південно-західної частини Українського кристалічного Щита, забезпечуючи повноцінне водовідведення з південного сегменту Південно-Придніпровської Височини в басейн Південного Бугу. Ця річка є найбільшою за площею і водністю притокою р. Південний Буг. Динаміка водності Синюхи формується під впливом комплексу фізико-географічних факторів і залежить від кліматичних, гідрогеологічних умов та господарської діяльності. До наявного часу річка Синюха є важливим джерелом питного водопостачання для населення і ключовим засобом поповнення та регуляції стану підземних вод. Проте, як більшість річок степової зони, піддається значному тиску природно-кліматичних і антропогенних деструкторів.

Метою даної роботи є оцінка впливу водогосподарської діяльності на сучасний гідроекологічний стан річки Синюха у її пониззі.

Негативний характер антропогенного впливу на водність Синюхи складається з відбору поверхневих вод, зарегульованості стоку гідротехнічними спорудами та збільшенням площі водного дзеркала з відповідними втратами на випаровуваність.

Щорічно в нижній ділянці басейну річки Синюха забирається близько 2,5-3,0 млн. м<sup>3</sup> води. Основна частка забору води здійснюється з поверхневих джерел (95 – 97%). Обмежений дебіт свердловин та порівняно висока мінералізація підземних вод суттєво обмежують потенціал водозабезпечення за рахунок їх видобутку, спричиняючи необхідність посиленого використання річкової води.

Аналіз водогосподарської діяльності у пониззі р. Синюха свідчить про суттєве, більше ніж у 2,4 рази, зменшення об'ємів забору поверхневої води. Загальні втрати при транспортуванні забраної води становлять близько 21 %.

Більше 60 % забраної поверхневої води з р. Синюха використовується на питні та санітарно-гігієнічні потреби, більше 22 % – зрошення, 19 % – виробничі потреби. Основні показники використання води свідчать, що структура водоспоживання в басейні практично не змінювалась протягом останніх 45 років. Однак, за останні 10 років, спостерігається зменшення, майже на 60 %, водозабору на питні та санітарно-гігієнічні потреби. Середні обсяги відбору води з р. Синюхи на питному водозаборі міста Первомайська складають трохи більше 1% від її загального стоку у маловодні роки. Різке збільшення загальних об'ємів забраної поверхневої води спостерігається з появою зрошення. Зменшення водозабору в 90-х роках пов'язано зі зменшенням загальної кількості водокористувачів та об'ємів водопостачання на виробничі потреби, зокрема найбільш водоспоживаючої галузі – машинобудування.

Динаміка скиду зворотних вод свідчить про зниження за останні роки антропогенного навантаження у пониззі р. Синюха.

Результати аналізу свідчать, що рівень впливу водогосподарської діяльності на гідросистему річки явно поступається потужностям природно-кліматичних деструкцій, хоча й безперечно посилює їх потенціал. Сучасний рівень використання річкового стоку не порушує екологічний стан річки Синюха та оцінюється як «добрий».

Таким чином, річка Синюха залишається важливим елементом екосистеми регіону, проте потребує детальнішого дослідження та моніторингу для забезпечення її стійкості у сучасних умовах.

ВАСЮТИНСЬКА К.А. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ОЦІНКА АСИМІЛЯЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ МІСЬКИХ ЗЕЛЕНИХ ЗОН ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ РІЗНОГО РІВНЯ ЕКОЛОГО-ДЕМОГРАФІЧНОЇ УРБАНІЗАЦІЇ

*Національний університет «Одеська політехніка»  
65044 пр. Шевченко, 1, м. Одеса, Україна; mail@op.edu.ua*

**Abstract.** To assess the capacity of urban green areas to mitigate atmospheric pollution, a correlation analysis was performed. This included examining environmental load indices from pollution and vegetation coverage at the administrative region level, alongside their relationship with ecological and demographic urbanization. The study showed that green areas can impact air pollution levels in regions with low to medium urban pollution.

Міська зелена інфраструктура (ЗІМ) вважається ключовим елементом в створенні необхідних умов сталого розвитку міст, виконує найбільш вагомі екосистемні послуги. На основі розрахунків питомої площі загальних зелених насаджень (ЗЗ) розроблені індекси забезпечення міської території ( $GT_{\text{площа}}^{\text{nl}}$ ) та міського населення ( $GT_{\text{нас}}^{\text{nl}}$ ) функціями зелених насаджень. В сучасних умовах особливо важливо оцінити підтримуючі послуги та здатність зеленої рослинності асимілювати забруднення повітря. На сьогодні військові дії призвели до різкого підвищення небезпечного стану атмосферного повітря внаслідок вибухів, численних викидів та витоків небезпечних речовин при руйнації промислових об'єктів. Надмірна забрудненість атмосфери проявляється з максимальною інтенсивністю на території всіх областей України.

Оцінка рівня небезпеки повітряного басейну міст проведена із застосуванням питомих показників навантаження забрудненням атмосфери від стаціонарних джерел в розрахунку на одиницю території та на 1 містянина, які були нормалізовані за двох кроковою схемою логарифмічної і мінімально-максимальної нормалізації з отриманням інтегральних показників ( $L_{\text{тер}}^{\text{nl}}$ ), ( $L_{\text{особа}}^{\text{nl}}$ ). Урбогенне навантаження регіонів оцінювалось індексами еколого-демографічної урбанізації ( $I_{\text{edu}}^{\text{n}}$ ), розрахованих на основі даних щодо щільності міського населення, частки урбанізованої території регіонів та структури системи розселення міського населення.

Проведений функціонально-графічний аналіз показників ( $L_{\text{особа}}^{\text{nl}}$ ) та ( $GT_{\text{нас}}^{\text{nl}}$ ) відповідно ( $I_{\text{edu}}^{\text{n}}$ ) показав співпадіння рангів областей за рівнями екологічного навантаження атмосферного забруднення та забезпеченням ЗЗ населення тільки у випадку Львівської та Черкаської областей. Всі інші регіони поділяються на дві групи: забезпеченість функціями зелених рослин перебільшує навантаження атмосферного забруднення за умови ( $GT_{\text{нас}}^{\text{nl}} > L_{\text{особа}}^{\text{nl}}$ ). До цієї групи відносяться всі області (за виключенням Херсонської) із значенням індексу еколого-демографічної урбанізації нижче або на рівні його медіанного значення (0,405). Із збільшенням значення ( $I_{\text{edu}}^{\text{n}}$ ) співвідношення рангів «перевертається», що відповідає умовам ( $L_{\text{особа}}^{\text{nl}} > GT_{\text{площа}}^{\text{nl}}$ ). Лінії трендів показників з істотною ймовірністю підтверджують цю тенденцію.

Також кореляційний аналіз для обох випадків співвідношення показників був проведений із використанням середовища Python та підключенням бібліотек Pandas 3.0. У загальному випадку кореляція між ( $I_{\text{edu}}^{\text{n}}$ ) та ( $L_{\text{особа}}^{\text{nl}}$ ) є достатньо позитивною (0,545), як і було встановлене за результатами функціонально-графічного аналізу. Для випадку ( $GT_{\text{нас}}^{\text{nl}} > L_{\text{особа}}^{\text{nl}}$ ) з'являється достатня позитивна кореляція ( $R = 0,319$ ) між цими показниками, а у випадку ( $L_{\text{особа}}^{\text{nl}} > GT_{\text{площа}}^{\text{nl}}$ ) кореляційний зв'язок стає помітно позитивним ( $R = 0,511$ ) на фоні сильно позитивного зв'язку між ( $L_{\text{особа}}^{\text{nl}}$ ) та ( $I_{\text{edu}}^{\text{n}}$ ) ( $R = 0,702$ ). Таким чином встановлений безпосередній вплив чинника еколого-демографічної урбанізації на можливість забезпечувати зниження навантаження від забруднення повітря на населення за рахунок асиміляційної здатності зелених рослин для регіонів низького або середнього рівня урбогенного навантаження. Продемонстрований негативний вплив урбанізації на розвиток функцій ЗІМ. Особливо високий рівень дефіциту зеленої рослинності демонструють Херсонська, Черкаська, Івано-Франківська, Запорізька, Донецька області. Це означає, що населення міст не отримує послуги ЗЗ, а їх цінність зростає.

GERASIMENKO O., BOHACHOVA O., DELIIA N. (UKRAINE, KHARKIV)  
**LICHENO-BIOMONITORING OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION AS A  
 METHOD FOR PREVENTING ENVIRONMENTAL RISKS**

*Kharkiv National Medical University  
 61022, Nauki av.,4, Kharkiv, Ukraine; meduniver@knmu.edu.ua*

**Abstract.** To assess the levels of atmospheric air pollution in populated areas of Poltava and Kharkiv regions, we employed the method of lichenoidication, determining the species composition of lichens, their frequency of occurrence, and the degree of tree trunk coverage. The lichenoidication method allowed us not only to evaluate the state of atmospheric air in specific populated areas but also to identify general trends and issues in the field of atmospheric air protection in Ukraine. The obtained results can be utilized for developing effective strategies to improve the ecological situation and protect public health.

Air pollution remains one of the most acute environmental problems of our time. It negatively impacts public health and the state of the environment. In conditions of increasing anthropogenic pressure on ecosystems, bioindication methods, particularly lichenoidication - the assessment of air quality using lichens, which, due to their high sensitivity to pollutants, serve as reliable bioindicators - are becoming especially relevant. Their ability to accumulate pollutants and specific reaction to changes in the chemical composition of air allow for their use in long-term monitoring of the ecological state of the atmosphere.

To assess the levels of atmospheric air pollution in populated areas of Poltava and Kharkiv regions, we employed the method of lichenoidication, determining the species composition of lichens, their frequency of occurrence, and the degree of tree trunk coverage.

In the Poltava region, 30 lichen species were identified, including *Xanthoria parietina*, *Lecanora conizaeoides*, and *Cladonia rangiferina*. In the Kharkiv region, 22 species were recorded, with *Hypogymnia physodes* and *Parmelia sulcata* predominating, indicating a higher level of pollution, especially in areas affected by military actions. The Lichen Biodiversity Index (LDI) in Kharkiv region was 2.5, indicating moderate pollution, while in Poltava region, this indicator equaled 3.8, suggesting a better state of ecosystems. A correlation was found between air pollution monitoring data and LDI. In the Kharkiv region, a direct relationship is observed between increased pollutant concentrations and decreased lichen species diversity. An increase in pollution is observed due to military actions, emissions from equipment, and destruction. Analysis of changes in lichen species composition shows significant deviations before and during the state of war, particularly a decrease in sensitive species such as *Lobaria pulmonaria* and *Usnea*.

Based on the conducted research and data analysis, it is recommended to strengthen control over emissions from industrial enterprises, especially in areas with high pollution levels, promote the transition to environmentally clean fuels in industry and the transport sector, and stimulate enterprises to implement modern emission purification technologies and energy-efficient production technologies. Additionally, it is advisable to conduct regular monitoring of atmospheric air quality using the lichenoidication method as a supplement to instrumental methods, as well as implement educational programs to increase environmental awareness among the population and involve the public in environmental biomonitoring.

Thus, the lichenoidication method enabled not only the assessment of atmospheric air quality in specific populated areas but also the identification of general trends and issues in the field of atmospheric air protection in Ukraine. The obtained results can be utilized for developing effective strategies to improve the ecological situation and protect public health.

ДЯЧУК П.П., АНТОНЮКОВ О. В. (УКРАЇНА, ЖИТОМИР)

**НАСАДЖЕННЯ МЕДОНОСИ В ЛІСАХ ФІЛІЇ «КОРОСТЕНСЬКЕ ЛІСОМИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО» ДСГП «ЛІСИ УКРАЇНИ»**

*Поліський національний університет*

*10008, вул. Старий Бульвар, 7, Житомир, Україна mail@polissiauniver.edu.ua*

**Abstract.** This study focuses on the identification and analysis plantations of honey trees within the forests of the Korosten Forestry Branch of the State Forest Management Enterprise "Forests of Ukraine". Based on data from the "Forest Land Inventory" database (2008, 29,7 ha) and the "Forests of Ukraine" Geoportal (2018, 126,3 ha), the area of honey trees plantations increased by 96.3 hectares over a 10-year period. Key species include *Robinia pseudoacacia* L. and *Tilia cordata* Mill., both of which are significant for local beekeeping.

Пошук ОЗЛД «насаджень-медоносів» на території філії «Коростенське лісомисливське господарство» ДСГП «Ліси України» проводився за даними реляційної бази «Таксаційна характеристика земельних ділянок лісового фонду» ВО «УКРДЕРЖЛІСПРОЕКТ» (2008 р.) та за допомогою інформаційного ресурсу Геопортал: «Ліси України» <https://forestry.org.ua/> (2018 р.). Варто відмітити, що дані насадження розташовані у різних територіально-адміністративних районах – Коростенському та Житомирському, в природній області Житомирського Полісся, зони мішаних лісів.

Виявлені ОЗЛД насадження медоноси станом на 2008 рік займали 29,7 га, а на 2018 рік – 126,3 га (табл.1). Загальна зміна площі на території філії таких насаджень збільшилась на 96,3 га за 10 років, період між повторними базовими лісовпорядкуваннями.

Таблиця 1

**Розподіл особливо захисних лісових ділянок «Насадження медонос», га**

Деревний вид	2008	2018	Зміна площі
Робінія звичайна ( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	4,9	13,1	8,2
Липа широколиста ( <i>Tilia platyphyllos</i> Scop.)	3,3	0,0	-3,3
Липа дрібнолиста ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	21,5	113,2	91,7
<b>Всього</b>	<b>29,7</b>	<b>126,3</b>	<b>96,3</b>

Збільшення площі ОЗЛД медоносів відбулось за рахунок липи дрібнолистої – на 113,2 га та робінії звичайної – на 8,2 га. Найбільше площ таких ділянок сконцентровано в Березівському та Коробальному лісництвах (табл. 2) у багатих типах лісорослинних умовах (ТЛУ).

Таблиця 2

**Розподіл ділянок ОЗЛД «Насадження медонос» за ТЛУ, дані 2018 року, га**

ТЛУ	Робінія звичайна				Липа дрібнолиста						Разом
	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	
Лісництво											
Березівське		0,5				9,3	7,0	3,4	30,6	2,0	<b>52,8</b>
Бехівське			0,9								0,9
Богунське						4,5			0,5		5,0
Корабельне			0,6	0,1		12,8		3,3	20,5		<b>37,3</b>
Левківське		1,1	1,6								2,7
Новозаводське		0,1	0,2			0,3					0,6
Пилипівське	0,5	1,4	2,4		4,6	6,4					15,3
Тригирське						7,7					7,7
Ушомирське						0,3					0,3
Шершнівське		3,7									3,7
<b>Разом</b>	0,5	6,8	5,7	0,1	4,6	41,3	7,0	6,7	51,6	2,0	126,3

Значне збільшення площ насаджень медоносів, зокрема за рахунок липи дрібнолистої, який є аборигенним видом, може створювати сприятливі умови для розвитку бджільництва в регіоні. Однак через інвазійність робінії псевдоакації необхідний постійний моніторинг та управління, щоб уникнути негативних екологічних наслідків для місцевих екосистем.

НИЖНИК Т.Ю.<sup>1</sup>, СТРИКАЛЕНКО Т.В.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, КИЇВ, ОДЕСА)

## АЛГОРИТМ ВИКОРИСТАННЯ ПОХІДНИХ ПГМГ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ У ВОДОПОСТАЧАННІ

<sup>1</sup>НТТУ «Київський політехнічний інститут ім І.Сікорського»

03056, пр. Берестейський, 37, корп.4, Київ, Україна; taren8@gmail.com

<sup>2</sup>Одеський національний технологічний університет

вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039; alpha.water.55@gmail.com

**Abstract** The results of scientific research carried out with the participation of the authors substantiated the possibility and effectiveness of improving the operation of water supply systems by using one of the guanidine polymer derivatives («Aquatон-10»/PHMG- gch). This use of the polymeric reagent of complex action «Aquatон-10» creates conditions for obtaining normatively safe drinking water that meets the requirements of state legislation, and the technology is environmentally friendly and to some extent energy efficient.

Концепція сталого розвитку включає та об'єднує економічну, соціальну та екологічну складові, потребує прийняття відповідних управлінських рішень, здатних «задовольняти потреби нинішнього покоління без шкоди для можливості майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби». Системний аналіз стратегій розвитку підприємств, зокрема галузі водопостачання, свідчить, що з поглибленням наших знань кількість ризиків лише зростає, а тому потребується зміна поглядів, відносин, оцінок тощо, пристосування до нових технологій, інноваційних рішень, до швидкості цих змін, особливо в умовах певної невизначеності сьогодення. Існує досить велика кількість теоретичних напрацювань щодо такого аналізу, проте втілення їх у роботу підприємств, знову ж таки «потребує зміни поглядів, відносин, оцінок, пристосування до нових технологій, інноваційних рішень...». Тому актуальність задачі мінімізації ризиків у водопостачанні не викликає сумнівів, а її рішення потребує системної оцінки ризиків для здоров'я споживачів води (соціальна складова) і для навколишнього середовища (екологічна складова), включає економічні та енергетичні ризики.

Метою нашої роботи також був аналіз ризиків у системі водопостачання та обґрунтування використання для мінімізації принаймні частини ризиків на підприємстві водних розчинів похідних полігексаметиленгуанідину гідрохлориду (ПГМГ-гх). Алгоритм як сукупність і порядок дій для рішення конкретної задачі включав розробку 5 напрямків: (1) оброблення води з джерела водопостачання, (2) використання розчинів ПГМГ-гх на етапах зберігання і транспортування води, (3) використання ПГМГ у складі водоочисних пристроїв для додаткового очищення води та (4) приготування води питної якості, а також (5) оброблення стічних вод, поверхонь на підприємствах, для приготування їжі у польових умовах тощо. Науковими дослідженнями, виконаними низкою творчих колективів за участі авторів цієї роботи у 1997-2023 рр., обґрунтовано використання полімерного біоцидного реагенту комплексної дії «Акватон-10» (діюча речовина - ПГМГ-гх з низьким вмістом залишкових мономерів, розробник – НТЦ «Укрводбезпека», м. Київ), що пройшов санітарно-гігієнічну і токсикологічну експертизу та призначений, зокрема, для використання в технологіях оброблення води та водоочисного обладнання, в харчовій промисловості, в медицині, для безпечного водоспоживання в екстремальних ситуаціях, для оброблення осадів, що утворюються в процесах очистки природних і стічних вод тощо. Основні результати досліджень полягають у наступному: як комплексоутворювач «Акватон-10» зв'язує забруднювачі органічної і неорганічної природи в нерозчинні комплекси, видаляючи їх з природної води та стічних вод. Оброблення ємкостей (у тому числі – транспортних) водними розчинами реагенту «Акватон-10» виконується вже понад 20 років при експлуатації РЧВ, а також систем/пристроїв для додаткового очищення води централізованого питного водопостачання, що функціонують у дитячих, медичних і торговельних закладах, у готелях. Антикорозійні властивості цього реагенту, відсутність формування резистентності у мікроорганізмів до цього біоциду та зниження мутагенності води, здатність проявляти ефективність при обробленні води як низької, так і підвищеної температури відрізняють його від існуючих реагентів для оброблення води. Методичний супровід та необхідні контрольні заходи щодо перевірки показників якості води, обробленої похідними ПГМГ-гх, викладені у відповідних документах, розроблених за нашої участі та затверджених МОЗ України.

РИЧАК Т.Л., АРХИПОВА Л.М. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## ОСОБЛИВОСТІ САМООЧИЩЕННЯ ВОД БУРШТИНСЬКОЇ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
76019, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна; taras\_rychak@ukr.net

**Abstract.** Using Ruffel's method, in the case of pollutants entering the upper third of the reservoir and its spreading along the shore of the reservoir under the influence of wind waves, the dilution factor was calculated and the self-cleaning capacity of cooling reservoirs was determined. A spatial model of the distribution of fuel and lubricant materials in an artificial reservoir was created, taking into account natural and anthropogenic factors. There search is part of the development of an appropriate management system for the environmental safety of significantly altered surface water bodies.

Бурштинська водойма–охолоджувач, що обслуговує Бурштинську ТЕС, за характером водообміну відноситься до непроточної з оборотним водокористуванням, об'ємом 50 млн. м<sup>3</sup>. Це достатньо велика водойма, в якій процесу самоочищення сприяє антагонізм мікробів водойми, дія сонячних променів, притік чистих вод, вітрове хвилювання, тобто самоочищення відбувається в результаті дії механічних, фізики-хімічних і біологічних процесів. Проте, окрім процесів самоочищення від постійно існуючих забруднювальних речовин (ЗР), які відбуваються у водоймі, епізодично відбуваються потрапляння специфічних ЗР, не характерних для даних водойм. З лютого 2022 року, в результаті російсько-українського збройного конфлікту, військові злочини в Україні призвели до потрапляння значної кількості паливно-мастильних матеріалів, нафтопродуктів у водні екосистеми (Чорного і Азовського морів, річок Дніпро і Сіверський Донець, озер, ставок, водосховищ), включаючи Бурштинську водойму–охолоджувач. Проведені дослідження забруднення цієї водойми-охолоджувача в результаті одного з ракетних ударів весною 2024 р., що спричинив розлив паливно-мастильних матеріалів (нафтопродуктів) у водоймі (таб.).

Таблиця 1

### Результати вимірювань показників складу та властивостей вод, відібраних 12.04.2024 , Бурштинська водойма-охолоджувач

Назва проби води	Результати вимірювань		Відомості про методики виконання вимірювань	
	Величина рН,	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	Шифр	Похибка вимір δ, Р=0,95
1	7,42	16,36	МВВ 081/12-0317-16 визначення рН	Δ =+- 0,1
2	7,17	0,61	МВВ 081/12-0230-05 вимірювання нафтопродуктів	Δ=+- 40%
3	6,96	0,84		
4	7,10	1,74		
5	7,51	0,19		

Дослідження ускладнювалось тим, що плями нафтопродуктів у результаті вітрового хвилювання протягом дня пересувались по поверхні водного об'єкту та по периметру. У відібраних пробах виявлено перевищення концентрації нафтопродуктів у водоймі від 2 до 163 разів порівняно з граничною нормою (0,1 мг/дм<sup>3</sup>). Прибережна частина водойми була покрита плівкою нафтопродуктів. Проведено розрахунок кратності розведення забруднювачів у водоймі - охолоджувачі за допомогою метода М.А. Руффеля у випадку потрапляння їх у верхню третину водойми та під дією вітрового хвилювання розтікання вздовж берега. На основі отриманих результатів визначені підходи щодо особливостей поширення паливно - мастильних матеріалів з можливістю подальшого прогнозування якості поверхневих вод. Результати розрахунків свідчать, що водойма має низьку здатність до самоочищення, кратність розбавлення забруднених вод становить 121,44 (n<sub>0</sub>=120,4; n<sub>т</sub>=1,04). Створена просторова модель поширення нафтопродуктів у водоймі надає можливість приймати управлінські рішення для забезпечення водної та наземної екосистем від забруднювальних речовин.



ПЕРЕБИНОС А.Р. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВИЗНАЧЕННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

*Київський національний університет будівництва та архітектури  
03037, просп. Повітряних Сил, 31, Київ, Україна; perebynos.ar@knuba.edu.ua*

**Abstract.** Studying the morphological composition of mixed municipal waste is an important component of a sustainable waste management system. This short study offers a comparative analysis of methodological recommendations for conducting such studies in Ukraine. The findings show the need for a deeper evaluation of different present municipal waste composition research methodologies.

З 2022 року відбувається активна адаптація українського законодавства до законодавства Європейського Союзу у зв'язку з початком ініціації процесу вступу України до ЄС та отриманням статусу кандидата. Законодавство сфери управління відходами не стало винятком та зазнало ґрунтовних змін. У червні 2022 року був прийнятий рамковий Закон України “Про управління відходами”, що набув чинності 9 липня 2023р. та після якого було внесено зміни до низки законів та нормативно-правових актів, а також підготовлені нові законопроекти.

“Методичні рекомендації з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів”, що були прийняті у 2010 році (<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0039662-10>), були замінені у 2024 році на “Методичні рекомендації з визначення морфологічного складу побутових відходів” (<https://mtu.gov.ua/documents/2485.html>). Загалом структура та назви розділів та додатків у нових рекомендацій не відрізняється від попередніх, але змінилася логіка розташування (табл. 1).

*Таблиця 1*

**Порівняльна таблиця структур методичних рекомендацій**

Методичні рекомендації 2024 року	Методичні рекомендації 2010 року
Розділ 1. Загальні положення	Розділ 1. Загальні положення
Розділ 2. Визначення морфологічного складу побутових відходів, зібраних та перевезених сміттєвозами	Розділ 2. Визначення морфологічного складу твердих побутових відходів (ТПВ) у контейнерах
Розділ 3. Визначення морфологічного складу побутових відходів, вилучених з контейнерів	Розділ 3. Визначення морфологічного складу ТПВ, що доставляються сміттєвозами на об'єкти поводження з відходами
Розділ 4. Визначення щільності побутових відходів	Розділ 4. Визначення щільності ТПВ
Додаток 1. Форма відомості реєстрації побутових відходів, що надходять на об'єкт оброблення відходів	Додаток 1. Зразок форми для заповнення даних дослідження морфологічного складу ТПВ у контейнерах
Додаток 2. Форма для заповнення даних досліджень морфологічного складу побутових відходів із сміттєвозів	Додаток 2. Зразок форми для заповнення даних досліджень морфологічного складу твердих побутових відходів з сміттєвозів
Додаток 3. Форма для заповнення даних досліджень морфологічного складу побутових відходів у контейнерах	Додаток 3. Зразок відомості реєстрації твердих побутових відходів, що надходять на об'єкт поводження з відходами

Морфологічне дослідження побутових відходів є важливим інструментом в системі управління відходами, оскільки надає інформацію щодо об'ємів утворюваних відходів у громаді по фракціях і загалом, а також оцінює вплив сезонності на генерацію відходів. Чинні методичні рекомендації надають чітке розуміння щодо методології проведення дослідження для побутових відходів перевезених сміттєвозами чи зібраних у контейнери, а саме вказується частота, кількість та об'єми відібраних проб. Крім того, список фракцій, на які повинні розсортуватися відібрані проби, було розширено та рекомендовано не обмежуватися тільки наявним переліком у Додатках.

ВОЛІВАЧ Т.І., ПЕТРУШКА І.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ

*Інститут сталого розвитку ім. В.Чорновола, Національний університет «Львівська політехніка», 79013 Львів, вул. С.Бандери, 12, istr.dept@lpnu.ua*

**Abstract.** The soils of Ukraine are facing significant degradation, particularly due to industry, agriculture, and the ongoing war. This investigation focuses on assessing the extent of damage and selecting appropriate recultivation strategies using remote sensing technologies. By leveraging Google Earth Engine (GEE), geoinformation systems are being developed to compile critical soil data, such as pH levels, soil density, soil moisture estimation, soil type, land degradation. This comprehensive approach aims to facilitate the identification of regions most affected by heavy metal pollution and support the creation of precise soil pollution maps.

Ґрунти є одним із найважливіших компонентів екосистеми України, які забезпечують функціонування сільського господарства та природних ландшафтів. Однак, зростання індустріалізації, інтенсивне сільське господарство та військові дії значно збільшили антропогенний вплив на ґрунтові ресурси. Перелічені чинники призводять до забруднення ґрунтів, їхньої деградації та зниження родючості. Забруднення ґрунтів важкими металами, хімічними речовинами, добривами та пестицидами – це ключові проблеми, які впливають на стабільність агроекосистем.

Сучасні методи дистанційного зондування Землі надають можливість більш точно та оперативно оцінювати стан ґрунтів на великій території. Завдяки використанню хмарних платформ для аналізу та обробки географічних даних, зокрема Google Earth Engine (GEE), можна отримати дані про рівень рН, щільність, вологість, тип ґрунту, рівень деградації та ерозії земель. Ці показники є важливими для визначення загального стану ґрунтів і розробки подальших рекомендацій для їхнього раціонального використання та відновлення.

Методи дослідження ґрунту та дистанційного зондування тісно пов'язані між собою, тож їх можна розділити на наступні категорії:

1. Картографування текстури ґрунту: просторовий розподіл текстури ґрунту є цінним для землеустрою, сільського господарства та екологічного планування.
2. Оцінка вологості ґрунту: вміст води в ґрунті та інформація про текстуру ґрунту можуть краще зрозуміти наявність води, потреби в зрошенні та моніторинг посухи.
3. Ерозія ґрунту та перенос осаду: інтеграція інформації про текстуру ґрунту з даними дистанційного зондування може оцінити вразливість різних структур ґрунту до ерозії та визначити зони ризику.
4. Деградація земель і опустелювання: аналіз даних дистанційного зондування може допомогти виявити території, де відбувається деградація ґрунтів, втрата родючості та процеси опустелювання.

Одним з основних завдань дослідження є створення геоінформаційної системи, яка дозволить ідентифікувати найбільш уражені території та запропонувати стратегії їх відновлення або поводження з такими територіями. Для оцінки стану ґрунтів використовуються комплексні показники, отримані шляхом дистанційного зондування з даних різних супутників, оснащених оптичними, інфрачервоними, радіолокаційними камерами. Крім того, для підвищення точності аналізу використовується апроксимація даних за допомогою методів машинного навчання, що дозволяє краще інтерпретувати супутникові знімки, та визначити просторові закономірності.

Застосування єдиного підходу до моніторингу стану ґрунтів і їх екологічної оцінки дозволить створити стійкі агроценози, які забезпечать довготривале збереження біорізноманіття а також використовувати оптимальні стратегії відновлення забруднених ґрунтів.

ГРИГА М.Ю. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ЗМІНИ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДНІПРА

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України,  
03142, пр. Акад. Палладіна, 34, Київ, Україна; office.igmr@gmail.com*

**Abstract.** Based on the conducted hydrochemical studies of the Dnipro River during 2015-2023, a systematic deterioration of surface water quality has been established. For most monitoring points, trends of increasing ammonium, phosphate, and biochemical oxygen demand (BOD) were identified. In more than 70% of cases, the maximum values were observed in 2023 and were on average 45% higher than the minimum values within the studied area.

Зростаючі темпи урбанізації і розвиток промисловості сприяють збільшенню антропогенного навантаження на поверхневі води. Зі стоками комунально-побутового, промислового та сільськогосподарського характеру у ріки потрапляють хімічні сполуки, які призводять до погіршення якості води. Поверхневі води Дніпра, які задовольняють більше 70% потреб споживачів в той же час зазнають постійного забруднення та мають підлягати всебічному дослідженню з метою запобігання незворотних негативних змін.

Серед гіdroхімічних показників, які несуть максимальну інформацію про зміни водної системи, можна відмітити сполуки азоту, фосфору і біохімічне споживання кисню. Сполуки азоту і фосфору є біогенними речовинами та, потрапляючи у поверхневі води, не лише зазнають хімічних перетворень, але й задіяні в процесах життєдіяльності водних організмів. Біохімічне споживання кисню (БСК) є показником, що відображає витрати кисню на розкладання органічних сполук, що в свою чергу свідчить про відбирання кисню з водного середовища на потреби розкладу а не живлення та росту. Збіднені киснем та перенасичені біогенними речовинами поверхневі води зазнають процесів евтрофікації, що виснажує водну систему та є небезпечним для її живих організмів.

Встановлення особливостей просторово-часового розподілу гіdroхімічних показників забруднення поверхневих вод Дніпра є основною метою представленого дослідження. Щомісячні концентрації біогенних сполук та БСК були отримані через систему моніторингу Державного агентства водних ресурсів України за період з 2015 року по 2023 рік. Зв'язки між гіdroхімічними показниками були встановлені з використанням кореляційного та факторного аналізів. Дослідження забруднення поверхневих вод Дніпра проводилось в межах 7 водозаборів великих міст України та охоплювало територію від м. Вишгород до м. Дніпро.

Як показали дослідження, багаторічні тренди змін забруднення поверхневих вод Дніпра краще за все піддаються аналізу через оцінку змін концентрацій амонію, фосфат-іонів та БСК. Було встановлено, що для більшості водозаборів досліджених територій прослідковується зростання концентрацій цих показників з року в рік, причому у більше ніж 70% випадків максимальні значення припадають на 2023 рік. Різниця між мінімальними і максимальними річними медіанними показниками для фосфатів складає 40-55%, для БСК 35-50%, та для амонію складає 25-65%.

В процесі дослідження було виявлено ряд особливостей розподілу забруднення поверхневих вод Дніпра. Водозабори м. Кам'янське та м. Дніпро, що розташовані у витoku Кам'янського та в межах Дніпровського водосховища, характеризуються багаторічними трендами зростання концентрацій амонію та БСК. В межах водозаборів м. Кременчук та м. Горішні Плавні простежуються максимальні значення БСК, які у 80% випадків перевищують гранично допустимі концентрації, та мінімальні показники фосфат-іонів серед усієї території дослідження. Тренди зростання забруднення поверхневих вод за амонієм були встановлені для водозаборів м. Черкаси і м. Києва. Для водозабору м. Черкаси, розташованого в межах Кременчуцького водосховища, також є характерним найбільший рівень концентрації фосфатів та аномальна швидкість щорічного зростання БСК, що в сукупності характеризує цю територію, як ту, що потребує додаткового моніторингу через системне забруднення води.

КУЗЬМШИНА І.І., МЕРЛЕНКО Н.О., ДЯКІВ С.В., МЕРЛЕНКО І.М.,  
БЕЗСМЕРТНА О.О. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК-КІВЕРЦІ-КИЇВ)  
**ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ФЛОРИ КІВЕРЦІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ЦУМАНСЬКА ПУЩА»**

*Волинський національний університет імені Лесі Українки  
Ківерцівський національний природний парк «Цуманська пуща»  
Луцький національний технічний університет  
43025, вул. Банкова, 9, корпус С, м. Луцьк, Україна; irikuz61@ukr.net*

**Abstract.** According to the results of field research during the vegetation period of 2022 and review of literary sources, 887 species of vascular plants were found in the black alder forest of the Tsuman Forestry of the Kivertsi National Nature Park "Tsumanska Pushcha" in the Volyn Region. The remoteness of the research area from the urban-type settlements Tsuman and highways contributed to the significant preservation of vegetation cover – the absolute majority of plant species represent aboriginal flora – 795 species (89,6 %). The synanthropic fraction is represented by only 10,4% species, which indicates significant preservation of the spontaneous flora.

Вивчення біорізноманіття окремих територій є пріоритетним напрямком ботаніки сьогодення. Волинське Полісся є одним із найбільш заліснених і заболочених рівнинних регіонів України, який характеризується унікальним поєднанням озерно-лісових і лучно-болотних ландшафтів. Потреба знань про флору зростає в аспекті положень Конвенції про збереження біорізноманіття (Ріо-де-Жанейро, 1992). Тому нагальною потребою сьогодення є інвентаризація флори і фауни об'єктів природно-заповідного фонду для подальшого моніторингу за станом біоти резерватів.

Флора Цуманської пущі здавна становила великий науковий інтерес для дослідників, причому в літературі основна увага приділялась рідкісним видам флори. У 1984–1993 рр. співробітниками кафедри ботаніки Луцького педінституту ім. Лесі Українки (нині – СНУ) В.К. Терлецьким зі співавторами, П.Д. Марченком, Н.З. Романюк, О.А. Блажко, пізніше упродовж 2000–2006 рр. – Н.З. Романюк, Л.О. Коцун, В.П. Войтюком, І.І. Кузьмшиною, А.Б. Філіпенко зі співавторами були уточнені, виявлені та описані нові місцезнаходження рідкісних та зникаючих видів рослин Цуманського лісового масиву.

На початку нового тисячоліття нові локалітети рідкісних для цього регіону видів рослин було виявлено науковцями Інституту М.Г. Холодного НАН України Т.Л. Андрієнко, В.А. Оніщенком і О.І. Прядко, вченим Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України О.Р. Баранським. Підсумком стала узагальнююча праця «Біорізноманіття Цуманської пущі та питання його збереження», авторами якої встановлений відносно молодий вік флори та ймовірність флористичного багатства понад 700 видів судинних рослин.

Нами за результатами польових обстежень за огляду літературних джерел виявлено 887 видів судинних рослин, значну частину яких складає раритетна компонента (загалом 128 видів, 14,4 % від загальної кількості КНПП, а саме: два із списку Міжнародного союзу охорони природи (IUCN) (*Aldrovanda vesiculosa*, EN; *Aesculus hippocastanum*, VU), два види із Європейського червоного списку (ERL) (*Chimaphila umbellata*, VU), (*Neottianthe cucullata*, EN, чотири – із додатку I Бернської конвенції (БК); 19 – що охороняються положеннями Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, які перебувають під загрозою зникнення (CITES); 45 – занесені до переліків видання Червоної книги України; 82 – із обласного переліку регіонально рідкісних видів).

Віддаленість району досліджень від селища міського типу Цумань та автомобільних доріг сприяла значній збереженості рослинного покриву КНПП – абсолютна більшість видів рослин представлена аборигенною флорою – 795 видів (89,6 %). Синантропна фракція представлена лише 10,4% видів, що свідчить про значне збереження спонтанної флори.

ГОРБАЧ В.В. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ТРАКТУВАННЯ ПОНЯТТЯ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОГО РОЗВИТКУ

*Волинський національний університет імені Лесі Українки  
43025, пр. Воли, 13, Луцьк, Україна; Horbach.Viktoriiia@ynu.edu.ua*

**Abstract.** The article is devoted to the study of approaches to defining the concept of low-carbon development. The article analyzed world and domestic scientific views on the interpretation of the term low-carbon development, in particular, the works of British, Chinese, Japanese and Ukrainian scientists. Based on our research, we identified the main idea that unites the analyzed approaches to the definition and proposed our own definition of low-carbon development.

Перехід до низьковуглецевої моделі розвитку є одним із пріоритетних напрямів трансформації суспільства на засади сталого зростання, тому виникає необхідність проведення аналізу сутності поняття низьковуглецевого розвитку. Слід зазначити, що підходи вчених та компетентних організаційних структур до трактування поняття доволі різноманітні.

Так, британські науковці Ф. Урбан та Й. Норденсверд розглядають низьковуглецевий розвиток як модель розвитку, яка ґрунтується на безпечній для клімату низьковуглецевій енергетиці, дотримується принципів сталого розвитку, сприяє запобіганню небезпечним змінам клімату та використовує моделі низьковуглецевого споживання та виробництва (Low Carbon Development: Key Issues / edited by Urban F, Nordensvärd J. 2013. London: Routledge. P. 5).

Китайські вчені Ху Юань, Пен Чжоу та Децюнь Чжоу виділяють три послідовні фази низьковуглецевого розвитку: низьковуглецева економіка (рання фаза, метою якої є скорочення викидів CO<sub>2</sub> в економіці), низьковуглецеве суспільство (суспільство з низьковуглецевою економікою, політикою, повсякденним життям, та культурою) та низьковуглецевий світ (зрілий етап, який виникає, коли більшість країн сформували низьковуглецеве суспільство) (Hu Yuana, Peng Zhoua, Dequn Zhou. What is Low-Carbon Development? A Conceptual Analysis. Energy Procedia. 2011. Vol. 5. P. 1707).

В Японії поширеним є термін «низьковуглецеве суспільство». Міністерство охорони навколишнього середовища Японії розглядає низьковуглецеве суспільство як економічно та екологічно здорове суспільство майбутнього, для побудови якого необхідно докладати постійні зусилля щодо виконання зобов'язань Кіотського протоколу з метою стабілізації парникових газів в атмосфері, актуалізуючи здоровий розвиток економіки з низьким екологічним навантаженням і високою якістю життя (Annual Report on the Environment in Japan 2005 / Ministry of the Environment. 2006. P. 5, 7, 8).

Серед українських вчених, В.М. Кузьмин називає низьковуглецеву економіку новою соціально-економічною і технологічною системою, націленою на скорочення викидів парникових газів (передусім діоксиду вуглецю), об'єднана цінностями і принципами сталого розвитку (Кузьмин В.М. Стратегічні аспекти низьковуглецевого розвитку житлово-комунального господарства міста. Інфраструктура ринку. Розділ 5. Розвиток продуктивних сил і регіональна економіка. 2020. Вип. 42. С. 219). О.М. Рябчин визначає низьковуглецеву економіку як виробництво, торгівлю та споживання, які не приводять до значних витрат енергії та викидів парникових газів, і не загрожують стабільності клімату та зазначає, що вона є попередницею економіки нульових викидів (Рябчин О.М. Сталий розвиток і еколого-енергетична безпека в умовах глобалізації. Проблеми и перспективы развития сотрудничества между странами Юго-Восточной Европы в рамках Черноморского экономического сотрудничества и ГУАМ, 2011. Ч. 1. С. 628-632. С. 630).

Таким чином, незважаючи на різноманітність підходів до трактування поняття, їхньою спільною ідеєю є спрямованість низьковуглецевого розвитку на досягнення кліматичної нейтральності суспільства. Тому, низьковуглецеву економіку доцільно розглядати як самостійну екологоорієнтовану суспільну концепцію, провідною ідеєю якої є досягнення нульових викидів парникових газів антропосферою при збереженні темпів соціально-економічного розвитку.

БОЯРИН М.В., ЦЬОСЬ О.О. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЗФ ВЕРХІВ'Я БАСЕЙНУ РІЧКИ ПРИП'ЯТЬ НА ВОЛИНІ

Волинський національний університет імені Лесі Українки  
43025, пр. Волі 13, Луцьк, Україна; mariasun140314@gmail.com

**Abstract.** The upper part of the Pripet River basin in the Volyn region is marked by various nature-reserved objects that belong to the pan-European, national and regional eco-networks. The river basin contains 314 objects of the nature reserve fund (NRF) with a total area of 164,735.7 hectares. In the upper Pripet River basin, there is an uneven distribution of protected areas across the territory, which indicates the need to increase their size in the Styr, Turia, Vyzhivka, and Korostyanka river basins to achieve an optimal ratio of areas and conserve species biodiversity based on a basin approach.

Упорядкування та методи оптимізації мережі ПЗФ вивчалися зазвичай у межах адміністративних територіальних одиниць (районів, областей, країни загалом), сьогодні все більшої актуальності набуває басейновий підхід при оцінюванні мережі природно-заповідного фонду. Тому виникає необхідність подальшого вивчення ПЗФ у межах окремих басейнів річок Волинської області, зокрема річок басейну Прип'яті, оскільки переважну частину водогосподарського комплексу на Волині становить її басейн, який має значний ступінь освоєння.

У роботі під час визначення територіального розподілу об'єктів ПЗФ у верхів'ї басейну річки Прип'ять було використано матеріали Регіональної доповіді Волинської обласної державної адміністрації. Для кількісної та якісної оцінки стану ПЗФ у межах басейну річки Прип'ять у Волинській області використано показники, що відображені у таблиці 1.

Таблиця 1

### Показники оцінки стану мережі територій та об'єктів ПЗФ за басейнами річок верхів'я р. Прип'ять у Волинській області (2023 р.)

Басейн річки	Загальна кількість об'єктів, $N_{заг}$	Загальна площа ПЗФ ( $S_{ПЗФ}$ ), га	Фактична площа ПЗФ ( $S_{ПЗФ\ факт.}$ ), га	Ступінь заповідності $S_{зап.}$	Показник щільності, об'єкти/100 км <sup>2</sup>
Водозбір р. Прип'ять	41	33548,22	32057,2	62,9	6,05
Басейн р. Стохід	55	19 890,4	19 890,4	6,36	1,76
Басейн р. Стир	115	65 074,162	53214,7	10,56	2,28
Басейн р. Турія	78	26 606,38	26 246,4	9,05	2,69
Басейн р. Вижівка	13	3294,81	3294,8	2,59	1,02
Басейн р. Цир	11	13 795,4	11 957,1	23,58	2,17
Басейн р. Коростянка	8	2525,8	2525,8	5,30	1,68
Верхів'я Прип'яті (всього)	<b>314</b>	<b>164 735,17</b>	<b>149 186,4</b>	<b>10,17</b>	<b>2,14</b>

У басейні річки Прип'ять знаходиться 314 об'єкти ПЗФ загальною площею 164735,7 га, проте фактична площа є меншою, оскільки існує ряд об'єктів, які враховуються у загальну площу природно-заповідного фонду, але фактично розташовані у межах інших, значно більших за площею, об'єктів ПЗФ, або кількох басейнів. У басейні річки Прип'ять таких об'єктів нараховується більше 40, наприклад: Шацький НПП (частково), НПП «Прип'ять–Стохід», Ківерцівський НПП «Цуманська пуца», загальнозоологічний заказник місцевого значення «Старовижівський», ландшафтний заказник місцевого значення «Святобуківський», загальнозоологічний заказник м/з «Дубечнівський» та ін. Для оцінки ефективності природно-заповідної мережі басейну річки Прип'ять визначено, що фактична площа ПЗФ становить 149186,4 га, щільність об'єктів – 2,14 об./100 км<sup>2</sup>, показник заповідності – 10,17 %, коефіцієнт інсуляризованості – 0,32. Виконана оцінка сучасного стану природно-заповідного фонду басейну Прип'яті у межах Волинської області надала можливість обґрунтувати та рекомендувати продовження досліджень з метою виявлення раритетних видів біоти та розширення мережі об'єктів ПЗФ.

МУДРАК О.В.<sup>1</sup> (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ),  
 МАГДІЙЧУК А.П.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ)

## ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ГІРНИЧО-ПРОМИСЛОВИХ ЛАНДШАФТІВ В КОНТЕКСТІ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗЕЛЕНОГО КУРСУ

<sup>1</sup>КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”,

Вул. Грушевського, 13, м. Вінниця, 21050, Україна

<sup>2</sup> Хмельницький національний університет

вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29000, Україна

*mahdiichuk@gmail.com*

**Abstract.** The European Green Course envisages measures to reduce losses and protect biodiversity, restore the number of species of natural flora and fauna, in particular migratory species of animals and birds, their habitats, etc. A modern integral concept on the way to sustainable development is the creation and improvement of an ecological network. Prospective objects for use as reserve territories for further inclusion and expansion of the eco-network are quarry-dump complexes for the extraction of minerals.

Процес Євроінтеграції є важливим кроком на шляху до реалізації концепції та основних цілей сталого розвитку суспільства. Біорізноманіття є важливим компонентом навколишнього природного середовища, яке забезпечує такі екологічні функції, як підтримання якості повітря та води, біорозкладання відходів, підтримання родючості ґрунту, колообігу речовин та енергії, регулювання клімату тощо. Проблема збереження та охорони біорізноманіття визначена в комюніке про Європейський Зелений Курс (ЄЗК), в Програмі дій з навколишнього середовища та Європейській стратегії 2030 р.

Серед завдань, визначених Стратегією у рамках Цілі 2 «Забезпечення сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу України», є зменшення втрат біотичного та ландшафтного різноманіття, збереження та відновлення чисельності видів природної флори та фауни, зокрема мігруючих видів тварин та птахів, середовищ їх існування, протидія незаконному обігу та торгівлі об'єктами дикої фауни і флори, збільшення та розширення територій природно-заповідного фонду.

Сучасною інтегральною концепцією на шляху до сталого розвитку є створення комплексної природоохоронної системи – екологічної мережі. Пан'європейська екологічна мережа, як єдина просторова система природних та напівприродних територій, була визначена головним напрямом реалізації Всеєвропейської стратегії збереження біотичного і ландшафтного різноманіття, прийнятої на конференції «Довкілля для Європи» (м. Софія, 1995 рік).

Одним із шляхів оптимізації екомережі є пошук перспективних територій та їх включення до структурних елементів, які забезпечуватимуть її просторову цілісність та репрезентативність. Потенційними територіями для включення в структуру екологічної мережі є території які потребують додаткових заходів з ренатуралізації, рекультивациі, репатріації, заліснення, залуження тощо – відновлювальних територій, які в складі екомережі здатні забезпечувати просторову цілісність та досягнути екологічного балансу. Перспективними об'єктами для використання у якості резервних територій для подальшого включення і розширення екомережі є кар'єрно-відвальні комплекси з видобутку корисних копалин.

Пошук оптимальних еколого-збалансованих рішень для подальшого відновлення і використання гірничо-промислових ландшафтів, розробка нових методів для покращення загального екологічного стану пост-майнінгових територій в контексті збереження та відновлення біорізноманіття в концепції Європейського Зеленого Курсу (ЄЗК) є наразі актуальним та важливим питанням.

ДОЧИНЕЦЬ В.В., ШУПЛАТ Т.І., ПОПОВИЧ В.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПРОБЛЕМА ПОВОДЖЕННЯ ІЗ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ У ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ПРИЧИНИ, НАСЛІДКИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
79007, вул. Клепарівська, 35, Львів, Україна; ldubzh.lviv@dsns.gov.ua*

**Abstract.** The main aspects of the emergence of waste management problems in Ukraine, as a whole, and in Zakarpattia region in particular, are revealed. Attention is focused on the formed complex of dangers that cause the deterioration of the quality of environmental components and create threats to the vital activities of society. The state of loading with solid household waste in the studied landfills of the region, was analyzed. The main measures aimed at optimizing the waste management system of the region have been revealed.

Проблема управління відходами сьогодні є однією з найактуальніших для сучасного людства. Країни Європейського Союзу уже багато десятиліть як вибудували на усіх рівнях, починаючи від побутового, раціональну і ефективну модель управління відходами, в якій на чільних позиціях є мінімізація складування побутових відходів на полігонах, побутове сортування, перетворення на електроенергію через спалювання, рециклінг.

В сучасній Україні дана проблема є однією із наймасштабніших і невирішених. За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, в країні налічується понад 5 тисяч полігонів, загальною площею понад 8,5 тисяч га, з яких понад 90% не відповідають діючим екологічним вимогам. Зокрема у Закарпатській області налічується 62 місця видалення відходів, 59 – для твердих побутових, а на несанкціонованих сміттєзвалищах знаходиться близько одного мільйона тонн відходів.

Присутній комплекс причин, які спричинили до такого загрозливого стану. В першу чергу питання поки не повсюдного сортування відходів відповідно до певних категорій, що пов'язано із питанням екологічного просвітництва та інформування населення, розпочинаючи із закладів дошкільної та загальної середньої освіти, стосовно питання важливості сортування відходів, шляхів і переваг їх переробки, перед складуванням, як це і передбачає Закон України “Про управління відходами”, який набув чинності 9 липня 2023 р., завданням якого є створення системи управління відходами, у відповідності до європейських принципів. Крім того значна проблема у регіоні і з підприємствами із сортування, спалювання та переробки відходів, які є важливими структурними ланками у галузі управління відходами.

В регіоні більшість полігонів суттєво вичерпали свої потужності і заповнені на 80-95%. Зокрема досліджуваний полігон в Ужгородському районі (с. Барвінок), площею 3,7 га заповнений на 95%, Мукачівський (с. Верхній Коропець), площею 12,5 га – на 80%. Показник утворення відходів на одну людину становить 116 кг/рік. У зв'язку з тим, що після повномасштабного вторгнення російської федерації, область стала прихистком для багатьох десятків тисяч внутрішньо переміщених громадян, то даний показник суттєво збільшився. Особливо гостра ситуація у гірських та передгірських районах, де не скрізь налагоджена система збору і вивозу відходів та їх подальшого сортування.

Полігони твердих побутових відходів є джерелами небезпек для довкілля та населення: забруднення підземних вод і едафотопів, утворення фільтратів, розповсюдження інфекційних захворювань та шкідників, утворення звалищного газу, самозаймання і забруднення атмосферного повітря, включення у міграційний цикл речовин, утворених внаслідок розкладання різних видів відходів, загроза здоров'ю і життю населення.

У кінці 2021 року, був прийнятий “Регіональний план управління відходами Закарпатської області на період до 2030 р.”, завданням якого є оптимізація процесу управління відходами області. У регіоні до кінця 2027 року, планують побудувати п'ять сміттєпереробних заводів, в Ужгородському, Мукачівському, Хустському, Тячівсько-Рахівському та Берегівському районах, на понад 600 робочих місць, інвестиційною вартістю 152 млн. євро. Реалізація цієї комплексної стратегії, дозволить зменшити існуючу проблему і ризики для довкілля та населення, суттєво підвищити рівень екологічної безпеки Закарпатської області.



ІВАНЦІВ Я.В., ФЕДОНЮК В.В., ФЕДОНЮК М.А. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)  
**РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОЇ КАРТИ «КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ В  
 ЧЕРЕМСЬКОМУ ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА  
 БІОРІЗНОМАНІТТЯ»**

*Луцький національний технічний університет  
 43018, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна; ecolutsk@gmail.com*

**Abstract.** The principles of development and the structure and filling of the interactive map "Climate changes in the Cheremsk Nature Reserve" were considered. The purpose of developing this interactive application was to assess the regional manifestations of global climate changes within the most valuable object of the nature reserve fund of the Volyn region - the Cheremsky Nature Reserve and their impact on the biota of the reserve, including on the rare component of biodiversity.

Заповідники – це найцінніша складова природно-заповідного фонду України, ядро екологічної мережі, вони є еталонними природними комплексами, що назавжди вилучені з господарського використання та призначені для збереження біорізноманіття, наукової діяльності, екологічного моніторингу. Природні комплекси заповідників в Україні у XXI ст. зазнають впливу трьох чинників, які можуть змінити чи порушити їх ландшафтно-біологічне різноманіття: антропогенна діяльність людини, зміни клімату та, на жаль, військові дії. Частина заповідників України зараз перебуває на окупованих територіях чи у зоні ведення бойових дій. Тому особливо важливо зберігати і примножувати природно-заповідний фонд України на територіях, яких не торкнулася війна. Для збереження біорізноманіття в заповідниках, зокрема, у Черемському ПЗ, актуальним є аналіз впливу змін клімату на природні комплекси. Авторами розроблено інтерактивну карту "Кліматичні зміни в Черемському ПЗ". Метою розробки інтерактивного застосунку була оцінка регіональних проявів змін клімату в Черемському ПЗ, їх впливу на біоту заповідника, в тому числі - на раритетну компоненту біорізноманіття, і представлення одержаних результатів. Інтерфейс розробленої карти представлено на рис. 1.

Потенційний вплив змін клімату на біорізноманіття Черемського ПЗ здійснювався шляхом складання оціночних таблиць, у якій згруповані усі види флори та фауни заповідника, що перебувають під охороною, і для кожної групи видів визначено можливі позитивні та негативні види впливу змін клімату, що спостерігаються, при умові, якщо виявлені тенденції змін продовжаться. До визначених основних потенційних впливів негативного характеру відносяться: втрата і деградація середовища існування раритетних болотних видів внаслідок заростання болота лісом; ризик збіднення екосистем внаслідок зростання посушливості, яка стимулюватиме поширення посухостійких інвазивних видів, погіршення основних характеристик середовища існування видів; негативні фенологічні зміни в природі (наприклад, при підвищенні середньої температури на 2<sup>0</sup>C, що вже спостерігається у заповіднику, рослини починають цвісти на 5-25 днів раніше, коли є загроза заморозків та відсутні комахи-запилювачі, тому не формується зав'язь, плід, насіння; можливі зміни в розселенні видів та зміни ареалів їх поширення; швидке поширення бур'янів, алергенів, отруйних видів та інвазивних видів.

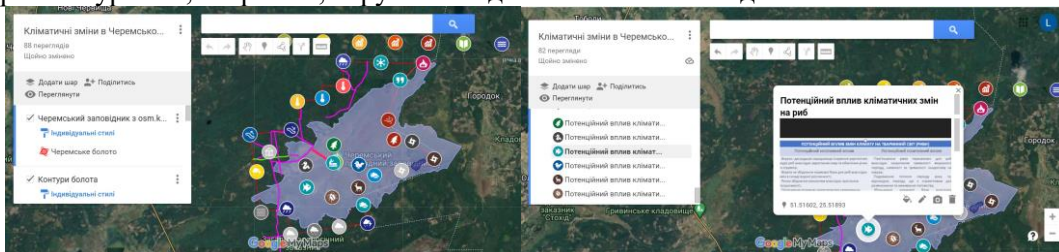


Рис. 1. Інтерфейс інтерактивної карти «Кліматичні зміни у Черемському природному заповіднику».

Основні результати проведеного дослідження: визначено особливості динаміки кліматичних показників на території Черемського ПЗ протягом 2016-2020 рр. у порівнянні з кліматичною нормою; оцінено потенційний вплив виявлених змін клімату на біоту; розроблено інтерактивну карту «Кліматичні зміни у Черемському природному заповіднику» (посилання на ресурс: <http://surl.li/nnwps>), яка може використовуватися як додатковий елемент ведення Літописів природи та розробки інтерактивного геопорталу.

**БОГОЛЮБОВ В.М., БОНДАРЬ В.І., КЛЕПКО А.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)**

## **СТАЛИЙ СІЛЬСЬКИЙ РОЗВИТОК І ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДИ В УКРАЇНІ**

*Національний університет біоресурсів природокористування України,  
м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, <https://nubip.edu.ua/>*

Abstract. Global climate change and the country's environmental security require the government and the public to realize the need to transition to sustainable development, in particular, to sustainable rural development. The main principles of such a transition for Ukraine should be the principle of self-limitation in crop production, decarbonization of energy, and reduction of man-made risks to natural ecosystems and public health. Modernization of the air quality monitoring system, in particular, is important to preserving public health and the state of natural ecosystems.

Концепція сталого сільського розвитку (Sustainable Rural Development) передбачає таку організацію життєдіяльності сільської громади, при якій забезпечуються сучасні потреби і якість життя її мешканців і зберігаються можливості майбутнім поколінням забезпечувати свої потреби і високу якість життя. Для збереження сучасних потреб населення сільської громади необхідно підтримувати високу якість сільськогосподарських територій, включно з ґрунтами, поверхневими водами і атмосферним повітрям. Одним із шляхів збереження прийнятної якості сільськогосподарських територій є, на думку авторів, зменшення інтенсивності виробничих процесів, зокрема, шляхом збільшення обсягів органічного виробництва, використання технологій точного землеробства і системи нульового обробітку ґрунту (No-Till технології) для зменшення відсотку орних площ в Україні.

Післявоєнне відновлення території і природи України повинно відбуватись на принципах сталого сільського розвитку (надалі Принципи ССР), які узгоджуються зі Стратегією екологічної безпеки України до 2030 року, затвердженою Розпорядженням КМУ від 20.10.2021 року № 1363-р. До Принципів ССР відносять принципи самообмеження споживання і виробництва, «зеленої економіки» і боротьби з опустелюванням. Принцип самообмеження споживання і виробництва у контексті переходу до сталого сільського розвитку має враховувати оптимізацію структури посівних площ і зменшення використання хімічних засобів при вирощуванні сільськогосподарських рослин на територіях об'єднаних сільських громад. Проблема збереження біорізноманіття при переході до сталого сільського розвитку повинна вирішуватись шляхом приєднання України до Плану ЄС щодо відновлення природних екосистем до 2050 року. Згідно з цим Планом кожна країна розробляє свої Національні плани відновлення природи, в яких передбачити для сільськогосподарських територій покращити запаси органічного вуглецю у ґрунтах та показники ландшафтного біорізноманіття. Європейський зелений курс ставить за мету досягнення в кожній країні збільшення до 30% частки збережених і відновлених природних екосистем.

Перспективи «зеленої» повоєнної відбудови України на принципах сталого сільського розвитку мають використовувати можливості біотрансформації агросектору шляхом переходу до виробництва енергії з місцевих ресурсів біомаси, зокрема, шляхом біотрансформації рослинних, тваринних і комунальних відходів. Оскільки сільськогосподарські угіддя займають близько 70% території України і на них щороку формуються близько 120 млн. тон відходів рослинництва і майже 50 млн. тон відходів тваринництва (за даними 2019 року). Україна має можливість використати досвід країн ЄС, де на енергетичні потреби використовують 25-50% рослинних решток і взяти активну участь в Зеленому курсі ЄС, що забезпечить одночасного виконання принципів «зеленої» енергетики і боротьби з опустелюванням.

За словами професора Ернста Ульріха фон Вайцекера сучасні індустриальні методи в агросекторі є надзвичайно шкідливим для біорізноманіття і змін клімату, тому в Україні необхідно в першу чергу змінити підхід до підтримки і розвитку органічного сільського господарства, як основи для розвитку сільського господарства на принципах сталого розвитку (Sustainable Agriculture Development).

ЛЛЯШЕВИЧ В.В., ШУПЛАТ Т.І., ПОПОВИЧ В.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ОСОБЛИВОСТІ ПОСТПРОГЕННОГО ВІДНОВЛЕННЯ РОСЛИННОГО  
 ПОКРИВУ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
 79007, вул. Клепарівська, 35, Львів, Україна; ldubzh.lviv@dsns.gov.ua*

**Abstract.** The main factors of the occurrence of fires in natural ecosystems and their consequences for the environment and the population that they cause are highlighted. Aspects of the influence of hostilities as a factor causing fires in natural ecosystems in Ukraine are considered separately. The peculiarities of the formation of local post-pyrogenic territories and their characteristic features are considered.

Пожежі у природних екосистемах призводять до тривалої структурної перебудови усіх складових компонентів навколишнього природного середовища, відновлення яких, може тривати не одне десятиліття. Це стосується як лісових, так і степових, пожеж на сільськогосподарських угіддях та торфовищах.

Присутні різні фактори, які спричиняють ці страшні для екосистем наслідки: природні (блискавки, виверження вулканів, іскри від скельних падінь і самозаймання) і антропогенні, спричинені людським фактором (недотримання заходів пожежної безпеки, безконтрольний трав'яний підпал, який тягне за собою відповідальність перед законом, викид у лісосмузі скляної тари, що спрацьовує як лінза при сонячному нагріванні, застосування феєрверків, вибухових речовин та легкозаймистих матеріалів, загорання стихійних сміттєзвалищ, навмисний підпал). Саме з причин антропогенного впливу, виникають до 80-90% пожеж у природних екосистемах, різної інтенсивності, місця локалізації (верхові, низові або ж підземні).

В Україні з лютого 2014 року і особливо з 24.02.2022 року, часу повномасштабної агресії російської федерації, додався ще один значний фактор впливу – мілітарний, адже в результаті детонації ракет та артилерійських снарядів, вибухових пристроїв, утворюється значна кількість небезпечних хімічних сполук, таких як: вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ), водяна пара ( $\text{H}_2\text{O}$ ), чадний газ ( $\text{CO}$ ), бурий газ ( $\text{NO}$ ), формальдегід ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), діоксид азоту ( $\text{NO}_2$ ), закис азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ), азот ( $\text{N}_2$ ), пари ціанистої кислоти ( $\text{HCN}$ ), важкі метали і низка канцерогенних сполук, а також велика кількість токсичної органіки, окислюються навколишні ґрунти, деревина, природня підстилаюча поверхня. Внаслідок проходження вибухового удару та хвилі, яка його супроводжує, речовини проходять повне окиснення, а продукти хімічної реакції інтенсивно вивільнюються у нижні шари атмосфери, у лісових ґрунтах мігрують і накопичуються небезпечні хімічні речовини, в тому числі важкі метали, що призводить до значної деградації екосистем. Забруднення ґрунтових та водних ресурсів продуктами горіння від пожеж внаслідок бойових дій та обстрілів, створює чималі ризики для проведення посівної кампанії, що відбивається на продовольчій безпеці, наносить шкоду лісовому господарству, зменшуючи площу лісів різного призначення та рівень лісистості, який у довоєнний період становив 15,9%.

На місцях пожеж у природних екосистемах виникають постпірогенні території, де спостерігається тривала тенденція до зростання варіабельності та видозміни структури фітоценозів трав'яного покриву та деревно-чагарникових насаджень, впродовж кількох послідовних сукцесійних етапів. Зокрема це спостерігалось на досліджуваних ділянках Закарпатської області. Вигорання органічної частки ґрунтів, акумульованої у шарі підстилки та фітомасі, підвищує вміст зольних елементів, мінералізованого азоту, посилює нагрівання поверхні ґрунту та спричиняє підвищення його кислотності, що впливає на насінневе і вегетативне поновлення рослинних угруповань. Крім того гине значна кількість ґрунтових мікроорганізмів-деструкторів та комах, котрі зимують у верхніх шарах ґрунту. В результаті перебіг хімічних процесів у ґрунті змінюється та супроводжується посиленням дернового процесу утворення ґрунту, мозаїчним утворенням та розвитком трав'янистої рослинності, відновленням мохового покриву, як складових підзолистого циклу. В результаті змикання трав'яного ярусу, мікроклімат території стабілізується, а після поступового змикання дерево-чагарникової рослинності, набуває характерних для лісових екосистем властивостей.

МОКРИЙ В.І.<sup>1</sup>, АРУСТАМЯН Е.М.<sup>2</sup>, БОНДАРЬ В.І.<sup>3</sup>,  
 ПЕТРУШКА І.М.<sup>1</sup>, ПИЛИП'ЮК Ю.В.<sup>1</sup> (УКРАЇНА, ЛЬВІВ, КИЇВ)

## ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ ПІВНІЧНОГО ПОДІЛЛЯ

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

79000, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна; volodymyr.i.tokriy@lpnu.ua

<sup>2</sup>Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України

03035, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, Київ, Україна; info@mepр.gov.ua

<sup>3</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

03041, вул. Героїв Оборони, 15, Київ, Україна; plantprotect\_dean@nubip.edu

**Abstract.** On the basis of GIS technologies, the concept of the monitoring and management system of nature-reserved territories of Northern Podillia was developed. The proposed system ensures balanced resource use, based on developed and tested technologies for monitoring, modeling and forecasting the functioning of ecosystems. Monitoring of forest, water, soil and anthropogenic ecosystems involves the determination of existing and projected connections and impacts to ensure the sustainable development of the ecological network of Northern Podillia.

Моніторинг сталого розвитку природно-заповідних територій потребує формування національного інформаційного середовища, яке акумулюватиме наявні інформаційні ресурси. Вирішення цієї проблеми можливе завдяки інтенсивному розвитку та широкому запровадженню геоінформаційних технологій. Застосування геоінформаційних систем (ГІС) для моніторингу та управління об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) передбачає використання динамічного моніторингу й аерокосмічної інформації у цифровому форматі та її опрацювання, а також візуалізацію тематичного картографічного зображення.

Об'єктом дослідження є територія Національного природного парку (НПП) «Північне Поділля», який створений для збереження цінних природних та історико-культурних комплексів Гологоро-Вороняцького кряжу, розміщеного у середній частині Гологоро-Кременецького структурно-ерозійного кряжу на північному уступі Подільської височини. Матеріалами для дослідження стали відкриті геоінформаційні джерела – KML-файли кластерів заповідної, господарської та рекреаційної функціональних зон парку та супутникові дані європейської космічної програми Sentinel-2.

Результати виконаних досліджень полягають у відпрацьованих алгоритмів, методів і технологій інформаційного забезпечення моніторингу та формування бази даних НПП «Північне Поділля». Базуючись на загальнонаціональній концепції екомережі, розроблено концепцію системи моніторингу екосистем Північного Поділля. У системі національного моніторингу, розробка еколого-інформаційних ресурсів та моніторинг ПЗФ Північного Поділля посідає одне з вузлових місць, оскільки знаходиться на вододілі Чорноморського і Балтійського басейнів. Моніторинг становить систему інвентаризаційних обстежень об'єктів, інформаційно-аналітичної обробки результатів вимірювань, структуризацію, стандартизацію та подання інформації у доступному для прийняття рішень вигляді, створення засобів тривалого збереження інформації та розширення її емпіричного базису. На основі растрового та векторного геоінформаційного аналізу НПП «Північне Поділля» та прилеглих територій, закладено основи комплексного, але водночас і функціонально структурованого моніторингу довкілля. Така концепція має ієрархічний характер, вмщуючи на різних рівнях концептуальні засади моніторингу лісових, водних, ґрунтових та антропогенізованих екосистем, з координацією вимірювань та інтеграцією результатів через інформаційний центр.

Висновки та перспективи подальших досліджень передбачають реалізацію запропонованої ієрархічної схеми моніторингових об'єктів екосистем, що дозволяють визначити як наявні зв'язки між її частинами, так і прогнозованих, для забезпечення повноцінного функціонування екомережі Північного Поділля. Доцільне формування соціологічних баз даних на принципах сумісності з аналогічними екоінформаційними системами Європейського Союзу та із застосуванням новітніх біоінформаційних технологій.

МЕЛЬНИК Є.Є.<sup>1</sup>, (УКРАЇНА, ХАРКІВ), БОНДАР О.Б.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ТЕРНОПІЛЬ)

## ВАЖЛИВІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ ПОЖЕЖ НА ТЕРИТОРІЯХ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

<sup>1</sup>Український ордена «Знак пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького, м. Харків, Україна

*Wudckij1985@gmail.com*

<sup>2</sup>Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна;

*olexandr.bondar91@gmail.com*

**Abstract.** The publication analyzes the significance of the reviews issued on the territory of the natural reserve fund of the Donetsk region. The possibility of developing large-scale projects for 2024 on natural plots of ideological objects of the natural reserve fund area, the conservation area of the «Holy Mountains» NNP, was analyzed. There was a change in trends and scale of local changes during the period with successful dates.

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 (Рибак та ін. 2019). Збереження таких територій в час воєнної агресії росії та посиленого ризику виникнення пожеж через теперішні несприятливі погодні умови заставляють ще більш активно займатися дослідженнями даних питань навіть в невеликих масштабах. За офіційними даними ГУ ДСНС України у серпні та вересні 2024 року за вітряної та сухої погоди, так як наслідок високого рівня пожежної небезпеки одразу в кількох областях на сході України було зафіксовано величезні за площею масштабні пожежі не лише в хвойних, а і листяних лісах. Також через них серйозно постраждали навіть населені пункти. Додатковим фактором займань та ускладнення з гасіння пожеж залишається постійні воєнні дії російської федерації, а також обмеженість доступу працівників лісової охорони, так як наслідок відсутність протипожежних заходів на прифронтовій території та заходів боротьби з ними вже досить тривалий період.

На території Національного природного парку «Святі Гори» Донецької області в роки військової агресії вже багато років фіксується велика кількість займань не лише в чистих та мішаних сосняках, а і чистих листяних насадженнях та на відкритих степових територіях. Суттєва складність точних досліджень на пошкоджених вогнем територіях також через воєнну небезпеку та обмежений доступ.

Особливо масштабні пожежі сталися саме в цьому 2024 році. Так по даним на сайті ГУ ДСНС України у Донецькій області на території НПП «Святі гори» 8 вересня 2024 р була зафіксована масштабна пожежа, що вирувала протягом 8 днів і пошкодила площі у 6000 га. Для порівняння взято дослідження лісових пожеж на території НПП «Святі Гори» в довоєнні роки у період з 1998 по 2013 рр (Гладунець 2014). По проведеному їх часовому та просторовому аналізу встановлено що в середньому на рік загальна площа пожеж становила 101,3 га. Порівнюючи всі ці дані очевидно, що площа однієї масштабної пожежі цього року перевищила середньорічну загальну площу в довоєнні роки в десятки разів. Такі цифри підтверджують про серйозність масштабів впливу вогню на дані території та важливість проведення цілого ряду досліджень по тенденціям та наслідкам таких пожеж. Також по даним дослідженням було встановлено, що періодом пожежного максимуму є квітень – вересень, а пожежним піком – серпень, вересень і травень (Гладунець 2014). Саме і в цьому році катастрофічна пожежа виникла у вересні місяці, тобто в час пожежного піку. Такі дані обов'язково слід враховувати в наступні роки коли загроза та ризик від пожеж можуть бути не меншими.

БУНЯК В., ГУБАРИК В., ВРОНСЬКА І., КОМПЛІКЕВИЧ С.,  
 МАСЛОВСЬКА О., ГНАТУШ С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**ВЛАСТИВОСТІ БАКТЕРІЙ, ВИДІЛЕНИХ ІЗ РИЗОСФЕРИ  
*COLOBANTHUS QUITENSIS* (KUNTH) BARTL.  
 (О. ДЕСЕПШН, МОРСЬКА АНТАРКТИКА)**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
 вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
 e-mail: vasylyna.buniak@lnu.edu.ua*

**Abstract.** The aim of the study was to investigate the properties of bacteria from the rhizosphere of *Colobanthus quitensis* (Deseption Island, Antarctic Maritme). In the course of our work, we isolated pure cultures of bacteria from the rhizosphere of *C. quitensis*, which are able to synthesize siderophores, auxin-like compounds and are resistant to NaCl and heavy metal compounds, therefore, can potentially be used to create drugs to improve plant growth under the influence of these factors.

Умови середовища впливають на наземну біоту Антарктики, що відображається її низьким різноманіттям. Покритонасінні рослини у цьому середовищі представлені двома видами: *Deschampsia antarctica* È. Desv. та *Colobanthus quitensis*. Екологічний успіх цих рослин в умовах Антарктики пов'язаний з адаптацією до багатьох факторів. Окрім адаптацій антарктичних рослин до чинників середовища, значну роль у їхньому виживанні відіграє мікробіом ризосфери. Виділення у чистій культурі і дослідження стійких до чинників середовища мікроорганізмів, які здатні покращувати ріст рослин, є актуальним з огляду на гостру потребу створення біопрепаратів для підвищення родючості ґрунтів, що зазнали антропогенного впливу або були пошкоджені у результаті бойових дій.

Метою роботи було дослідити властивості бактерій з ризосфери *Colobanthus quitensis*. У роботі використали ізоляти бактерій, які були виділені співробітниками кафедри мікробіології ЛНУ імені Івана Франка із зразків *C. quitensis* (о. Десепшн, Морська Антарктика), які були відібрані під час сезону у 27-й Українській антарктичній експедиції. Для виявлення здатності ізолятів бактерій синтезувати сидерофори використовували середовище із хромазуолом S і гексадецилтриметиламоній бромідом, для з'ясування здатності бактерій синтезувати ауксиноподібні сполуки – модифіковану методику з додаванням реактиву Сальковського. Здатність ізолятів бактерій рости за різних концентрацій NaCl та сполук важких металів визначали, використовуючи розведений у 10 разів поживний агар, до якого вносили NaCl (2,0–30,0, MnCl<sub>2</sub>×4H<sub>2</sub>O (1,0–20,0 мМ), CuCl<sub>2</sub>×2H<sub>2</sub>O (1,0–6,0 мМ), K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (0,1–10,0 мМ), CdCl<sub>2</sub>×2,5H<sub>2</sub>O (0,002–0,5 мМ), CoCl<sub>2</sub>×6H<sub>2</sub>O (0,5–5,0 мМ), FeSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O (0,5–20,0 мМ). Бактеризацію насіння пшениці *T. aestivum* L. сорту Tybalt проводили замочуванням насіння упродовж 12 годин у суспензії досліджуваних бактерій. Після замочування насіння висівали у вологий ґрунт. Упродовж третьої–восьмої діб росту визначали: показники проростання насіння пшениці, вміст сухої речовини і вологість у листках пшениці, вміст хлорофілу *a* і хлорофілу *b*.

Серед досліджуваних 33 ізолятів з ризосфери *C. quitensis*, 18 ізолятів були здатні синтезувати сидерофори. Усі 33 ізоляти з ризосфери *C. quitensis* синтезували ауксиноподібні сполуки. Найвищий вміст ауксиноподібних сполук (26,46±0,5 мкг/мл, 19,28±0,1 мкг/мл, 18,16±0,25 мкг/мл, 17,36±0,45 мкг/мл) виявлено у середовищі культивування ізолятів D338, D383, D342, D357. Серед досліджених у роботі мікроорганізмів виявлено ізоляти, стійкі до сполук важких металів. Ізолят D338 ріс за впливу 20 мМ MnCl<sub>2</sub>×H<sub>2</sub>O, 6,0 мМ CuCl<sub>2</sub>×2H<sub>2</sub>O, 0,01 мМ CdCl<sub>2</sub>×2,5H<sub>2</sub>O та 0,5 мМ K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Ізоляти ризосфери *C. quitensis* були помірними галофілами. Найбільш стійкими виявились ізоляти D338 та D335, які росли у середовищі з 15 % NaCl. Деякі ізоляти з ризосфери *C. quitensis* стимулювали ріст ярої пшениці *T. aestivum* сорту Tybalt. Оброблення насіння пшениці ізолятами D330, D331, D357 зумовлювало зростання вмісту хлорофілу *a* і *b* у листках і сухої маси рослини.

Отже, у ході нашої роботи було виділено чисті культури бактерій з ризосфери *C. quitensis*, які здатні синтезувати сидерофори, ауксиноподібні сполуки і є стійкими до впливу NaCl та сполук важких металів, тому, потенційно можуть бути використані для створення препаратів для покращення росту рослин за несприятливих умов.

**ПОПОВИЧ В.В., КОПИЛОВ В.П., ПОПОВИЧ Н.П. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)**  
**АНАЛІЗ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГІДРОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ**  
**ВЕЛИКОГО МІСТА**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*  
 79007, вул. Клепарівська, 35, Львів, Україна, ldubzh.lviv@dsns.gov.ua

**Abstract.** The research shows the state of pollution in the waters of the Styr River (Ukraine). It has been established that the water is polluted as a result of effluents from industrial enterprises and waste collection facilities. To prevent water pollution, it is necessary to install purification systems and prevent dangerous substances from entering the water.

Дослідження проводилися в межах міста Луцьк. Гідрографічну мережу м. Луцьк, безпосередньо, формує річка Стир. На якість її води впливають притоки – ріки Сапалаївка, Омеляник, Жидувка, Черногузка. Зі східної сторони міста Луцька на р. Сапалаївка споруджені Теремнівські ставки (біля вул. Теремнівська). Їх площа – 5,91 га. Стави відіграють значну роль в регуляції гідрологічного режиму річки Сапалаївки. Статус пам'ятки природи місцевого значення «Теремнівські ставки» надано у 1993 році. Також гідрологічно з'єднується з р. Стир каналами Гнідавський болотний масив, який вимагає детальних гідрологічних досліджень в подальшому у зв'язку із своєю специфічною екосистемою. У попередніх дослідженнях нами здійснено аналіз наукових та літературних джерел щодо характеристики якості води ріки Стир та проаналізовано інтерактивну карту «Чиста вода» щодо динаміки її забруднення. Також встановлено основні чинники техногенного впливу на якість води (Попович В. В. (2012). Фізико-механічні властивості едафотопів довкола техногенних водойм сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів у межах західного Лісостепу України. Науковий вісник НЛТУ України, 22 (14), 106-110). Для аналізу вмісту важких металів у воді р. Стир та едафтопах прибережної зони нами здійснено відбір проб у 8-ми ділянках, 6 з яких – безпосередньо ріка Стир, 7-а ділянка – Гнідавське болото, 8-а ділянка – Теремнівське озеро. Проби №1-6 відбиралися 25 червня 2023 року, проби №7-8 відбиралися 26 червня 2023 року. Едафотопи відбирали із глибини 0-15 см, а також пробу води із центру за руслом ріки. Проби едафотопів відібрано відповідно до стандарту (ДСТУ ISO 10381-1:2004). Опрацювання проб здійснено в Лабораторії промислової токсикології Львівського національного медичного університету ім. Данила Галицького (м. Львів, Україна), свідоцтво № РЛ 068/22 від 01.12.2022 р. про відповідність системи керування вимірюваннями відповідно до ДСТУ ISO 10012:2005. Аналіз вмісту важких металів у воді ріки Стир показав, що найбільш забрудненими є ділянки у межах Гнідавського болота та Теремнівських ставів. Ці об'єкти характеризуються стоячою водою та мають незначний витік безпосередньо у ріку. Вміст Cu перевищує ГДК (0,005 мг/дм<sup>3</sup>) серед досліджуваних ділянок якраз у цих місцях – для Гнідавського болота становив 0,012 мг/дм<sup>3</sup>, для Теремнівських ставів – 0,005 мг/дм<sup>3</sup>. Джерелами забруднення води є промислові об'єкти та місця накопичення побутових відходів (Попович, В. В. (2012). Макроміцети сміттєзвалищ як біоіндикатори стану техногенного едафотопу. *Ukrainian Journal of Ecology*, (3), 59-70). Вода в р. Стир та водоймах її гідрографічної мережі є забрудненою такими важкими металами як Cu, Zn, Cr, Co, Mn, Ni. Безпосередньо перевищення ГДК Cu у воді спричиняє у риб аномалії скелетно-судинної системи (анемія, крововиливи), зменшення пігментації, відсутність очей, знижену живучість ембріонів, личинок, сколіоз і викривлення хвоста. Zn спричиняє низький рівень вилуплення, високу смертність, аномальну пігментацію, гачкуватий хвіст, деформацію хребта. Перевищення у воді ГДК Cr призводить до зниженої живучості ембріонів і личинок, морфологічні зміни (С-подібне тіло). Безумовно, що важкі метали впливають на водні та прибережно-водні фітоценози. Зокрема, підвищення концентрацій важких металів у рослинах призводить до деформації їх органів, зниження плодоношення та розвитку і в кінцевому випадку – до загибелі.

МАЄР Т., ОДНОРІГ З. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЗДІЙСНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ВЕРЕЩИЦЯ

*National University "Lviv Polytechnics"*

*79013, S. Bandery Str., 12, Lviv Ukraine: maier.tania12@gmail.com*

**Abstract.** The economic activity of enterprises can lead to the depletion and pollution of surface waters, disruption of their hydrological and hydrochemical regimes. The State Ecological Inspectorate in Lviv Oblast has identified areas of possible pollution of the Vereshchytsia River.

За результатами багаторічних спостережень контролюючими органами, одним із основних чинників забруднення поверхневих водойм є скиди неочищених та недостатньо очищених комунально-побутових і промислових стічних вод у водні об'єкти. Класифікація та оцінки якості поверхневих вод в екологічному аспекті базується на Методиці екологічної якості поверхневих вод за відповідними категоріями (Наказ Мінекобезпеки України за № 44 від 31.03.1998 р.). Опираючись на розуміння виразу «якість води» як екологічна та водогосподарська складова, систему класифікацій та нормативів оцінки якості поверхневих вод України розділена на 3 основні групи: екологічну, санітарно-гігієнічну та водогосподарську. У кожній із груп є власні визначальні характеристики, що відповідають призначенню нормативів.

Однією із поставлених задач для державної екологічної інспекції (ДЕІ) є охорона, раціональне використання вод та відтворення водних ресурсів, зокрема наявності та додержання умов дозволів, установлених нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин, лімітів забору і використання води та скидання забруднюючих речовин (Положення про Державну екологічну інспекцію України // ПКМУ від 19 квітня 2017 р. № 275).

Працівники ДЕІ здійснюють щоквартально екологічний контроль поверхневих вод. Програма відбору проб визначається поставленою метою. Зокрема, працівники ДЕІ у Львівській області здійснювали виїзд на територію смт. Великий Любін та із залученням представника органу місцевого самоврядування проводили огляд (обстеження) місця можливого забруднення річки Верещиця. Виявлено бетонну трубу з якої витікала речовина бурого кольору з неприємним запахом у водовідвідний канал, з подальшим потраплянням в річку Верещиця.

Працівниками інструментально-лабораторного контролю Інспекції відібрані проби води, що витікали з вказаної труби та проби води з річки Верещиці: в смт. Великий Любін (з мосту на автодорозі Львів-Самбір – проба №1), в с. Поріччя (нижче по течії від смт. Великий Любін – проба №2) та у с. Мавковичі (вище по течії від смт. Великий Любін – проба №3). Лабораторні дослідження проби води проводилися на визначення хімічних показників: водневий показник, хлориди, сульфати, сухий залишок, завислі речовини, азот амонійний, нітрати, нітрити, фосфати, біохімічне споживання кисню, хімічне споживання кисню, залізо загальне, аніонні СПАР, нафтопродукти.

За результатами проведених лабораторних досліджень відібраних проб вод виявлено, що концентрація забруднюючих речовин у пробі № 1 та пробі №2 перевищує допустиме нормативне значення (Про затвердження гігієнічних нормативів якості вод водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення // Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 року №721), по БСК<sub>5</sub> – у 2,67 рази. Проведені дослідження демонструють значний рівень забруднення ріки Верещиця за гідрохімічним показником.



ЮРЧЕНКО В.О.<sup>1</sup>, ПРОСКУРНІН О.А.<sup>2</sup>, ЦАПКО Н.С.<sup>2</sup>,  
МЕЛЬНИК С.В.<sup>1</sup> (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

**ВПЛИВ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ НА СТАН ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ  
ЧЕРЕЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ  
НІТРОГЕНВМІСНИМИ РЕЧОВИНАМИ**

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,  
61002, вул. Черноглазівська, 17, Харків, Україна; sergey.melnik19977@gmail.com

<sup>2</sup>НДУ «Український НДІ екологічних проблем»  
61165, вул. Євгенія Єніна, 6, м. Харків, Україна; proskurnin\_o@ukr.net

**Abstract.** The problem of water bodies pollution by rainwater runoff is considered. It is noted that assessing the impact of rainwater on the state of a water body through laboratory measurements of its composition does not allow predicting the peak of pollution. An algorithm for calculating the pollution of rainwater runoff through the atmosphere by gas emissions is given. Algorithm can be used in developing water protection programs.

Забруднення водних об'єктів (ВО) дощовими стічними водами (СВ) є однією з суттєвих екологічних проблем як у сільській місцевості, так і у містах. Зокрема потрапляння до ВО нітрогенвмісних речовин може сприяти їх евтровуванню, що зробить воду токсичною та непридатною для користування. Але, якщо у сільській місцевості сама дощова вода, як правило, досить чиста і забруднюється лише на поверхні ґрунту, то у промислових містах опади забруднюються ще до потрапляння до земної поверхні від атмосферного повітря.

При плануванні водоохоронних заходів вплив дощового стоку оцінюється через лабораторні заміри СВ та через розрахунок обсягу дощових СВ за довідковими даними (як правило, за допомогою ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація»). Але деякі екологічні задачі потребують більш точного розрахунку забруднення водних об'єктів через потрапляння до них дощових вод. Наприклад, при нормуванні скидання забруднюючих речовин зі СВ необхідно визначити максимальну величину забруднення. Тому є актуальним розробка алгоритму визначення максимальної забрудненості дощової води, яка стікає до водного об'єкту. У простішому випадку, коли ми розглядаємо одне джерело забруднення атмосферного повітря постійної міцності, а також нехтуємо забруднення з боку ґрунту, підзадачами даної задачі є:

- 1) визначення характерного напрямку вітру та його швидкості;
- 2) розрахунок поля концентрації речовини у повітрі;
- 3) визначення концентрації нітрогенвмісних речовини у дощовій СВ.

Несприятливі екологічні умови у плані напрямку та швидкості вітру можливо визначити за допомогою ДБН «Будівельна кліматологія».

Розрахунок поля концентрації можливо виконувати безпосередньо шляхом розв'язання рівняння турбулентної дифузії чисельним методом, або за допомогою методики ОНД-86.

Визначення концентрації речовини нітрогенної групи у дощовій СВ можливо зробити наступним чином. Вводимо до розгляду функцію інтенсивності абсорбції  $f(t, C)$ , де  $t$  – час,  $C$  – концентрація речовини у повітрі. Нехай  $t^*$  – час руху елемента опадів з висоти, де  $C=0$ . Тоді концентрація на поверхні  $C_3$  землі з урахуванням прямого зв'язку  $t$  та  $C$  буде дорівнювати:

$$C_3 = \int_0^{t^*} f(t) dt.$$

Щільність просторового розподілу речовини на поверхні  $q$  буде дорівнювати перемноженню  $C_3$  на вертикальну швидкість опадів  $v$ . Тоді з майданчика площею  $S$  з коефіцієнтом стоку  $\psi$  за час  $T$  до ВО надійде наступна маса нітрогенвмісних речовин:

$$W = \psi \cdot T \cdot \int_S q(x, y) ds.$$

Висновок. Наведений алгоритм дозволяє прогнозувати якісний склад дощової СВ, забрудненої газовими викидами. Наведений алгоритм може бути використаний при розробці нормативів скидання речовин з дощовими СВ, а також при розробці водоохоронних програм.

МОХОНЬКО В.І., КОРЧУГАНОВА О.М., НОВІКОВА А.М. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗБЕРІГАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ НА ПОЛІГОНАХ

*Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля  
010042, вул. Іоанна Павла II, 17, Київ, Україна; mohonko@snu.edu.ua*

**Abstract.** The composition and properties of industrial waste from chemical industry enterprises, which are stored at industrial waste landfills in the Luhansk region, were studied. It has been established that some waste components that have toxic properties and harm the environment can serve as secondary raw materials for producing critical materials and renewable energy. Industrial waste processing will significantly reduce environmental risks from waste storage in landfills.

У вересні 2020 року Європейська комісія ухвалила Повідомлення «Стійкість критично важливих сировинних матеріалів: планування шляху до більшої безпеки та стійкості», у якому визначено перелік критичної сировини (КСМ), яку рекомендовано видобувати із вторинної сировини. До списку критичних матеріалів входять, зокрема, магній, кобальт, ванадій, метали платинової групи та Прогнозується, що до 2030 року річний попит на КСМ значно зросте. Ін. Окрім КСМ для забезпечення стійкості глобальних ланцюгів постачання промисловості необхідні матеріали для виробництва відновлюваної енергії.

Україна є країною зі значною кількістю полігонів твердих промислових відходів (ТПВ), які територіально наближені до промислово розвинених і гірничодобувних регіонів з високим рівнем техногенного впливу на геологічне середовище. Промислові відходи хімічної та нафтохімічної промисловості, що зберігаються на таких полігонах, можуть слугувати вторинною сировиною для отримання КСМ. Слід зазначити, що вміст критичної сировини у відходах часто вищий, ніж у природних родовищах. Досить великий вміст таких металів як кобальт, ванадій, нікель властивий відпрацьованим каталізаторам виробництв азотної промисловості, та органічного синтезу.

У Луганській області є кілька полігонів промислових відходів, які містять каталізатори різних хімічних виробництв. Один з найбільших – полігон ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот». На території полігону накопичено відходи підприємств хімічної промисловості Рубіжансько-Лисичанського промислового району Загальна кількість відходів становить 375268749 тон. Стабільність хімічного складу, обмежена кількість компонентів, простота зберігання і транспортування робить відпрацьовані каталізатори зручними для переробки. Між тим, компоненти цих каталізаторів, є небезпечними речовинами, які володіють токсичними властивостями і негативно впливають на навколишнє середовище (табл.1).

*Таблиця 1*

### Класи небезпеки деяких компонентів промислових відходів, накопичених на полігоні

Тип відходу	Підприємство	Компонент (КСМ)	Клас небезпеки
Відпрацьований срібний каталізатор	НВП «Зоря»	Ag	II
Відпрацьовані каталізатори АВК-10, ІК-1-6	НВП «Зоря»	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	I
Відпрацьовані каталізатори виробництв аміаку, метанолу, оцтової кислоти, нітратної кислоти	ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот»	Co, Mo, Ni, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	I-II

Проведені дослідження показали, що тривала експлуатація (38-52 роки) призвела до втрати гідроізоляційних властивостей споруд полігону, і, як наслідок, до надходження шкідливих речовин різних класів небезпеки у незахищені водоносні горизонти, які використовувались у якості місцевих джерел господарсько-питного водопостачання. Все це потребує розробки та запровадження технічних та управлінських заходів, які приведуть до мінімізації екологічної загрози полігону промислових відходів навколишньому середовищу. Одним із таких заходів може бути повторне використання та/або нейтралізація відходів.

ТЕРЕБУХ А.А., РОЇК О.Р., ПАНЬКІВ Н.С.,  
ІЛЬНИЦЬКА-ГИКАВЧУК Г.Я. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ОЦІНКА СТРАТЕГІЧНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ НАПРЯМІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
79013 Львів, вул. С.Бандери, 12: oksana.r.obervan@lpnu.ua*

**Abstract.** This article assesses the strategic environmental directions for Ukraine's sustainable development in the context of war. It emphasizes the importance of ecosystem restoration, biodiversity conservation, and “green” reconstruction based on circular economy principles. Key areas include reducing greenhouse gas emissions, developing renewable energy, and improving waste management. The article highlights the need for international cooperation and funding to support post-war ecological recovery and sustainable development, focusing on long-term environmental and economic security for future generations.

Війна в Україні призвела до значного погіршення екологічної ситуації через руйнування інфраструктури, забруднення природних ресурсів та втрату біорізноманіття. Нині в умовах постійної загрози довкіллю, особливо важливо знаходити рішення, які сприятимуть відновленню екосистем та економіки країни після завершення бойових дій. Сталий розвиток передбачає збалансоване поєднання економічних, соціальних та екологічних інтересів для забезпечення добробуту як теперішніх, так і майбутніх поколінь. Війна порушує цей баланс через зниження темпів економічного розвитку, втрати людських ресурсів, руйнування екосистем та зростання соціальних викликів. Це потребує розробки нових стратегій, спрямованих на відновлення екологічного потенціалу країни, інтегрованих із національною економічною політикою.

Пріоритетним завданням для України є відновлення зруйнованих війною природних екосистем і збереження біорізноманіття. Це передбачає реабілітацію пошкоджених територій через відновлення лісів, очищення водойм та відновлення природоохоронних зон. Важливим напрямом є “зелена” відбудова, яка має здійснюватися з урахуванням екологічних стандартів та впровадження циркулярної економіки, що передбачає переробку та повторне використання матеріалів зі зруйнованих об’єктів. Скорочення викидів парникових газів та адаптація до змін клімату залишаються одними з ключових завдань післявоєнного відновлення. Необхідно розробити політику щодо впровадження “зелених” технологій у промисловості, енергетиці та транспорті, модернізувати енергетичну інфраструктуру з акцентом на відновлювані джерела енергії, що зменшить залежність від викопного палива. Розвиток відновлюваної енергетики є перспективним напрямом, що підкреслює важливість зменшення залежності від газу та нафти. Основні зусилля мають бути спрямовані на створення національної програми розвитку відновлюваної енергетики, будівництво вітрових і сонячних електростанцій, а також модернізацію енергетичних мереж для інтеграції відновлюваних джерел у загальний енергетичний баланс країни. Ефективне управління відходами, особливо тими, що утворилися внаслідок війни, є важливим завданням сталого розвитку. Необхідно впровадити систему переробки будівельних відходів та безпечної утилізації залишків військових матеріалів. Особливу увагу слід приділити рекультивациі забруднених ґрунтів і водних ресурсів. Міжнародна підтримка та співпраця є невід’ємною складовою післявоєнної відбудови через міжнародні програми фінансування та спільні проекти з відновлення екосистем за участю світових екологічних організацій сприятимуть відновленню природних ресурсів та забезпеченню сталого розвитку України. Таким чином, війна створює значні виклики для екологічного розвитку України. Інтеграція принципів сталого розвитку в процеси відновлення, зокрема розвиток відновлюваної енергетики, зеленої реконструкції, управління відходами та захист біорізноманіття, стане ключовим для економічного відновлення та забезпечення екологічної безпеки в довгостроковій перспективі.

КОРОЛЬ К.А., ПОПОВИЧ В.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ СМІТТЄЗВАЛИЩ НА ЕКОСИСТЕМИ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ***Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
79007, вул. Клепарівська, 35, Львів, Україна; ldubzh.lviv@dsns.gov.ua*

**Abstract.** Waste management is a critical environmental issue, especially in the Lviv region, where landfills near tourist areas threaten ecosystems. This study examines the impact of Bronytske, Stryiske, and Boryslavske landfills on local biodiversity and soil quality. Heavy metal concentrations in nearby soils exceed safety limits (Pb 250 mg/kg, Cd 1.5 mg/kg, Cu 40 mg/kg, Co 10 mg/kg), reducing species diversity by 40-60%. Elevated substrate temperatures (25-32°C) further harm plant growth, with crops showing 60-80% growth reduction. The findings highlight the need for improved waste management to protect the region's ecosystems.

Проблема утворення та управління відходами є одним з найбільш актуальних екологічних викликів сучасності. Зростання населення та розвиток міст призводять до збільшення обсягів відходів, що негативно впливає на довкілля та біорізноманіття. У Львівській області, з її багатим туристичним потенціалом, розташовані сміттєзвалища (Броницьке, Стрийське, Бориславське), які становлять загрозу для екосистем і здоров'я людей. Дослідження показали, що ці сміттєзвалища різною мірою негативно впливають на природне середовище через неналежні методи управління відходами та недостатню рекультивацию земель.

Згідно з отриманими результатами, основні висновки з проведених досліджень можна звести до наступних аспектів (таблиця 1):

Таблиця 1

**Вплив сміттєзвалищ на екосистеми туристично-рекреаційного комплексу Львівської області**

ПОКАЗНИКИ	РЕЗУЛЬТАТИ
Вміст важких металів	Pb: 150-250 (mg/kg); Cd: 0.5-1.5 (mg/kg); Cu: 20-40 (mg/kg); Co: 5-10 (mg/kg).
Рівень забруднення ґрунту	Зміст органічних речовин: 3-5; загальний вміст важких металів: 350-500 (г/м <sup>2</sup> ).
Температура субстрату	В середньому 25-32°C на різних сміттєзвалищах, що сприяє підвищенню токсичності.
Фітотоксичність	Зниження росту рослин на 60-80% у зоні впливу сміттєзвалищ.
Фітомеліоративна ефективність	Високий К <sub>FM</sub> (5,5) спостерігається на південному боці, тоді як на центральній частині — лише 2,1.
Забруднення атмосферних опадів	Наявність важких металів у снігових опадах: 0.2-0.5 г/м <sup>3</sup> .
Дослідження біорізноманіття	Зменшення видового різноманіття на 40-60% в порівнянні з контрольними зонами.

Виявлено, що концентрація важких металів у ґрунті поблизу сміттєзвалищ перевищує допустимі норми: вміст Pb досягає 250 мг/кг, Cd — 1.5 мг/кг, Cu — 40 мг/кг, а Co — 10 мг/кг, що свідчить про можливі ризики для здоров'я рослин і людей. Спостереження показали зменшення видового різноманіття на 40-60% в районах, прилеглих до сміттєзвалищ, що є серйозною загрозою для екосистем туристично-рекреаційного комплексу. Температура субстрату на сміттєзвалищах коливається в межах 25-32°C, що сприяє підвищенню токсичності середовища та негативно позначається на зростанні рослин. Зниження росту тестових культур на 60-80% у порівнянні з контрольними зразками вказує на значний вплив токсичних умов на біологічні процеси рослин. Результати досліджень підтверджують необхідність розробки та впровадження ефективних заходів управління відходами, зокрема в районах з розвинутою туристично-рекреаційною інфраструктурою, що дозволить зменшити негативний вплив сміттєзвалищ на навколишнє середовище. Таким чином, результати проведеного дослідження підкреслюють серйозні екологічні ризики, пов'язані з діяльністю сміттєзвалищ, і вимагають термінових заходів для покращення стану екосистем туристично-рекреаційного комплексу Львівської області.

ЧУГАЙ А.В., НЕДОСТРЕЛОВ М.В. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН РЕГІОНІВ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,  
вул. Всеволода Змієнка, 2, м. Одеса, avchugai@ukr.net

**Abstract.** The paper presents some results of the assessment of technogenic impact on the air basin of the regions of Western Ukraine. The regions with the highest load indicators include Ivano-Frankivsk and Lviv oblasts.

Техногенний вплив на повітряний басейн в останні роки суттєво збільшується внаслідок військових дій на території України. Проте відсутність фактичної інформації про показники впливу на повітряний басейн, детальні якісні показники ускладнюють можливість оцінки сучасного стану рівня техногенного навантаження.

За офіційної інформацією ЦГО ім. Б. Срезневського у 2022 – 2023 рр. серед регіонів Західної України до міст з високим рівнем забруднення атмосфери увійшли Луцьк, Львів, Рівне і Ужгород (рис. 1). Як видно, відзначається деяке збільшення рівня забруднення у Луцьку (2022 р.), Львові (2023 р.) і Ужгороді (2022 – 2023 рр.).

Також нами було виконано оцінку рівня техногенного впливу на повітряний басейн у довоєнний період (2017 – 2021 рр.) на основі розрахунку інтегрального показника стану атмосферного повітря  $P_{атм}$ . Показник враховує рівень економічної безпеки і стан навколишнього середовища в регіоні. Як відомо, з 2016 р. фактично відсутня інформація про викиди від пересувних джерел. Така ж ситуація відзначалась і для західних областей, тому при виконанні розрахунків було використано метод інтерполяції на основі наявних попередніх даних.

Отримано, що мінімальні значення показника  $P_{атм}$  відзначались у Чернівецькій області, максимальні – в Івано-Франківській (рис. 2).

Також за раніше виконаними оцінками за значенням модуля техногенного навантаження на повітряний басейн  $M_{ПВ}$  Івано-Франківська і Львівська області віднесені до регіонів з максимальними значенням  $M_{ПВ}$ .

Сьогодні починають оприлюднювати частково інформацію про показники впливу на довкілля. То ж наступним кроком роботи буде комплексна оцінка стану і якості повітряного басейну західних регіонів України з урахуванням військового часу.

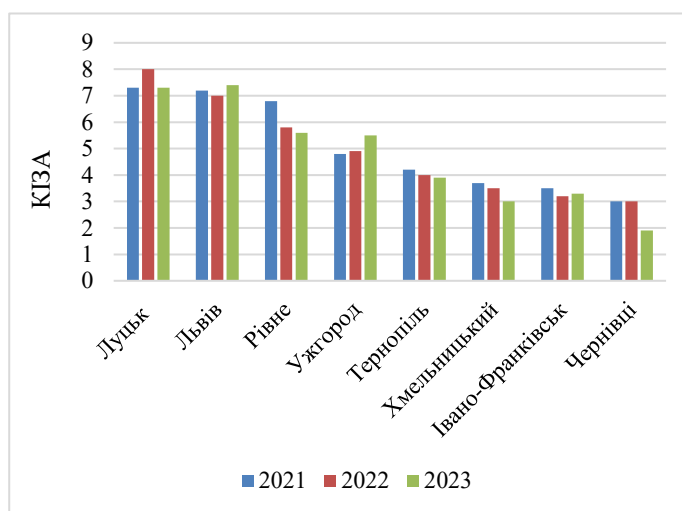


Рисунок 1 – Значення  $KZA$  у містах Західної України у 2021 – 2023 рр.

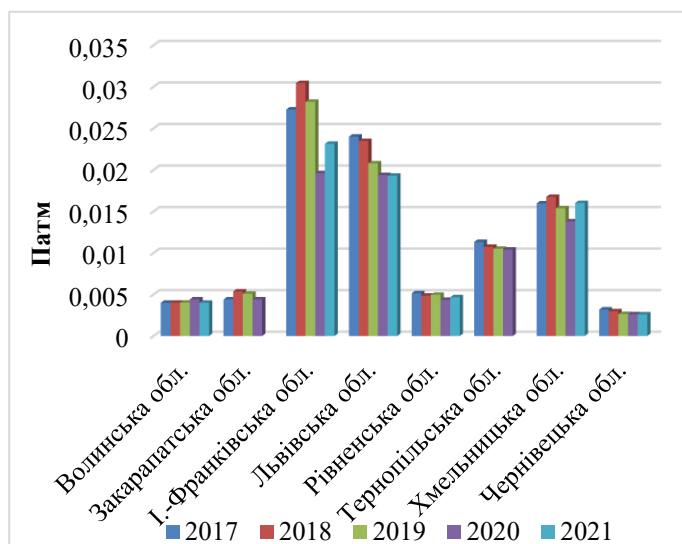


Рисунок 2 – Значення показника  $P_{атм}$  у західних областях України

ЧУГАЙ А.В., БСЛАШЕВА Л.Р. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ВИЗНАЧЕННЯ НЕКАЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ М. ДНІПРО

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,  
вул. Всеволода Змієнка, 2, м. Одеса, avchugai@ukr.net

**Abstract.** The paper presents the results of the assessment of non-carcinogenic risk due to air pollution in the city of Dnipro. The pollutants, the content of which contributes to an increase in the likelihood of harmful effects, are identified.

При оцінці екологічної небезпеки для здоров'я людини внаслідок забруднення атмосферного повітря визначається два види ризику – канцерогенний і неканцерогенний. Для визначення неканцерогенного ризику можна застосовувати таку формулу:

$$HQ = C_i / C_{гдк}, \quad (1)$$

де  $C_i$  – середня концентрація  $i$ -ої ЗР, мг/м<sup>3</sup>.

Тоді оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів для оцінки комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки:

$$HI = \sum HQ_i, \quad (2)$$

де  $HQ_i$  – коефіцієнти небезпеки для окремих ЗР.

Нами було проведено відповідні розрахунки для м. Дніпро за даними моніторингу атмосферного повітря у довоєнний період (табл. 1). З таблиці видно, що до переліку забруднюючих речовин, для яких є вірогідність зростання імовірності розвитку шкідливих ефектів, відносяться постійно пил, діоксид азоту і формальдегід.

Таблиця 1

Результати визначення неканцерогенного ризику для м. Дніпро

Забруднююча речовина	HQ									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Пил	2	2	2,7	2,7	2	2	2,7	2	1,3	
Аміак	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Діоксид азоту	2,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3	2,3	2,5	2,3	
Оксид азоту	1	0,7	0,8	0,8	1	0,8	0,8	0,8	0,8	
Оксид вуглецю	1	0,7	0,7	1	0,7	1	0,7	0,7	0,7	
Формальдегід	3,7	4	3,7	4,3	4,3	5	3,7	5	4,7	
Фенол	1,3	1	1	1	1	1	1	1	1	

Було також розраховано індекс небезпеки  $HI$  (рис. 1). З рисунку видно, що максимальні значення індексу небезпеки відзначались у 2016 – 2018 рр. В останні роки довоєнного періоду індекс зменшився до показників 2013 р.

Аналогічні розрахунки були проведені для м. Запоріжжя. Слід відзначити, що враховуючи значний промисловий потенціал обох міст, отримані показники у м. Запоріжжя значно менше, ніж у м. Дніпро.

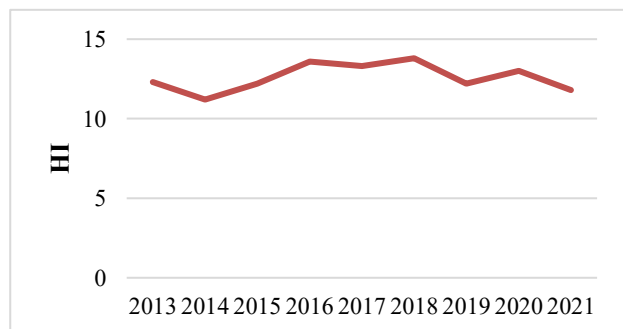


Рисунок 1 – Значення індексу небезпеки для м. Дніпро у 2013 – 2021 рр.

ГОНТАРУК М.В., КОБИЛЕЦЬКА Т.В., ГУМЕНЮК Г.Б.,  
СОКІЛ Б.Б. (УКРАЇНА, ТЕРНОПІЛЬ)

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

*Тернопільський національний педагогічний університет  
46027, вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, Україна, info@tnpu.edu.ua*

**Abstract.** Intensive use of water resources causes sharp changes in their quality parameters, especially the discharge of pollutants of anthropogenic origin into reservoirs. Small rivers deserve special attention, changes in the regime of which affect the hydrological chain of the main river. The use of such waters by the population for economic, drinking or cultural and household needs can lead to negative consequences for human health. Therefore, there is an urgent question of the state of the surface waters of small rivers, namely the Ikva River, which flows within the Ternopil region.

Аналіз численних досліджень, що виконані вітчизняними та закордонними вченими, свідчить про те, що об'єктивна оцінка екологічного стану водних об'єктів можлива лише за сумісного використання гідрохімічних і гідробіологічних даних. Використання комп'ютерної програми Scopus також оптимізує релевантний пошук наукової літератури з певної проблеми. Для оцінювання актуальності досліджень методів машинного навчання та їх використанні в дослідженні якості води в наукометричній базі Scopus було сформульовано аналітичний запит: TITLE-ABS-KEY ("Water quality methods" ) OR TITLE-ABS-KEY ("water evaluation methods" ). За результатами пошуку в наукометричній базі Scopus спостерігаємо зростання кількості публікацій протягом останніх десяти років. Це також додатково підтверджує високий науковий інтерес до досліджуваної тематики, а саме до методів оцінювання якості води. На наш пошуковий запит по даній темі в наукометричній базі Scopus знайдено 35 наукових праць з 2014 до 2023 року. Найбільша кількість літературних джерел по досліджуваній тематиці припадає на останні 3 роки. Зокрема в 2023 році було опубліковано 7 публікацій, 2022 р. та в 2021 р. – 5, що підтверджує актуальність дослідження даної проблеми

Річка Іква – одна з найважливіших водних артерій у Кременецькому районі Тернопільської області, Україна. Має довжину біля 50 кілометрів та витікає з північно-східної частини Кременецьких гір. Протікає через Кременець та інші населені пункти та впадає у річку Серет. Річка Іква важлива для місцевого населення, оскільки вона забезпечує водопостачання та зрошення. У березні 2023 року було проведено дослідження якості води річки Іква на вміст нітратів та іонів амонію, вимірювання жорсткості води та водневого показника (рН). Дослідження проводилось у трьох різних місцях села Дунаїв Кременецького району. Відібрано проби води з поверхневого горизонту водойми. Перша точка відбору знаходиться на початку села біля сільськогосподарських угідь. Друге місце ближче до автотранспортної магістралі. Третя точка – навпроти свиноферми. Результати дослідження показали, що концентрація нітратів у першій точці склала 5,12 мг/л, у другій – 5,13 мг/л, а в третій – 5,2 мг/л. Середнє значення для трьох точок дорівнювало 5,15 мг/л. В усіх досліджених водоймах рівень нітратів не перевищував рибогосподарську ГДК (50 мг/л). Концентрація йонів амонію в річці Іква становила 0,14 мг/л у першій точці, 0,1 мг/л у другій і 0,01 мг/л у третій, що також не перевищує ГДК (0,5 мг/л). Твердість води в першій точці склала 5,3 ммоль/л, у другій – 6,1 ммоль/л, а в третій – 5,4 ммоль/л, що класифікується як м'яка вода. Водневий показник (рН), що характеризує кислотно-лужний баланс, у річці Іква становив: 6,9 в першій точці, 6,7 – у другій, та 6,8 – у третій, що вказує на слабо-кисле середовище. Низькі показники, а саме концентрації нітратів і йонів амонію у весняний сезон можуть бути пов'язані з кількома факторами. По-перше, під час весняного танення снігу та дощів відбувається значне розбавлення води у річках і водоймах, що знижує концентрацію забруднюючих речовин. По-друге, весна характеризується активним зростанням рослинності, яка поглинає значну кількість нітратів і амонію з води, використовуючи їх для свого розвитку. По-третє, у цей період не спостерігається інтенсивного сільськогосподарського використання добрив, що зменшує надходження забруднюючих речовин у водойми з полів. Таким чином, природні процеси самовідновлення екосистеми сприяють підтриманню відносно низького рівня забруднення у весняний період. Для покращення екологічного стану річки Іква необхідний постійний моніторинг води й розробка нових технологій очищення. Також важливо контролювати використання водних ресурсів, боротися з незаконним забором води та впроваджувати заходи для збереження екосистем, включаючи рекультивуацію берегів, озеленення та сортування відходів.

МАЛЕТИЧ Р.М., ЛЮТА О.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «БОЙКІВЩИНА»

*Національний університет «Львівська Політехніка»,  
вул. Степана Бандери 12, Львів, Україна*

**Abstract.** On February 20, 2018, the Cabinet of Ministers of Ukraine decided to establish a national nature park "Boykivshchyna". In 2018, the Borinsky and Turkivsky state forestries proposed to include the lands of the state forest fund with a total area of 7.9 thousand hectares, including 6.3 thousand hectares with withdrawal and 1.6 thousand hectares without withdrawal, in the projected park, provided that the Boykivshchyna National Park operates within the structure of the State Agency of Forest Resources of Ukraine.

Природними рекреаційними ресурсами виступають м'який клімат, лісові масиви, водні рекреаційні ресурси, лікувальні мінеральні води, численні природоохоронні об'єкти, історико-культурні пам'ятки. Рельєф території та тривалість снігового покриву сприятливі для розвитку різних видів гірськолижного спорту. В літньо-осінній період відпочиваючим пропонується цікава туристично-екскурсійна програма.

До території національного природного парку включено 12 240 гектарів земель державної та комунальної власності, а саме: 10 623 гектарів земель державної та комунальної власності, які надаються національному природному парку в постійне користування, у тому числі з вилученням у землекористувачів, та 1617 гектарів земель державної власності державного підприємства «Боринське лісове господарство», які включаються до території парку без вилучення.

Парк віднесено до сфери управління Державної агенції лісових ресурсів України. Згідно із Законом України «Про природно-заповідний фонд України», національні природні парки є природоохоронними, рекреаційними, культурно-освітніми, науково-дослідними установами загальнодержавного значення, що створюються з метою збереження, відтворення і ефективного використання природних комплексів та об'єктів, які мають особливу природоохоронну, оздоровчу, історико-культурну, наукову, освітню та естетичну цінність.

Значну частину парку займають лісові масиви (переважно ялиця, ялина). Зростає понад 30 видів трав'янистих рослин, серед яких баранець звичайний, лунарія оживаюча, чина гладенька, підсніжник білосніжний. На території заповідника росте 402 види рослин. Значна частина видів рідкісні, ендемічні й реліктові. Особливу групу (20 видів, або 5 %) становлять види, які занесені до Червоної книги України. Найрідкіснішими з них є зозулинці чоловічий та шоломоносний, зозуліні сльози яйцевидні, язичок зелений, лунарія оживаюча.

У фауни заповідника зустрічаються такі птахи як тетерук, орябок, дятел строкатий і чорний, синиця чорна і чубата, лелека чорна, орел, беркут, шишкар ялиновий, зміїд, сапсан, шуліка рудий, сова сіра, плиска гірська, пугач, а на вершинах - щеврик гірський, тинівка альпійська, багато співочих перелітних птахів.

Основними завданнями Парку є:

- збереження цінних природних комплексів степової зони та історико-культурних об'єктів, що знаходяться на його території, включаючи підтримання та забезпечення екологічної рівноваги в регіоні;

- створення умов для організованого туризму, відпочинку та інших видів рекреаційної діяльності в природних умовах з додержанням режиму охорони заповідних комплексів та об'єктів;

- організації та проведення науково-дослідних робіт з вивчення природних комплексів та їх зміни в умовах рекреаційного використання, розроблення та впровадження наукових рекомендацій з питань охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання природних ресурсів, організації та проведення моніторингу ландшафтного та біологічного різноманіття;

- збереження генофонду рідкісних, занесених до Червоної книги України та типових рослин і тварин.



ІЛЬІНА А.О. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ОЦІНКА РІВНЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ ОКРЕМИХ РАЙОНІВ МІСТА ОДЕСИ

*Національний університет імені І.І. Мечникова*

*65082, вул. Всеволода Змієнка, 2, Одеса, Україна; rector@onu.edu.ua*

**Abstract.** Green spaces are an integral part of a modern city. The state of urban green spaces is one of the most acute environmental problems. Assessing the level of comfort of greening facilities in urbanized areas is an important task these days, especially for large metropolises. And the practical results of the specified assessment should be used in areas related to territorial planning, territory planning, cadastral assessment of the lands of settlements, individual assessment of real estate objects, as well as when making various management decisions.

Зелені зони є буфером між урбаноконцентраціями та природними екосистемами. В якості вихідних даних була взята інформація з інтерактивної карти зелених насаджень м. Одеса, за допомогою якої можна знайти дані про дерева, кущі, газони або парки. Кожен об'єкт має паспорт, де вказано його розташування, вік і стан. Було розглянуто чотири райони м. Одеса, по кожному з якого було взято кількість зелених зон, загальна площа ділянки зелених насаджень та якісний стан зелених насаджень.

Порівняльний аналіз зелених зон районів м. Одеса за якісним станом показав, що найкращий якісний стан зелених насаджень спостерігається у Приморському районі.

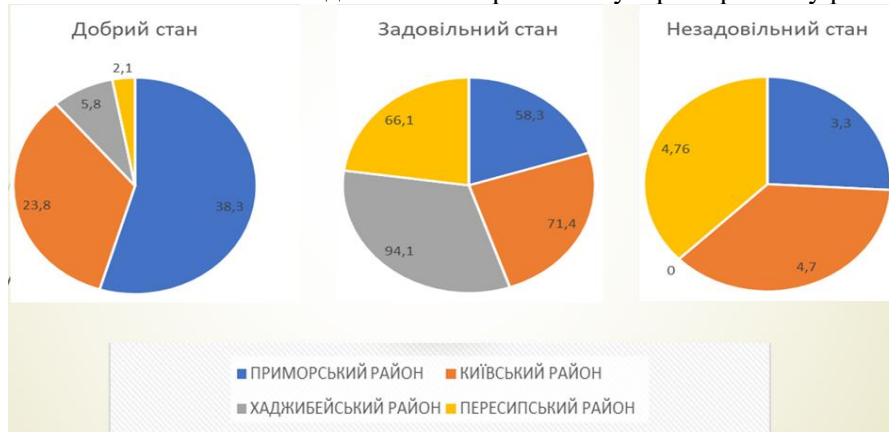


Рис. 1. Якісний стан зелених насаджень по районах м. Одеса

Так, у Приморському районі 38,3 % зелених зон знаходяться у доброму стані. Це найвищий показник по районам. На другому місці йде Київський район з показником в 23,8 %, на третьому місці Хаджибейський район – 5,8 % і на останньому місці Пересипський район, в якому у доброму стані лише 2,1 % зелених зон. (рис. 1).

Згідно встановленим ВООЗ нормативам озеленення міст, площа зелених територій має складати 50 м<sup>2</sup> на людину. Згідно до Закону України "Про зелені насадження міст та інших населених пунктів", площа озеленених територій загального користування для міст повинна становити не менш 25 м<sup>2</sup> на одну людину. Аналіз забезпеченості зеленими насадженнями загального користування по районах м. Одеса на одного мешканця показав, що території реальних парків і скверів по районах м. Одеса не відповідає рекомендаціям ВООЗ та містобудівним нормам. Так, у Київському районі забезпеченість населення зеленими зонами є найнижчим і становить 1,85 м<sup>2</sup> / людину. На другому місці йде Пересипський район з показником забезпеченості 2,0 м<sup>2</sup> / людину, а на третьому місці Хаджибейський район з показником забезпеченості 5,46 %. Найвищий показник забезпеченість населення зеленими зонами у Приморському районі, який становить 7,89 м<sup>2</sup> / людину, але все одно він є недостатнім відповідно до нормативів.

Недостатнє озеленення міських територій може призвести до низки проблем, включаючи погіршення екологічного середовища, збільшення забруднення повітря, відсутність місць для відпочинку та недостатнє охолодження у спекотні дні.

МУЗИЧЕНКО О.С. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

**ДУБ ЧЕРВОНИЙ (*QUERCUS RUBRA DU REI*) У ЛІСОВИХ  
НАСАДЖЕННЯХ ФІЛІЇ «КАМІНЬ-КАШИРСЬКЕ ЛІСОВЕ  
ГОСПОДАРСТВО» ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ»**

*Волинський національний університет імені Лесі Українки  
43025, пр. Волі, 13, Луцьк, Україна; muzychenko.oksana@vnu.edu.ua*

**Abstract.** One of the ways to increase the productivity of tree stands is the introduction of fast-growing introduced species, in particular, *Quercus rubra*, into the composition of forest crops. Forestry and taxation characteristics of tree stands with the participation of *Quercus rubra* are analyzed in the «Kamin-Kashyrskiy Forestry» Branch – distribution by forest types, age groups, and density. In plantations with the participation of *Quercus rubra*, there is practically no grass cover. Moss, ferns, and herbaceous plants grow on the areas where the grass cover is up to 30% dense in the composition of tree stands of the main species *Quercus robur*.

Одним із дієвих способів підвищення продуктивності деревостанів є впровадження у склад лісових культур швидкоростучих інтродуцентів. Оптимальне застосування інтродуцентів у лісовідновленні та лісорозведенні забезпечує стійкість лісів до кліматичних змін і сприяє виконанню лісовими екосистемами екологічних, соціальних, економічних функцій.

До числа широко розповсюджених інтродуцентів в умовах Полісся відноситься дуб червоний (*Quercus rubra Du Rei*). В Україні та Європі його визначають як інвазійний вид, такий який створює загрозу для аборигенних видів дерев, оскільки схильний до експансії в навколишні природні угруповання, витісняючи місцеві деревно-чагарникові та трав'янисті види, кардинально змінює лісове середовище.

У Філії «Камінь-Каширське лісове господарство» насадження за участю *Quercus rubra* створені в 8 типах лісу, їх площа становить 39,9 га. Найбільше деревостанів з участю інтродуцента в Пнівненському лісництві – 18,1 га.

Більшість лісових культур за участю *Quercus rubra* Філії створено у свіжих та вологих судгрудях, які є одними з найпоширеніших типів лісорослинних умов у лісгоспі (25,5 га або 88,98%). Переважна кількість деревостанів має вік до 60 років, при цьому участь *Quercus rubra* рівна 3-10 одиницям. У деревостанах за участю *Quercus rubra* за групами віку переважають молодняки (45,12%), частка середньовікових насаджень – 23,3%, пристигаючих – 31,58%. Червонодубові насадження є середньо- і високоповнотними і відносяться переважно до I-II класу бонітету (29,9 га або 74,94%).

Оптимальний вік рубань головного користування *Quercus rubra*, розрахований на отримання крупних та середніх ділових асортиментів у судібровах, у нормальних та зріджених насадженнях Філії – 71-80 років.

З метою оцінки продуктивності деревостанів за участю *Quercus rubra* та похідних деревостанів за участю дуба звичайного (*Quercus robur* L.), були досліджені площі орієнтовно одного віку (51 та 56 років), ТЛУ – вологий субір (С3).

Аналіз видового різноманіття піднаметового трав'яного покриву досліджуваних деревостанів засвідчив, що у насадженнях, де *Quercus rubra* головна порода практично відсутній живий надґрунтовий покрив, фрагментарно зустрічається *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

На площах, де у складі деревостанів головною породою є *Quercus robur* трав'яний покрив має зімкнутість до 30%, зростають види, типові для даних лісорослинних умов, включаючи мохи, папороті та трав'янисті рослини. Трав'янисті рослини представлені 23 видами, серед них найбільш поширеними є *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Dicranum polysetum* Sw., *Carex sylvatica* Huds, *Aegopodium podagraria* L., *Stellaria holostea* L., *Vaccinium myrtillus* L. та ін.

Продуктивність досліджуваних насаджень в умовах вологих сугрудів за участю *Quercus rubra* становить 124 м<sup>3</sup> з га, *Quercus robur* – 140 м<sup>3</sup> на га. Наведені дані свідчать про те, що введення у склад створюваних деревостанів *Quercus rubra* не веде до значного підвищення їх продуктивності. *Quercus rubra* як інвазійний вид необхідно вилучати з насаджень за рахунок головних рубань і створення культур з автохтонних видів з урахуванням умов місцезростань.

ГНАТУШ С.О., МАСЛОВСЬКА О.Д., КОМПЛІКЕВИЧ С.Я. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЗМІНА МІКРОБІОТИ ПОШКОДЖЕНИХ В РЕЗУЛЬТАТІ ВОЄННИХ ДІЙ ҐРУНТІВ

Львівський національний університет імені Івана Франка  
79005, вул. Університетська, 1, м. Львів, Україна; [svitlana.hnatush@lnu.edu.ua](mailto:svitlana.hnatush@lnu.edu.ua)

**Abstract.** The content of heavy metal compounds and the changes in the composition of the microbiota in samples of gilded chernozem, damaged as a result of military operations from near the village Rudak (Sumy Oblast, Ukraine) were studied. Differences in the relative quantity of representatives of *Proteobacteria*, *Actinobacteriota*, *Verrucomicrobiota*, *Firmicutes*, *Acidobacteriota* and others were revealed. The enumeration of oligotrophic, nitrogen-fixing, and nitrifying bacteria increased in the the soil from projectile crater. Among the isolates, it was revealed that the ones from the projectile crater were more resistant to CdCl<sub>2</sub> and CuCl<sub>2</sub>. Isolates resistant to metal salts are promising for the development of technology for bioremediation of damaged soils.

Унаслідок воєнних дій на території України у ґрунти потрапляє велика кількість токсичних продуктів, зокрема важких металів, сполук сульфуру, нітрогеновмісних речовин тощо. Це призводить до зменшення площ сільськогосподарських угідь придатних для використання, що породжує глобальні екологічні проблеми та економічні втрати. Виділення і дослідження культивованих мікроорганізмів, стійких до багатьох сполук важких металів і здатних перетворювати їх у менш токсичні форми, перспективне для розроблення технологій біоремедіації довкілля.

Досліджено зразки опідзоленого чорнозему поблизу с. Рудак, яке знаходиться за 1,5 км від міста Середина-Буда (Сумська обл.), відібрані у квітні 2024 року з вирви від снаряду (приліт у вересні 2023 року) та контрольної ділянки, яка не зазнала впливу і знаходилася поряд (50 м). У зразках з вирви виявлено вищий вміст купруму (у 2,1 рази), кадмію (у 2,1 рази), плумбуму (в 1,4 рази), селену (в 1,3 рази), меркурію (в 1,3 рази), арсену (в 1,2 рази), порівняно контрольними. За результатами метагеномного аналізу більшість аналізованих послідовностей операційних таксономічних одиниць прокариот (91–95 %) були ідентифіковані як бактерії, а 5–9 % – як археї. У контролі було майже вдвічі більше бактерій та майже вдвічі менше архей, порівняно з дослідним. Найчисельнішими відділами мікроорганізмів у контрольному ґрунті були *Proteobacteria* (58,3к), *Actinobacteriota* (43,3к), *Verrucomicrobiota* (29,0к), *Acidobacteriota* (23,4к), які становили 75,5 % серед ідентифікованих бактерій. У ґрунті з вирви найчисельнішими були представники відділів *Proteobacteria* (35,7к), *Firmicutes* (22,5к), *Actinobacteriota* (19,4к), *Acidobacteriota* (12,3к), які становили 73,7 % від загальної кількості ідентифікованих бактерій. За результатами посіву зразків ґрунту на щільні середовища (триптон-соевий агар, R2A агар, ґрунтовий екстракт, середовище Ешбі, крохмально-аміачний агар, середовище Піковської, середовище Менкіної, середовища Виноградського для I і II фази нітрифікації, середовище Сабуро) встановили, що у контролі чисельність копіотрофних і оліготрофних мікроорганізмів мало відрізнялася та становила 7,5–9,2×10<sup>8</sup> КУО/г сухого ґрунту. У ґрунті з вирви чисельність оліготрофних мікроорганізмів втричі перевищувала чисельність копіотрофних. Подібну тенденцію виявлено й для азотофіксувальних та нітрифікувальних мікроорганізмів. З досліджених зразків виділено 58 ізолятів, які на живильних середовищах формували морфологічно відмінні колонії. Понад 50 % ізолятів були стійкими до 15 мМ MnCl<sub>2</sub>·5H<sub>2</sub>O, 15 мМ FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 5 мМ CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 5 мМ K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. До 0,2 мМ CdCl<sub>2</sub>·2,5H<sub>2</sub>O були стійкими 36,7 % ізолятів, відібраних з контрольного ґрунту та 50,0 % – з ґрунту з вирви, до 4,0 мМ CuCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O – 33,3 % та 50,0 %, відповідно. Ізоляти, які виявляли стійкість до всіх досліджених солей металів, а відповідно є перспективними для розроблення технології біоремедіації пошкоджених ґрунтів, за сукупністю фізіолого-біохімічних ознак та послідовністю консервативної ділянки гена 16S рРНК ідентифікували як *Streptomyces* sp. 253, *Bacillus* sp. 304, *Microbacterium* sp. 307 і *Kocuria* sp. 309.

ТИМЧЕНКО І. В.<sup>1</sup>, КРИСІНСЬКА Д. О.<sup>2</sup>,  
 ГУЛЕВЕЦЬ В. В.<sup>3</sup> (УКРАЇНА, МИРГОРОД, МИКОЛАЇВ, КИЇВ)  
**СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ НАСЛІДКІВ ВОЄННИХ ДІЙ ДЛЯ  
 ОСОБЛИВО ЦІННИХ ТЕРИТОРІЙ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

<sup>1</sup>ДЗ Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, Миргород, Україна

<sup>2</sup>Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна

<sup>3</sup>Міжрегіональна академія управління персоналом, Україна

**Abstract.** The authors of the study emphasize the need and obvious advantages of implementing satellite monitoring materials to analyze the impact of military actions on the environment. As a result of the conducted research, a procedure for the use of satellite monitoring in assessing the impact of military actions on particularly valuable territories was developed and its practical significance was proven.

Оцінка збитків доквіллю від воєнних дій російської федерації на сьогодні є однією з найважливіших задач, яка вирішується на державному та регіональних рівнях. Серед проблемних питань залишаються, як питання методологічного забезпечення оцінки збитків доквіллю, так і отримання достовірних вхідних даних для проведення оцінки, особливо в районах тимчасово окупованих територій або тих, де ведуться бойові дії. Крім того, частина природних комплексів прифронтових територій є малодоступними через замінування і проводити там повноцінні польові дослідження часто стає неможливим. При цьому одним з методів, який дозволяє отримати оперативні дані щодо змін екосистем внаслідок бойових дій є супутниковий моніторинг. Застосування процедури супутникового моніторингу дає можливість отримати необхідні вхідні дані для розрахунку збитків доквіллю. Разом з тим, до сьогодні не розроблено процедуру залучення супутникових знімків та дешифрованих даних як доказової бази екологічних злочинів.

Метою досліджень є розробка доступної та доказової процедури супутникового аналізу наслідків війни для доквілля. Авторами приділено особливу увагу дослідженню наслідків пожеж, які виникли через воєнні дії на території Миколаївської області, зокрема, вздовж правого та лівого берегів Дніпро-Бузького лиману. Природні особливості цих територій представляють особливу цінність та досі досліджуються. Дніпро-Бузький лиман є об'єктом Смарагдової мережі, також важливим питанням залишається майбутнє заповідання особливо цінних прибережних ділянок, серед яких цінні природні комплекси: «Ольвійська хора» (Куцурубська територіальна громада) і «Галицинівські піски» (Галицинівська територіальна громада). З початком повномасштабного вторгнення ці землі знаходяться під постійними обстрілами з боку окупантів.

У процесі дослідження наслідків пожеж були використані сервіси NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System), Planet, EO Browser, платформа Google Earth Pro, а також програмне забезпечення QGIS і ESRI ArcGIS. Дослідження проводилось для природних комплексів «Галицинівські піски», «Ольвійська хора» та полежахисних лісосмуг Галицинівської та Куцурубської громад. Для прикладу ефективності застосування даних супутникового моніторингу, наведено результати аналізу площ горіння для Галицинівської територіальної громади (рис. 1.).



Рис.1 Супутниковий аналіз наслідків пожеж в межах Галицинівської громади на 31.12.22:

а – площа здорових (зелені контури) та пошкоджених (червоні контури) лісосмуг, б – площа вигорілих ділянок

Площа громади складає 34320,32 га, загальна площа лісосмуг станом на 2021 рік складає 553,62 га, площа вигорілих лісосмуг станом на 31.12 2022 рік - 207,42 га, що складає 37,5% , загальна площа горіння на території громади станом на 31.12. 2022 рік - 3622,63 га, що складає 10,5 % від площі громади.

ГУМЕНЮК Г.Б., КОБИЛЕЦЬКА Т.В., ТРАЧ О.І. (УКРАЇНА, ТЕРНОПІЛЬ)

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПУБЛІКАЦІЙ ПО МЕТОДАХ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

*Тернопільський національний педагогічний університет*

*46027, вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, Україна, gumenjuk@chem-bio.com.ua*

**Abstract.** Scopus scientometric database indexes peer-reviewed scientific articles, dissertations, monographs and conference proceedings from more than 24,000 scientific journals. An analysis of works belonging to experiments in soil sciences and approaches to the study of soil quality was carried out by year in the scientometric database Scopus using machine learning methods. An analysis of publications related to research in soil science and approaches to soil quality assessment was conducted by year in the Scopus scientometric database using machine learning methods.

Для оцінювання актуальності досліджень методами машинного навчання та їх використання при вивченні якості ґрунтів на базі Scopus було сформульовано аналітичний запит:

(ALL("soil quality") OR ALL("elements of fertility") OR ALL("soil acidity") OR ALL("exchangeable potassium") OR ALL("exchangeable calcium") OR ALL("mobile phosphorus") OR ALL("soil organic matter") OR ALL("ammonia and nitrate nitrogen in the soil")) AND (ALL("Artificial Intelligence") OR ALL("machine learning") OR ALL("decision-making") OR ALL("forecasting methods") OR ALL("forecasting models") OR ALL("monitoring") OR ALL("regression analysis") OR ALL("PCA method") OR ALL("cluster analysis") OR ALL("decision trees") OR ALL("neural network") OR ALL("predictive factors")).

За останнє десятиріччя (з 2014 р. до 2023 р.) було опубліковано 61,127 документи, які стосувалися дослідження якості ґрунтів. Впродовж останніх 10 років стрімко зростає інтерес до якості ґрунтів сільськогосподарського використання. Зокрема, у 2014 році було надруковано 3214 публікацій, у 2018 – 4979, у 2022 – 9409, а вже у 2023 – 10079. На рис. 1 наведено найбільшу кількість публікацій серед різних установ світу, які найчастіше займалися дослідженні якості ґрунту. Ці дані наведені у бібліографічній базі даних Scopus за результатами пошуку методами машинного навчання.

### Documents by affiliation

Compare the document counts for up to 15 affiliations.

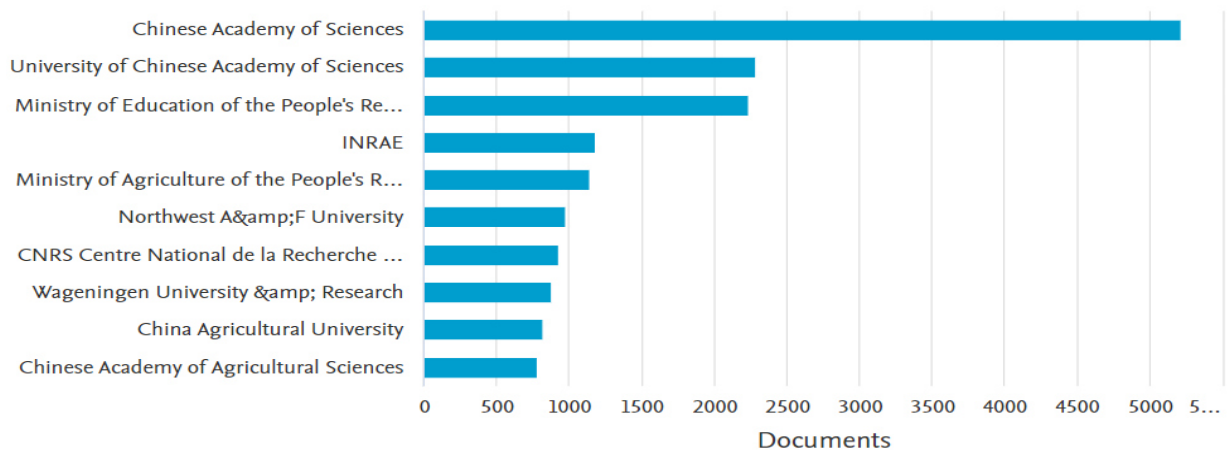


Рис. 1. Найбільша кількість публікацій серед наукових установ у бібліографічній базі даних Scopus за результатами пошуку методами машинного навчання при дослідженні якості ґрунтів.

Уміле використання пошукових можливостей дозволяє отримати змістовний набір бібліографічних джерел.

КАРАУЛОВ В.Д., ЮРАСОВ С.М. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ІРИГАЦІЙНИХ ВОД

Одеський національний університет ім. І.І.Мечникова  
65082, вул. Всеволода Змієнка, 2, Одеса, Україна; rector@onu.edu.ua

**Abstract.** The study is aimed at improving the assessment of irrigation water quality, taking into account the temporal variability of its composition and properties. The paper shows the shortcomings of the existing approach to assessing the quality of these waters. Based on the study of the irrigation characteristics of water bodies in Odesa region, the authors propose to determine the risk of water quality deterioration by individual irrigation indicators, taking into account their temporal variability, and to improve the DSTU 2730:2015 methodology.

Значна частина південних регіонів України розташована в степовій зоні з дуже посушливими кліматичними умовами і суттєвим дефіцитом вологи для сільгоспкультур, що викликає необхідність розвитку зрошувального землеробства на цих територіях. Актуальність проблеми іригації сільгоспугідь на згаданих територіях обумовлено не тільки нерівномірністю розподілу джерел поливних вод, а також недоліками існуючих методик оцінювання їх якості.

У вітчизняній практиці можливість поливу сільгоспугідь у майбутньому оцінюють за середніми значеннями показників за деякий попередній період часу і не враховують їхню мінливість у часі. Такий підхід може призвести до того, що протягом зрошувального періоду року досить часто поливи будуть проводитися водою з порушенням допустимих співвідношень головних іонів із двох причин: по-перше, коли середні значення співвідношень іонів наблизяться до їхніх граничних значень (кількість перевищень нормативу буде наблизитися до 50%); по-друге, при наявності позитивного часового тренду співвідношень іонів. В обох випадках необхідна оцінка ризику погіршення якості вод. Тут з'являється необхідність обмеження цього ризику. У вітчизняних нормах таких обмежень немає.

Згадане вище обмеження зроблено в країнах ЄС. У директивах ЄС надається не тільки норматив показника, а також і допустима частота його перевищення. Наприклад, за деяким показником якість вод відповідає вимогам санітарних норм, якщо кількість перевищень нормативу за минулий період не перевищувала 10% від загальної кількості спостережень. Це обмеження можна трактувати таким чином: у країнах ЄС ризик погіршення якості вод за окремими показниками встановлено на рівні 10%.

Імовірнісний підхід при оцінці якості іригаційних вод було апробовано на водних об'єктах Одеської області. Дослідження виконано за даними Басейнового управління водних ресурсів. Спостереження проводилися на 20 водних об'єктах у 25 пунктах з 2007 по 2019 роки. Показниками якості іригаційних вод було обрано мінералізація, *pH*, співвідношення концентрації іонів, сума токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів  $e(rCl)$ .

В результаті досліджень авторами запропоновано: 1 – ризик погіршення якості іригаційних вод за окремим показником оцінювати за імовірністю перевищення (забезпеченістю) нормативу цього показника; 2 – розподіл іригаційних показників апроксимувати логнормальним законом; 3 – часовий тренд показників якості вод апроксимувати експоненціальною залежністю, на відміну від лінії регресії вона ніколи не перетинає вісь часу, тому прогнози значення іригаційних показників завжди позитивні; 4 – спираючись на досвід країн ЄС обмеження ризику погіршення якості іригаційних вод встановити на рівні 10%; 5 – вдосконалення методики оцінки небезпеки іригаційного засолення ґрунту (ДСТУ 2730:2015) на основі детальної типізації іригаційних вод.

Суттєвим недоліком методики ДСТУ 2730:2015 є необхідність аналізу гіпотетичних солей при кожному визначенні показника  $e(rCl)$ . При масових розрахунках це дуже незручно. Запропонована детальна типізація іригаційних вод надала можливість для кожного підтипу вод зі своїм специфічним набором гіпотетичних солей отримати формулу розрахунку класифікаційного показника  $e(rCl)$ . Це значно спрощує розрахунки і надає можливість отримати параметри закону розподілу цього показника, що у свою чергу дозволяє визначити ризик погіршення класів якості іригаційних вод для різних типів ґрунтів. Апробація вдосконаленої методики на водних об'єктах Одеської області надала задовільні результати.

ЯКОВЛЄВ В.В., ДМИТРЕНКО Т.В. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ВИВЧЕННЯ НІТРАТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ КОЛОДЯЗНИХ ВОД У ХАРКІВСЬКОМУ РЕГІОНІ

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
61002, вул. Чорноглазівська, 17, Харків, Україна; tetyana.dmytrenko@kname.edu.ua*

**Abstract.** Given the fact that rapid aridization of the climate occurs and the threat of terrorism and belligerent activities is growing, the significance of water supply from decentralized sources in water consumption increased. These sources are mainly based on the unconfined aquifer. Nitrate pollution of groundwater in Ukrainian villages is largely determined by the lack of sewage systems. Spatial and statistical analyses, performed on the example of Kharkiv region, showed that stratification of nitrate content by depth is regular, and a comparison of water quality in natural springs shows that nitrate content increases in the captation structures themselves. These conclusions need to be verified by isotopic research methods.

Відсутність систем водовідведення і хімізація землеробства в сільській місцевості є головними факторами забруднення ґрунтових вод, які використовуються для господарських і питних цілей. Вода з джерел індивідуального водопостачання у більшості випадків не контролюється органами санітарного контролю, і українське законодавство не передбачає такого контролю. Проблема ускладнюється й необізнаністю населення і втратою традиції чистки каптажів індивідуального користування, якими найчастіше є колодязі. Все це є причинами деградації децентралізованих джерел водопостачання.

Джерелами забруднення можуть бути фільтрація стічних вод у неканалізованих селах і передмістях, органічне забруднення від домашньої худоби, тваринницьких ферм, органічних добрив та хімізації землеробства взагалі.

Однією з головних проблем якості питної води з децентралізованих джерел водопостачання є нітратне забруднення, яке може бути, навіть, причиною дитячої смертності. Тому, проблема нітратного забруднення води залишається актуальною.

Нітрати, які можна визначити у воді відносно простими аналізами, є трасерами й іншого забруднення підземних вод, для виявлення якого потрібні спеціальні кропітки й коштовні дослідження. Це є додатковим резонансом для вивчення нітратного забруднення води.

В результаті виконаних досліджень встановлена залежність концентрації нітратів від глибин каптажних споруд. Загальною закономірністю є зменшення вмісту нітратів з глибиною. Окремі випадки знаходження техногенних нітратів на глибинах більше ніж 50 м вірогідно пов'язані з відсутністю ізоляції від забруднених ґрунтових вод, які перетікають в експлуатаційний горизонт уздовж обсадних колон свердловин. Окрім того, встановлена залежність від типу каптажів. Нітратів спостерігається суттєво більше в колодязях, ніж у свердловинах, що пояснюється наявністю на дні та стінках колодязів біологічного матеріалу.

На великому матеріалі виявлена кореляція вмісту нітратів із вмістом хлоридів, сульфатів, солей жорсткості й величиною сухого залишку.

Найкращий шлях боротьби з нітратним забрудненням – усунути його причину, тобто запобігти потраплянню азотних сполук до ґрунтів і ґрунтових вод. За думкою авторів, для прояснення картини забруднення на додаток до традиційних методів вивчення (джерел, шляхів, часу забруднення) доцільно використати ізотопні методи з визначенням співвідношення ізотопів кисню й азоту, а також водню, що вкаже на вік і, головне, на походження цієї забрудненої води. Використання даного методу дозволило зробити обґрунтований висновок про локальні джерела і невеликий вік азотного забруднення у джерелах децентралізованого водопостачання на прикладі Харківського регіону, де в цілому спостерігається хаотичний розподіл концентрації нітратів за площею. Цей результат є доброю основою для обґрунтування конкретних заходів щодо підвищення якості води у джерелах децентралізованого водопостачання.

КАРАМУШКА В.І., ШМАТКО А.І. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ПОЖЕЖ НА ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЯХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ 2021-2022 рр.

Національний університет «Києво-Могилянська академія»  
04070, вул. Сковороди, 2, Київ, Україна; karamushka@ukma.edu.ua

**Abstract.** The article presents data and discusses the dynamics and scale of fires in the natural protected areas of the Kherson region for the period from August 2022 to November 2023. The number of fires increased many times in 2022 compared to 2020, and heat maps show a significant spread of fires into protected areas. These data are part of the monitoring of the fire situation in the south of Ukraine after the invasion of Russian troops.

Пожежі в природних системах є досить поширеним явищем практично на всіх континентах планети. Від пожеж потерпають і природні системи України, причому тут виявлено тренд до зростання кількості великих пожеж високої інтенсивності. Лише незначний відсоток інцидентів є результатом впливу природних факторів, тоді як причини переважної більшості пожеж пов'язані з людським фактором. Особливо потужним пірогенним фактором є воєнні дії. Саме бойові дії спричинили значну кількість пожеж, які уразили території Луганської та Донецької областей у 2014 р. Внаслідок бойових дій, викликаних повномасштабним вторгненням військ РФ в Україну у лютому 2024 р., були уражені вогнем значні урбанізовані, сільськогосподарські та природні території. Херсонська область, у якій найвищий в країні відсоток заповідних земель, стала одним з найбільш постраждалих від вогню регіонів. Мета цієї роботи – відстежити пожежну ситуацію на заповідних територіях з другої половини 2020 р. по жовтень 2023 р. В роботі використані лише дані дистанційного зондування Землі. Дані про пожежні інциденти за довоєнний (01.08.2020 - 01.02.2022) та повоєнний (01.02.2022 – 01.10.2023) періоди завантажені з сервісу NASA Firms та опрацьовані у системі QGIS. Результати, представлені на узагальненому рисунку, не стали неочікуваними.

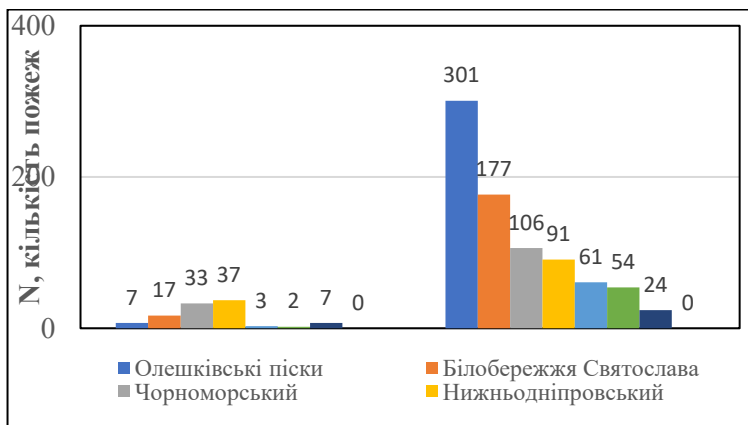


Рис. 1. Кількість пожеж, зафіксованих сервісом NASA Firms, за періоди 01.08.2020 – 01.02.2022 (ліворуч) і 01.02.2022 – 01.10.2023 (праворуч) на заповідних територіях.

Дані щодо кількості пожеж є дискусійними, але тенденції вони відображують адекватно. Видно, що кількість пожежних інцидентів у заповідниках зросла в рази після лютого 2022 р.

НПП «Олешківські піски» пережив найбільшу кількість пожеж у 2022 р. Теплові карти території НПП свідчать про те, що зареєстровані у воєнні місяці пожежі були локалізовані по периметру парку. Пустельна частина парку є бідною на рослинність, але вона оточена лісовим поясом, який і був найбільше вражений вогнем. Теплові карти як локалітети пожеж БЗ «Асканія-Нова» показали, що в довоєнний період пожежі траплялися практично поза межами заповідника, тоді як після вторгнення РФ неодноразово від пірогенного фактора страждала саме заповідна зона. Неураженою, згідно з даними NASA Firms, залишилася лише територія Азово-Сиваського НПП, тоді як вся територія Джарилгацького НПП неодноразово була охоплена вогнем у 2022 р. Теплові карти дають змогу встановити найбільш постраждалі заповідні та прилеглі території, а динаміка пожежних інцидентів вказує на їх поступове зниження у 2023 р. Ці дані є частиною результатів моніторингу пожежної ситуації на півдні України після вторгнення військ РФ.



KARAMUSHKA V., DEREVSKA K., SOVA L. (UKRAINE, KYIV)  
**ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF THE RF MILITARY  
 ACTIONS FOR THE OZERSKY QUARRY**

*National University "Kyiv-Mohyla Academy"*  
 04070, 2 Skovoroda Str., Kyiv, Ukraine; karamushka@ukma.edu.ua

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of the influence of military and natural factors on the condition and operation of the quarry at the Ozersky clay deposit. It is shown that, in addition to the destructive influence of the Russian aggressors, the main threat to the operation of the quarry at the moment is hydrological factors. The quarry was flooded as a result of the increased inflow of groundwater from the feeding area of the tributary of the Irpin River. The level of these waters rose significantly after the flooding of the Irpin valley. These data are part of the results of the study of the ecological state of the quarry and the succession of its ecosystem.

As a result of the extraction of sand, clay, gravel and other mineral resources in an open way, quarry and dump types of the landscape are formed. After the cessation of quarries, non-flowing reservoirs are formed in their place, and purposeful reclamation or natural succession leads to the formation of whole ecosystems. Such ecosystems are considered as an important site of conservation of local biodiversity, but the set of their ecosystem services is much wider. An important place among them is occupied by socio-cultural ecosystem services.

The intervention of the external forces and the loss of control over natural processes during the exploitation of quarries can cause significant ecological and economic consequences for such objects. The purpose of this study is to analyse the impact of military activity on the state and functional characteristics of the Ozersky quarry in the Kyiv region. The Ozersky clay deposit is located in the Buchansky district 30 km away from Kyiv. The license for its operation (clay and sand extraction) was obtained by the company "Slobozhanska Building Ceramics". The company built and in 2009 put into operation the plant "SBK-Ozera" producing ceramic blocks and ordinary bricks. The plant received raw materials for the production of such building materials from the nearby Ozersky quarry, the area of which reached 40 hectares.

On February 22, 2022, the plant, as well as the territory of the district, was occupied by the RF troops and ceased its activities. After the liberation of Kyiv region from the occupiers at the end of March 2022, it turned out that the plant and quarry equipment had been looted and mutilated.

On February 26, 2022, the forced detonation of the Kozarovytska Dam, which separated the Irpin River from the Kyiv Reservoir, caused the flooding of a large part of the Irpin Valley, which in turn contributed to an increase in the level of groundwater in the area of the quarry's location. This area is the feeding zone of watercourses flowing into Irpin, therefore the level of underground water in this territory is relatively high. All these circumstances, as well as the state of war, power outages, lack of equipment did not allow the plant and the quarry to resume operation after the liberation of the region from the occupiers at the end of March 2022. The pit and the lower ledges of the quarry began to fill with water, as a result of which a significant lake-type standing body of water was formed. The analysis of satellite images shows a significant increase in the area of the reservoir in the quarry in April 2022 compared to the data of 2021. Currently, in the quarry, which has significant clay reserves, only the sand accumulated in the dumps earlier can be extracted.

The analysis of threats and risks affecting the restoration of the quarry shows that the main threats are hydrological. These threats are associated with an increase in the groundwater level in the left-bank water intake area of the Irpin River as a result of the dam being blown up. Thus, the costs of pumping water from the quarry site, where clay was mined, have increased significantly, and the calculations of the necessary investments to restore the productive operation of the quarry and the plant associated with it indicate the problem of economic feasibility.

However, the survey of the quarry indicates a slow but steady succession of this anthropogenic ecosystem. The slopes of the quarry are overgrown with pioneer species, in places where there is no work of heavy machinery, there are areas with woody species dominated by *Robinia pseudoacacia*, white poplar (*Populus alba*), black poplar (*Populus nigra*) and some other trees and shrub species.

ЧЕРНЯК Л.М.<sup>1</sup> (УКРАЇНА, КИЇВ), МАНЄЦЬКІ Т.<sup>2</sup> (ПОЛЬЩА, ЛОДЗЬ), МІХЄЄВ  
О.М.<sup>1</sup>, ДМИТРУХА Т.І.<sup>1</sup>, ЛАПАНЬ О.В.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АЕРОПОРТІВ

<sup>1</sup>*Національний авіаційний університет,  
03058, проспект Любомира Гузара, 1, Київ, Україна [larysa.cherniak@npp.nau.edu.ua](mailto:larysa.cherniak@npp.nau.edu.ua)*  
<sup>2</sup>*Лодзинський технічний університет,  
Стефана Жеромського 114, 90-543 Лодзь*

**Abstract.** Based on the theory of differential equations in partial derivatives (unsteady Navier-Stokes equations for compressed gas) created a mathematical model of the generation and application of multiphase dispersed structures to ensure an acceptable level of technogenic and ecological safety for broad spectrum of certain natural and anthropogenic danger factors. The numerical modeling of these processes is carried out. The research is part of the creation and implementation of an appropriate environmental safety management system.

Забезпечення сталого розвитку аеропортів є одним із ключових завдань для забезпечення сталого розвитку цивільної авіації. Аеропорти є важливою складовою забезпечення як авіаційної безпеки, так і екологічної безпеки авіатранспортних процесів. Це важливе підприємство авіаційної галузі, на території якого виконуються більше ста технологічних процесів з обслуговування, ремонту, заправлення, експлуатації авіаційної, наземної техніки та інш. Усі ці процеси супроводжуються різними видами впливу на довкілля: фізичним, хімічним та біологічним. Інтенсивність впливу на стан атмосферного повітря, водних об'єктів або ґрунту, залежить від типу технологічного процесу та експлуатаційних матеріалів, що використовуються. Тому, питання забезпечення екологічної безпеки даних підприємств в умовах прогнозованого зростання пасажиропотоків у світі в наступних роках та в Україні у післявоєнний період, є актуальними та вимагають впровадження управлінських, організаційних та технологічних рішень для підвищення рівня екологічної безпеки даних підприємств та забезпечення їх екологічно збалансованого розвитку. У основу сучасної стратегії сталого розвитку цивільної авіації ІКАО покладено 15-ть із сімнадцяти цілей сталого розвитку. Важливу роль серед інших цілей соціального та економічного спрямування відіграють екологічні цілі пов'язані зі зниження впливу функціонування аеропортів цивільної авіації на довкілля. Насьогодні два з чотирьох ключових завдань із забезпечення сталого розвитку цивільної авіації присвячені вирішенню екологічних проблем. Перше – зменшенню викидів парникових газів, друге – впровадженню альтернативних палив. Враховуючи загальну екологічну тенденцію у стратегії сталого розвитку міжнародної цивільної авіації, провідні аеропорти світу впроваджують концепцію «Зелений аеропорт» з широким використанням зелених та екологічно дружніх технологій при будівництві, реконструкції чи проведенні планової діяльності аеропортів. Важливим, на нашу думку, фактом є те, що впровадження енергоефективних та енергоощадних технологій в аеропортах, удосконалення процесів управління відходами, удосконалення технологій збору та очищення промислових стічних вод підприємств та інші, як правило, супроводжуються позитивними економічним ефектом. Успішні приклади позитивного економічного ефекту в аеропортах, що широко впровадили дані технології, відповідно, сприятиме більш широкому впровадженню даної концепції екологічно стійкого аеропорту в більшій кількості аеропортів світу та України та сприятиме забезпеченню Сталого розвитку даних підприємств.

У результаті аналізу сучасних напрямів забезпечення сталого розвитку цивільної авіації встановлено, що екологічні аспекти у забезпеченні сталого розвитку аеропортів є одними із визначальних при формуванні концепції сталого розвитку цивільної авіації. За результатами аналізу екологічної політики сучасних аеропортів, встановлено, що ключовими для забезпечення екологічної безпеки є питання, пов'язані з чинниками впливу на атмосферне повітря та чинник шуму. У той час, як ґрунти відіграють важливу роль у забезпеченні екологічної безпеки підприємства.

БЕЛОКОНЬ К.В., ЖАВОРОНКОВ М.А., ГОРДІЄНКО Д.Р. (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ)

**ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРІНГУ ЗА ВМІСТОМ  
ПРІОРИТЕТНИХ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В  
АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ**

*Запорізький національний університет*

*69011, вул. Університетська, 66, Запоріжжя, Україна, kv.belokon@gmail.com*

**Abstract.** The organization of the air quality monitoring system in the Zaporizhzhia city is considered. It is proposed to establish four new observation points for atmospheric air pollution for the following pollutants: sulfur dioxide, nitrogen dioxide, nitrogen oxide, carbon oxide, solid dust particles (PM10 and PM2.5), benz(a)pyrene, ozone, formaldehyde and phenol. It is proposed to include mandatory monitoring of emissions of carbon sulfide, hydrogen sulfide, and benzene at planned points with fixed measurements in the automated observation network on the Zaporizhzhia city.

Проблема організації та удосконалення системи моніторингу за якістю атмосферного повітря у місті Запоріжжя є вкрай актуальною. На сьогодні державний моніторинг якості атмосферного повітря у м. Запоріжжя проводиться ДУ «Запорізький ОЦКПХ МОЗ» та Запорізьким обласним центром з гідрометеорології. Також у місті широкої популярності набув громадський моніторинг якості атмосферного повітря, реалізований на платформах активних громадських організацій, що безумовно сприяє розвитку державної системи моніторингу атмосферного повітря, але, на жаль, на станціях встановлено сенсорні прилади, які не відповідають вимогам методів оцінювання рівнів забруднюючих речовин при проведенні фіксованих вимірювань згідно з Постановою КМУ від 14 серпня 2019 р. № 827.

У місті Запоріжжі на підставі вимог Постанови КМУ від 14.08.2019 р. за №827 та Наказу МВС України від 21.04.2021 р. за №300 затверджена Програма державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря агломерації Запоріжжя на 2022-2026 роки, якою пропонується, окрім існуючих пунктів Запорізького обласного центру з гідрометеорології та ДУ «Запорізький ОЦКПХ МОЗ», встановлення нових чотирьох пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря. Пропонується здійснювати моніторинг за наступними забруднюючими речовинами: сірки діоксид, азоту діоксид, азоту оксид, вуглецю оксид, тверді частки пилу (PM10 та PM2.5), бенз(а)пірен, озон, формальдегід та фенол.

Відповідно до Директиви ЄС 2008/50/ЄС, Постанови КМУ від 14.08.2019 р. №827 та Наказу МВС України від 21.04.2021 р. за №300 обґрунтування методичних підходів до організації системи автоматизованих спостережень рекомендовано проводити на підставі прогнозування рівнів забруднення атмосферного повітря на досліджуваних територіях використовуючи дані математичного моделювання просторового поширення забруднення у приземному шарі атмосфери, що дозволяє оцінити інгалаційний ризик для здоров'я населення від джерел забруднення по всій території міста. На підставі цього визначаються точки найвищих рівнів забруднення, враховуючи прив'язки до місць найвищої щільності проживання населення та розташування навчальних закладів, що сприятиме оптимізації існуючої мережі спостережень та економії коштів при прийнятті управлінських рішень.

Згідно з вимогами діючого законодавства усі пункти повинні розташовуватися таким чином, щоб проба повітря була репрезентативною щодо якості повітря сегменту вулиці довжиною не менше ніж 100 м на ділянках орієнтованих на транспортний рух та мати розмір принаймні 250 м на 250 м на промислових ділянках. Згідно з Директивою ЄС 2008/50/ЄС; 2004/107/ЄС, Постановою КМУ від 14.08.2019 р. № 827 та Наказом МВС України від 21.04.2021 р. за №300 пропонуємо включити до автоматизованої мережі спостережень на території м. Запоріжжя обов'язковий моніторинг за викидами сірководню, сірководню та бензолу на запроєктованих пунктах з фіксованими вимірюваннями. Крім того, передбачити на індикативних пунктах спостережень, що будуть розташовані на ділянках інтенсивного руху автотранспорту, моніторинг за викидами поліциклічних ароматичних вуглеводнів та формальдегіду з метою оцінки та врахування впливу на здоров'я населення міста можливих ризиків, обумовлених їх викидами.

WIŚNIEWSKA E.<sup>1</sup>, KRYŁÓW M.<sup>2</sup>,  
 POPENDA A.<sup>1</sup> (POLAND, CZESTOCHOWA, CRACOW)

**MICROPLASTICS IN FINE FRACTIONS OF ROAD DUST AND SOIL  
 OF SELECTED TOWNS IN SOUTHERN POLAND**

<sup>1</sup>*Czestochowa University of Technology, Faculty of Infrastructure and Environment,  
 Department of Sanitary Networks and Installations ul. J.H. Dąbrowskiego 73, 42-201  
 Czestochowa agnieszka.popenda@pcz.pl, \*ewa.wisniowska@pcz.pl*

<sup>2</sup>*Cracow University of Technology, Faculty of Environmental Engineering and Energy,  
 Department of Environmental Technologies, ul. Warszawska 24, 31-155 Cracow,  
 malgorzata.krylow@pk.edu.pl*

**Abstract.** Microplastics are common environmental pollutants. Fine plastic particles have been confirmed, among others, in surface waters, sediments, air, and soil. Since then, research has focused on concentrations of microplastics in the natural environment, identification of the sources of pollution, and changes in the level of plastics in the environment. Also, the removal technologies of microplastics from various matrices are of interest. Biological methods are not effective in microplastic removal, but some physical separation techniques can be effectively applied for these purposes, e.g., filtration. Another effective method is coagulation.

The health effects of microplastics on living organisms, including humans, have not been well investigated. It was confirmed that invertebrates and vertebrates can absorb microplastics, especially fine ones, into intestinal tracts. They are not digested in intestinal tracts and are excreted into the environment. Some damages can occur during digestion in the structure of plastic debris causing them more suitable for defragmentation. However, it was confirmed that microplastics are slowly degraded in the environment; they can be transferred over long distances, e.g., with dust particles. The smaller the dust and microplastic particles, the easier the transfer is due to, e.g., wind.

Concentrations of microplastics in fine fractions of road dust and soils taken from the areas located near the roads in cities have yet to be investigated well. It was confirmed that plastics are present at the surface layer of soils near the roads, but there are only a few studies on this research area. The authors have undertaken this research work to investigate concentrations, types, and sizes of fine microplastics present in the dust collected at the roads' surface layer of soil located near the roads. As the research area, several cities located in southern Poland were chosen. They differed in the number of citizens as well as the type of industry. Microplastics were separated from dust/ soil samples and, after that, counted and identified under an optical microscope (magnification 200 – 300 x). Such types of microplastics as pellets, fibers, and foil fragments were identified. The results of the studies showed that concentrations of microplastics in road dust were up to 0.1% of the dry mass of dust. In soil samples, the concentrations were higher. It was probably connected with the grass vegetation and catching fine plastic particles in the roofs.

In contrast, microplastics were removed from the road's surface, e.g., on rainy days with storm wastewater. Probably also the ones present on the surface of road were transferred easier with wind, or on the surface of tires. The research concludes that fibres are the dominant fraction of plastics in road dust. The fibers are caught also in the soil. They probably originate from cloths or other fabrics. Some foil fragments were also present; however, they were not dominant. In some samples plastic pellets were also found. A dominant fraction of plastics correlated with the place in the city, but no dominant fraction typical for individual cities was identified.

POPENDA A.<sup>1</sup>, KRYŁÓW M.<sup>2</sup>,  
WIŚNIEWSKA E.<sup>1</sup> (POLAND, CZESTOCHOWA, CRACOW)

## ECOLOGICAL RISK ASSESMENT OF TRACE METALS AND PAHs IN SEDIMENTS

<sup>1</sup>*Częstochowa University of Technology, Faculty of Infrastructure and Environment,  
Department of Sanitary Networks and Installations ul. J.H. Dąbrowskiego 73, 42-201  
Częstochowa agnieszka.popenda@pcz.pl\*, ewa.wisniowska@pcz.pl*

<sup>2</sup>*Cracow University of Technology, Faculty of Environmental Engineering and Energy,  
Department of Environmental Technologies, ul. Warszawska 24, 31-155 Cracow,  
malgorzata.krylow@pk.edu.pl*

**Abstract.** Sediment is formed at the bottom of lakes, rivers, river channels and dam reservoirs as a result of sedimentation of mineral and organic suspended solids from erosion, as well as precipitating components. In many locations, material brought in with industrial and municipal wastewater and surface runoff from urban, industrial and agricultural areas also contributes to sediment formation. Most of the potentially harmful metals including zinc, copper, chromium, cadmium, lead, nickel, mercury and persistent organic pollutants (POPs) such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) entering surface waters are retained in water sediments.

Contaminated sediments can have detrimental effects on the biological resources of waters and often indirectly on human health. Precipitating heavy metals and other hazardous substances in sediments can accumulate in the trophic chain to levels that are toxic to aquatic organisms, especially predators, and can also pose risks to humans. Some of the harmful constituents contained in sediments can be recycled back into the water as a result of chemical and biochemical processes taking place in the sediments, as well as mechanical agitation of previously deposited contaminated sediments due to natural processes or during transport or dredging. Thus, evaluating the heavy metals and PAHs presence in sediments is very important, considering their ecological risk to the environment.

The investigations were carried out based on current data originating from strategic program of state environmental monitoring for 2020-2025. The afore mentioned program concerns the Polish state in the area of short- and medium-term studies of the state of the environment. This program includes tasks arising from the State Environmental Policy 2030 and the State development strategy, as well as from international obligations, including the process of monitoring of the UN Sustainable Development Goals.

БОГОМАЗ О.В., ГЛЄБОВА А.О. (УКРАЇНА, ПОЛТАВА)

## МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ

*Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"  
36011, просп. Віталія Грицаєнка, 24, Полтава, Україна; kanc@nupr.edu.ua*

**Abstract.** The war in Ukraine is affecting environmental state of our country and achievement of the sustainable development goals. Monitoring of environmental indicators is a tool in creating preventive policy of the environmental consequences of war. The use of monitoring tools in modern environmental practice can help in creating necessary environmental support programmes for our country.

Особливої актуальності під час війни набуває моніторинг екологічних показників сталого розвитку, оскільки активні бойові дії на територіях Донецької, Луганської, Херсонської, Запорізької, Харківської та Миколаївської областей та атаки ворога у повітряному просторі по всій країні чинять шкоду екології нашої держави. Постійний моніторинг екологічних показників допомагає побачити реальну ситуацію та вжити необхідних заходів щодо мінімізації негативного впливу екологічних наслідків для наступних поколінь. Зокрема, це можливо продемонструвати на прикладі окремих кейсів, що пов'язані із практикою реалізації цілей сталого розвитку, зокрема під час активних бойових дій.

Ціль 6. Забезпечення доступності та сталого управління водними ресурсами та санітарією. Згідно з Національною доповіддю про якість питної води, у 2023 р. близько 10 мільйонів українців, зокрема майже 1,7 мільйона дітей, не мали доступу до централізованого питного водопостачання, а 20 мільйонів людей, зокрема майже 3,4 млн дітей, – до централізованого водовідведення.

Натомість опитування, проведене ЮНІСЕФ у травні 2024 року у всіх регіонах, показало, що 55% опитаних не використовують водопровідну воду для пиття через її низьку якість. Тож багато з них покладаються на альтернативні джерела, такі як в пляшках вода, фільтрована водопровідна вода або природні джерела питної води.

Ціль 13. Вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі змінами клімату та їхніми наслідками. За даними служби Copernicus Climate Change Service (C3S), літо 2024 року побило тогорічний рекорд і стало найтеплішим в історії. Аномальна спека цього року негативно вплинула на врожаї фермерських домогосподарств.

Ціль 14. Збереження та раціональне використання океанів, морів і морських ресурсів в інтересах сталого розвитку. Внаслідок знищення Каховської ГЕС у Чорне море потрапили колосальні обсяги прісної води, забрудненої добривами, паливно-мастильними матеріалами та стічними водами. Аналіз даних із супутника дав змогу науковцям розрахувати, що після підриву Каховської ГЕС забруднені річкові води сягнули аж гирла Дунаю, охопивши понад 7300 км<sup>2</sup> морської акваторії. Крім того, внаслідок бойових дій на морській території, за оцінками науковців, нафтова плівка вкрила десятки тисяч квадратних кілометрів морських охоронюваних територій України.

Ціль 15. Захист та відновлення екосистем суші та сприяння їх раціональному використанню, раціональне лісокористування, боротьба з опустелюванням, припинення і повернення назад. Так, пожежі 2022 року стали найбільшими на Кінбурнській косі за останні десятиліття й уразили понад 5 тисяч гектарів, включно зі степовими й приморськими екосистемами та місцями гніздування приблизно 100 видів птахів.

Ці екологічні зміни, спричинені війною, вимагають ще більш ретельного підходу до планування та здійснення моніторингу екологічних показників нашої держави. Своєчасне здійснення аналізу показників та вживання превентивних заходів щодо поширення наслідків впливу війни на екосистеми допоможе зберегти екологію для наступних поколінь. Інструментами для цього можуть бути створення національних програм підтримки екології, впровадження превентивної екологічної політики збереження природних ресурсів.

ВОЛОШИН В.С., БУТЕНКО Е.О. (УКРАЇНА, МАРІУПОЛЬ, ДНІПРО)

## КОНКУРЕНТНІ СПРОМОЖНОСТІ В СУЧАСНІЙ СИСТЕМІ «ЛЮДИНА-МАШИНА-НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ»

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

49005, пр. Дм. Яворницького, 19, Дніпро, Україна; butenko\_e\_o@pstu.edu

**Abstract.** The most valuable thing in a person is his mind. Its weakest link is a short period of the life cycle and the ability to self-remove. Specific forms of the inorganic world are already close to possessing the first and protected from the second. And this is the most important thing in the competition between these two components of the ecosystem.

Порівнюванню підлягають білково-вуглецева і специфічні неорганічні частини земної екосистеми. Можна уявити певну сукупну поверхню управління сучасними системами «людина-машина» («*ch-M*») у координатах ( $lg\Delta P, lg\Delta I, T$ ) (рис. 1).  $T$  – час виміру;  $\Delta P$  – питома потужність, приведена до одиниці ваги кожного елементу системи;  $\Delta I$  – інтелектуальний рівень, що залежить від об'єму пам'яті  $L$ , швидкості її обробки  $\omega_L$ , та ще й від способу вибору рішення  $S$ :  $\Delta I = f(L, \omega_L, S)$ .

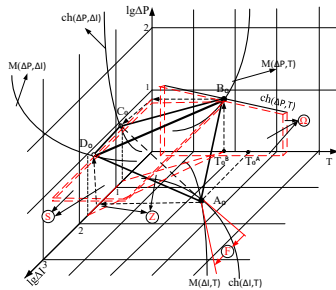


Рис. 1. Масштабовані співвідношення порівнянних параметрів елементів екосистеми «*ch-M*»: а) - зони комфортного стану людини ( $A_0B_0C_0D_0$ ); б) – вибіркові області переваг специфічних неорганічних частин екосистеми над білковими (позначення в тексті)

Представляють інтерес поверхні управління в цих координатах для кожного з елементів системи. На графіках розрахунковим способом відмічені дві точки «*B*» і «*A*», які за часовою шкалою можна датувати приблизно 700-800 р. до РХ і кінцем ХХ століття від РХ відповідно. Ці точки, розташовані на перетині кривих двох залежностей, що відображають розвиток «людини» і «машини» в часі по їх потужності «*B*» і умовному інтелекту «*A*», відповідно. Дві точки було взято за основу для аналізу і дві точки «*C*» і «*D*» в тривимірному просторі на площині ( $lg\Delta P, lg\Delta I$ ) в координатній сітці ( $lg\Delta P, lg\Delta I, T$ )..

Отримана фігура є перекинута трикутна піраміда, основа якої розташована паралельно горизонтальній площині в системі координат, її вершина належить цій площині. Така піраміда розподіляє координатний простір управління певними частинами екосистеми на дві нерівні частини – внутрішню та поза цією фігурою. Цікавим є стан системи в заданих параметрах, за межами об'єму перекинutoї піраміди. Він може пояснити, як і чому певний спеціалізований неорганічний «світ» здатний перехопити у людини ініціативу в розвитку інтелекту, зробити процеси пізнання і розвитку більш динамічними і ефективними. Результатом досліджень є кілька гіпотетичних тез. Запрограмований відхід людини з природного білково-вуглецевого середовища, її існування в неприродному спеціалізованому неорганічному світі або здається еволюційно помилковим, або пов'язаний з іншими, ще не сформованими, формами еволюції розуму. Залишається емпіричним припущенням те, що еволюційний розвиток розуму на нашій планеті може продовжуватися і в бік спеціалізованих форм неорганічної матерії, а людина може бути лише проміжною ланкою в цьому процесі. Біологічне життя було потрібне природі як передумова для її більш надійних форм – кремнію, або інших, але за посередництва людини, як генератора та носія розуму. Зміна мотивації самого життя людини: від парадигми фізичного виживання до парадигми інтелектуального комфорту, сприяє фізичній зміні людського організму - ослабленню кісткового скелета, зміні видів навантаження на м'язи, зменшенню м'язової маси. Логіка підказує, що, людина не є самим ідеальним еволюційним творінням в природі, адже стає ясно, що крім вуглецю, але з його допомогою, можливі і інші форми інтелекту і свідомості навіть на Землі. До переваг специфічних форм неорганічного світу, як альтернативи людському розуму, нас підштовхує і екологія, стан якої на планеті залежить від розвитку спеціалізованих неорганічних систем, створених людиною, і має системні погіршення.

ГАЧКЕВИЧ А.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЕКОЛОГІЧНІ ПРАВА ЛЮДИНИ: ОНОВЛЕНА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
79005, вул. Князя Романа, 1/3, andrii.o.hachkevych@lpnu.ua*

**Abstract.** The issue of understanding environmental human rights, which are meant to guarantee a safe environment for life and health, is becoming increasingly important. This abstract discusses the current relevance of substantiation of these rights and ensuring their implementation in the modern context. There is ongoing debate about the concepts and types of environmental rights, especially as different environmental threats and hazards increase. As environmental rights gain more attention in the human rights system and as international obligations of states expand, there is a growing need to enhance the mechanism for protecting them. We have noticed two interesting trends that indicate the situation is already starting to improve and also help to clarify the specifics of environmental rights. First, the right to a favorable environment has been affirmed. Second, environmental requirements can be justified by other rights with rich traditions of protection. Central to the environmental rights system is the right to a favorable environment, which requires the state to ensure proper environmental conditions.

Проблема розуміння екологічних прав людини, покликаних серед іншого забезпечувати сприятливий для життя та здоров'я стан довкілля, набуває нового значення на сучасному етапі. Поняття та види таких прав надалі залишаються дискусійними, особливо зі зростанням різного роду екологічних загроз та небезпек. Відповідно, визначення змісту екологічних прав потребує подальшого уточнення. Разом з тим, з ряду причин, зокрема відсутності ефективного механізму захисту, проблемною є й реалізація можливостей, що випливають з екологічних прав. Складність розуміння сутності таких прав поглиблює й їхній динамічний розвиток, водночас, дозволяє помітити певні тенденції.

На попередніх етапах завдяки міжнародним документам (Декларація Ріо-де-Жанейро, Орхуська конвенція та ін.) сформований каркас для формування прав людини щодо довкілля, доповнений міжнародними зобов'язаннями держав з приводу протидії зміні клімату, збереження біорізноманіття, очищення ґрунту, води та повітря тощо. Сьогодні триває робота над угодою про забруднення пластиком, яке безпосередньо пов'язане з екологічними правами людини. З врахуванням міжнародно-правового аспекту, окремі права щодо довкілля закріплені в основних законах різних держав світу, включаючи Україну (ст. 50 Конституції України), а також конкретизовані у галузевих законах, як-от ст. 9 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища».

З виокремленням екологічних прав у системі прав людини та розширенням міжнародних зобов'язань держав постає необхідність вдосконалення механізму їхнього захисту. Відзначаємо дві цікаві тенденції, які показують, що ситуація вже почала змінюватись в кращу сторону, а також сприяють конкретизації змісту прав щодо довкілля. По-перше, утвердження права на сприятливе довкілля внаслідок прийняття Резолюції «Про право людини на чисте, здорове та стале довкілля» Генеральною Асамблеєю ООН (2022) та інших міжнародних документів. По-друге, обґрунтування вимог щодо стану довкілля іншими правами з багатими традиціями захисту, зокрема переліченими у Конвенції про захист прав людини та основоположних свобод.

Розпочатий у 2020 р. розгляд Європейським судом з прав людини справи Verein KlimaSeniorinnen Schweiz проти Швейцарії (рішення – 2024 р.) показав, що для захисту своїх прав, порушених внаслідок нездатності держави забезпечити сприятливе довкілля, позивачі використали положення ст. 2 («право на життя») та ст. 8 («право на повагу до приватного та сімейного життя») вищезгаданої Конвенції.

Центральне місце в системі екологічних прав займає право на сприятливе довкілля, яке тягне за собою необхідність забезпечення належного екологічного стану державою. Сам термін не є загальноприйнятним в юридичній літературі та джерелах права. Водночас, за змістом, на нашу думку, він найкраще шляхом узагальнення відображає формулювання з вищезгаданої Резолюції, а також рішення Ради ООН з прав людини 2021 р. (Резолюція 48/13). При цьому реалізація можливостей, які випливають з цього права, повинна бути підкріпленою відповідними правовими засобами – «там де право, там і захист».



ІВАНОВ Д.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ІНДЕКСУ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЯК ІНДИКАТОР УСПІХУ КРАЇНИ

*Інститут агроекології і природокористування НААН  
03143, вул. Метрологічна, 12, agroecologynaan@gmail.com*

**Abstract.** The importance of the ecological component in the development of Ukraine in the post-war period is emphasized. The economic growth of the country can acutely raise the question of the ecological state of the environment. The assessment of the current situation with ecology in Ukraine compared to other states was carried out through the use of the ecological efficiency index. It was established that in 2023, Ukraine took 41st place among 180 countries.

Більше двох років триває збройна агресія РФ проти нашої держави. Війна призвела до величезних економічних та людських втрат. Сьогодні головною завданням нашої нації є завдання поразки ворогу та відновлення територіальної цілісності країни. Однак, разом з тим, не менш гостро на повістки стоять питання, які пов'язані з формуванням майбутнього нашої держави після закінчення військових дій.

В якості критерія оцінки ефективності даної політики можна використовувати індекс екологічної ефективності (ЕПІ). Даний індекс розраховується центром екологічної політики та права при Єльському університеті спільно з Колумбійським університетом і Всесвітнім економічним форумом починаючи з 2000 року. У відповідності до даного рейтингу Україна за даними 2023 року посідала 41 місце серед 180 країн світу. На перший погляд, це не поганий результат. Наша країна опинилась на більш високому місці порівняно з такими країнами як Сінгапур, Казахстан, Сербія, Молдова. Однак, автори даного звіту роблять уточнення, що отримані результати мажуть не точно відображати екологічну ситуацію через вторгнення РФ та зниження економічної активності. Незважаючи на це, після завершення бойових дій є всі підстави сподіватися на стрімке відновлення економічного зростання України, що в свою чергу може створити додаткові екологічні проблеми. Виходячи з цього було вирішено дослідити як пов'язані між собою показники рівня економічного розвитку країн та значення індексу екологічної ефективності. Встановлено, що даний індекс має чітку тенденцію до зростання водночас з збільшенням рівня ВВП на одного мешканця. Це є свідченням проведення відповідальної політики країнами з більш високим рівнем життя.

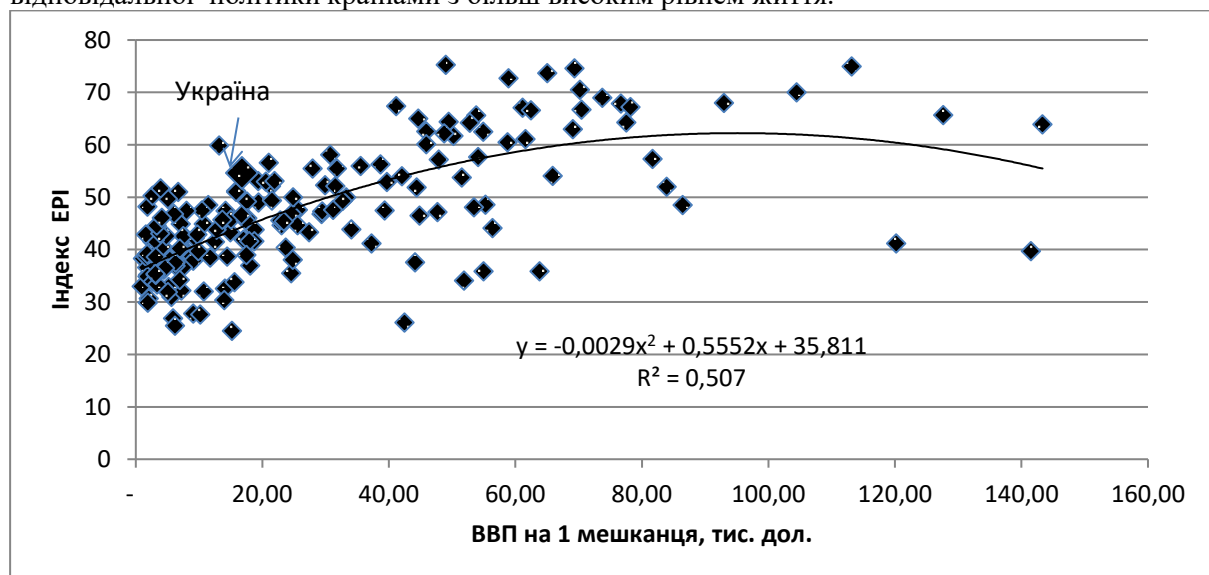


Рис. 1. Залежність індексу екологічної ефективності від величини ВВП на одного мешканця в країнах світу у 2023 році (180 країн)

КОЛОША В.П. (УКРАЇНА, КИЇВ)

**ІНДИКАТОРИ В СИСТЕМІ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ**

*Інститут агроекології і природокористування НААН  
03143, вул. Метрологічна, 12, agroecologyaan@gmail.com*

**Abstract.** It is emphasized that in the conditions of growing environmental problems, the circular economy is attracting more and more attention as one of the possible ways of transition of countries to sustainable development. A system of indicators of the level of development of the circular economy is proposed. There is a system of indicators that make it possible to assess the level of cyclical use of materials and to assess the life cycle of resources.

Поява екологічних проблем стала викликом для всього людства. На рівні ООН була започаткована ціла низька заходів. У 1992 році. Конференція ООН з проблем зовнішнього середовища та розвитку в Ріо-де-Жанейро закликала країни світу перейти до сталого розвитку, поєднавши економічний розвиток з збереження екології та соціальним розвитком. Даним принципам дуже добре відповідає концепція циркулярної економіки. Вона спрямована на запобігання утворенню відходів, створення робочих місць у регіонах, ефективне використання ресурсів. Навантаження на навколишнє середовище та зміна клімату призводять до того, що компанії та ланцюги поставок розглядають нові моделі захисту навколишнього середовища. Циркулярна економіка виникла як парадигма сталого розвитку, здатна відокремити економічне зростання від споживання ресурсів і утворення відходів.

Сучасне розуміння циркулярної економіки та її практичного застосування в економічних системах і промислових процесах розкинулось, щоб включити різні особливості та внески різноманітних підходів, які поділяють ідею замкнутого циклу. З нашої точки зору, циркуляційна економіка є складовою концепції сталого розвитку, яка така яка об'єднує економічний розвиток та формування принципів відновлюваної економіки, в першу чергу з точки зору витрат енергії. В сільському господарстві цей принци може бути поширений на відновлення родючості ґрунтів та збереження біорізноманіття.

Одним з головних питань відносно визначення рівня циркуляційної економіки є проблема її індикаторів. Справа в тому, що існують різні погляди відносно визначення самого поняття «циркулярна економіка». Відповідно, існують і системи показників для їх оцінки які є доволі різними та характеризують різні аспекти циркулярної економіки. Узагальнюючи пропозиції різних авторів можна зробити наступну класифікацію підходів оцінки рівня циркулярності економіки.

## 1. Циклічний підхід:

- оцінка екологічних наслідків:
- циркулярність матеріалів (оцінка кількості матеріалів або компонентів за масою).

## 2. Оцінка життєвого циклу:

- аналіз потоку матеріалів;
- аналітичне моделювання та моделювання потоків ресурсів;
- аналіз сценаріїв використання ресурсів.

Кожен з даних принципів включає багато інших, які базуються на конкретних показниках. Також окремі автори пропонують виділяти наступні групи індикатори рівня циркулярності економіки: обсяги виробництва та споживання ресурсів, поводження з відходами, використання вторинної сировина, конкурентоспроможність та інновації.

ШИЯН Д.В. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО В СИСТЕМІ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

*Харківський національний економічний університет ім. Семена Кузнеця  
61166, пр. Науки, 9-А, post@hneu.edu.ua;*

**Abstract.** It is emphasized that one of the most pressing problems of humanity now is the emission of greenhouse gases. The dynamics of greenhouse gas emissions in agriculture per 1 ha of agricultural land in Ukraine, Poland, and Denmark are analyzed. It is concluded that the level of greenhouse gas emissions in Ukraine was significantly lower and tended to decrease.

Сьогодні, коли триває військова агресія РФ проти нашої країни, проблеми екології, здається, повинні відійти на другий план. Однак, Україна, незважаючи на війну продовжує залишатися членом міжнародного співтовариства та виконує взяті на себе зобов'язання. Це стосується і зобов'язань з екології, які були зафіксовані Паризькою кліматичною угодою 2015 року. Однією з найбільш гострих проблем є викид парникових газів. Наслідком цього є чітка тенденція до підвищення температури на нашій планеті. Це може мати катастрофічні наслідки для багатьох країн світу, викликати війни та голод. Виходячи з цього, було вирішено оцінити ситуацію з динамікою викидів парникових газів в сільському господарстві України порівняно з окремими розвинутими країнами світу (табл.1.). в якості показники було обрано величину викиду вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) та метан (CH<sub>4</sub>) від сільського господарства в розрахунку на 1 га сільськогосподарських угідь за 2012-2021 роки. В якості країн для порівняння було обрано Данію та Польщу.

*Таблиця 1*

**Динаміка викидів парникових газів в сільському господарстві в розрахунку на 1 га сільськогосподарських угідь в окремих країнах світу у 2012-2021 рр, т**

Роки	Данія		Польща		Україна	
	вуглекислий газ (CO <sub>2</sub> )	метан (CH <sub>4</sub> )	вуглекислий газ (CO <sub>2</sub> )	метан (CH <sub>4</sub> )	вуглекислий газ (CO <sub>2</sub> )	метан (CH <sub>4</sub> )
2012	15,5	3,3	22,4	3,1	7,4	2,0
2013	16,4	3,3	22,3	3,2	7,1	1,8
2014	14,7	3,2	21,5	3,1	6,1	1,6
2015	13,8	3,2	21,7	3,2	5,3	1,5
2016	14,6	3,3	22,5	3,2	5,6	1,6
2017	13,7	3,3	23,2	3,2	5,3	1,5
2018	13,8	3,3	23,1	3,2	5,5	1,6
2019	12,4	3,2	21,8	3,0	5,3	1,7
2020	11,4	3,3	20,5	2,9	4,9	1,7
2021	12,0	3,3	22,8	2,9	5,0	1,7

Джерело: <https://www.oecd.org/en/data/dashboards/climate-action-dashboard.html>

Виходячи з отриманих результатів, можна стверджувати, що Україна значно поступається за рівнем викидів парникових газів Польщі та Данії. Так, у 2021 році в середньому на 1 га сільськогосподарських угідь в Україні величина викидів вуглекислий газ та метану відповідно дорівнювала 5,0 т/га та 1,7 т/га. В Данії цей показник дорівнював 12,0 т/га та 3,3 т/га відповідно, в Польщі 22,8 т/га та 2,9 т/га. Крім того, впродовж аналізованого періоду Україна значно більше, порівняно з іншими країнами, скоротила викиди парникових газів. Це дає можливість мати значні резерви відносно потенційного зростання викидів парникових газів в майбутньому, коли рівень інтенсивності виробництва в сільському господарстві збільшиться.

## **СЕМІНАР 2**

### **ВІДНОВЛЮВАНІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

ЗАДІРАНОВ В.С. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ГЕОСТРУКТУР ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ

*Харківський національний університет міського  
господарства імені О.М. Бекетова*

*61002, вул. вул. Черноглазівська, 17, Харків, Україна; office@kname.edu.ua*

**Abstract.** Given the current challenges associated with climate change and environmental issues, the introduction of heat pump heating systems in construction using low-potential soil heat from the Earth's surface layers is considered an effective way to use the heat from the ground.

Currently, one of the ways to use the Earth's low-potential heat is to use energy geostructures that combine the functions of a load-bearing and heat-exchanging element to collect soil heat.

Енергетичні геоструктури (ЕГС) є інноваційним рішенням для опалення та охолодження будівель, що використовує поновлюване й екологічно безпечне джерело енергії із землі - геотермальну енергію, що дає змогу знизити загальні витрати порівняно з традиційними поверхневими теплообмінниками.

Усередині конструкції монтується абсорбційні труби, заповнені рідиною-теплоносієм, утворюючи тим самим первинний контур геотермальної енергосистеми. Природна температура ґрунту поглинається бетоном, далі - теплоносієм. Первинний контур з'єднується через тепловий насос із вторинним контуром, розташованим у будівлі. Вторинний контур являє собою замкнуту систему опалення або охолодження будівлі, що складається з мережі трубопроводів, заповнених рідиною-теплоносієм. Таким чином, звичайні пальові фундаменти, тунелі, стіни, перекриття та інші підземні споруди перетворюються на нові енергетичні пальові фундаменти, енергетичні тунелі, енергетичні стіни тощо. Наприклад, збірні та монолітні палі можуть забезпечити 70-80 кВт · год/м<sup>2</sup> протягом 180 днів в залежності від багатьох чинників, включно з кількістю петель усередині палі, конфігурацією петель, ґрунтовою теплопровідністю і теплоємністю, температурою та типом ґрунту, рівнем ґрунтових вод.

В енергетичних палях відбувається помітний тепло- і холодообмін, а їхня функціональна ефективність як джерела чистої відновлюваної енергії значна. Початкові витрати на встановлення енергетичних палей менші, ніж для інших систем вилучення енергії.

Порівняно з іншими способами видобутку енергії, використання енергетичних палей значно менше забруднює навколишнє середовище та істотно знижує виробництво CO<sub>2</sub>. Наприклад, у 2016 році у Великій Британії було зафіксовано зниження виробництва CO<sub>2</sub> на 1,36 тонни при використанні енергетичних палей.

З 2021 року Федеральна політехнічна школа Лозанни у Швейцарії використовує систему опалювання за допомогою теплових насосів та енергетичних палей для обігріву та охолодження нової "Лабораторії навчання Discovery" на території свого кампусу. Енергетичні палі, а також усі стіни і плити, що стикаються із землею, оснащені теплообмінними трубками. Вони зберігають тепло і холод в залежності від сезону. Загалом було обладнано 450 м<sup>2</sup> плит і стін, а також 176 м енергетичних палей загальною довжиною два кілометри. Рішення дозволило заощадити 2 884 літри мазуту та зменшити кількість викидів CO<sub>2</sub> ( 89,5 тон викидів на рік).

Бібліотека в Бюроні (кантон Люцерн, Швейцарія) являє собою будівлю, побудовану на площі 18 000 квадратних метрів, що стоїть на 216 порожнистих циліндричних палях (25 м × 450 мм), 60 з яких були термоактивними палями. Ці палі також можна використовувати для охолодження. Питомий коефіцієнт тепловіддачі для встановлених палей становить 40 Вт/м.

Таким чином, використання системи геотермальних теплових насосів разом з енергетичними геоструктурами являє собою надійне джерело енергії та дозволяє заощадити витрати на електроенергію, а також значно скоротити викиди CO<sub>2</sub>.

ХАЛІН В.П. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ПОТЕНЦІАЛ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЇ

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
61002, вул. Черноглазівська, 17, Харків, Україна; office@kname.edu.ua*

**Abstract.** Based on the analysis of the energy balance and assessment of the use of renewable energy sources in the region by type - solar thermal, solar electric, wind generation, waste water - recommendations have been developed on the use of local opportunities for alternative energy sources for sustainable development and ensuring an acceptable level of technogenic and environmental safety for a wide range of certain natural and man-made hazards. A study of the possibilities of using renewable energy sources in terms of existing and promising technologies was conducted. The research is part of the creation and implementation of an appropriate environmental safety management system for the region.

При аналізі запасів енергетичних ресурсів нашої держави, визначено, що запаси майже вичерпались наявні та розвідані родовища нафти і газу, а поклади вугілля наразі в тонких шарах. Війна призупинила активний економічний ріст України. План відновлення України, вимагатиме збільшення показників споживання енергоресурсів. Головним шляхом є самозабезпеченність країни енергоресурсами, яка дорівнює 52%. На основі проведеної оцінки та порівняння співвідношень можна зробити висновки, що невиправдано висока частка природного газу в енергетичному балансі України, невиправдано низька частка ВДЕ в Україні. Внаслідок чого виникає необхідність диверсифікації джерел енергії в Україні. Треба відмітити великий потенціал та перспективність використання ВДЕ та АДЕ.

На основі проведеного аналізу різних видів енергетичних ресурсів в Україні, а саме традиційних, відновлюваних та не традиційних (альтернативних), з урахуванням досвіду, якого отримала Україна внаслідок військової агресії, визначено основні переваги при впровадженні альтернативних джерел енергії: енергетична незалежність (зменшення або відмова споживання вугілля, нафти та газу при виробництві електричної енергії; мінімізація негативних впливів на навколишнє середовище; прискорений розвиток інноваційних технологій перетворення нетрадиційної енергетики – це великі запаси енергії, що постійно відновлюються та не є вичерпними; зменшення соціальних тисків, завдяки стабілізації вартості електричної енергії, яка отримується з альтернативних джерел; уникнення скупчення, зосередження джерел альтернативної енергії по всій території країни, що спрощую систему логістики – транспортування, дистрибуцію та будівництво ліній передачі цієї енергії, оскільки енергія може вироблятися в будь якому місці.

Бурхливий розвиток ринку АДЕ викриває також і недоліки, а саме: невелика густина потоку енергії, тобто для переробки ВДЕ необхідні великі поверхні; значна залежність від часового та сезонного факторів (від часу доби та пори року залежить рівномірність вироблення енергії). Для зменшення негативного впливу даних факторів використовують складні та дорогі системи акумулювання енергії або це вимагатиме у подальшому дублювання потужностей за рахунок традиційних енергоресурсів; особливості використання залежать від розміщення в найбільш сприятливих за концентрацією районах, що обумовлено нерівномірністю розміщення ВДЕ; підвищена капіталоемність енергетичних установок и споруд, що навіть не залежить від сприятливих експлуатаційних характеристик джерел та ефективному способі його використання.

За умов повного використання потенціалу ВДЕ і підвищення сучасного рівня енергоспоживання на рівні регіону, можна замінити ВДЕ майже 60 % споживання природного газу, що видобувається з надр, і тим самим підвищити рівень регіональної та національної енергетичної безпеки. Розроблені рекомендації щодо імплементації альтернативних джерел енергії у регіональний енергетичний баланс та природоохоронні заходи, превентивні, щодо стратегії розвитку регіональних енергетичних балансів на прикладі регіону є базисом сталого розвитку та реалізації Зеленого курсу.

ПЕТРУК В.Г., ПОЛИВ'ЯНЧУК А.П., ПЕТРУК Р.В., ПОЛИВ'ЯНЧУК Н.М.,  
 ГОНЧАРУК В.С. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ІННОВАЦІЙНІ ТОНКОПЛІВКОВІ ГЕЛІОТЕХНОЛОГІЇ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

*Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця,  
 21021, E-mail petrukv@gmail.com*

**Abstract.** To date, the most common semiconductor material, including for the production of solar panels, is silicon (silicon), the compounds of which in the earth's crust are about 30% (quartz, sand, silica, salts of silicic acid and many other silicon-containing compounds). At the same time, scientists around the world are studying the search for other affordable and energy-efficient solar technologies, in particular thin-layer and thin-film composite semiconductor compounds, which are quite promising.

На даному етапі існують такі технології виготовлення сонячних батарей: 1- кремнієві (1 покоління); 2-тонкоплівкові (тонкошарові) (2 покоління); 3- синтез на органічних сполуках, у тому числі карбонвмісних (3 покоління). При цьому кремнієві технології на сьогодні складають понад 95 % ринку сонячної генерації енергії.

Окрім чисто кремнієвих технологій існують тандемні та інші більш складніші напівпровідникові матеріали, над впровадженням яких у геліотехніку працюють вчені світу, а саме: сполуки типу  $A^{III}B^V$ ,  $A^{II}B^{VI}$ ,  $A^{IV}B^{VI}$ ,  $A_2^{III}B_3^{VI}$ ,  $A^{II}B^{IV}C_2^V$ ,  $A^{IV}B^{IV}$  та інші. Ширина їх забороненої зони в околі 0-3 еВ. Виготовляються або прямими, або непрямими методами синтезу, тобто з допомогою хімічних реакцій, або гарячим пресуванням порошків, або сплавленням, наприклад у кварцових ампулах. Мають або чисто ковалентний зв'язок, або іонно-ковалентний, або переважно іонний. Реалізуються у різних кристалічних структурах, але переважно сфалериту і в'юрциту (кубічні, орторомбічні та гексагональні системи) та ін. Можуть утворювати безперервний ряд твердих розчинів, у тому числі і з нестехіометричною структурою та відповідними точковими дефектами, які можуть мати значну електричну провідність (електричну активність), що важливо для процесу перетворення сонячної у електричну енергію. Найяскравіші представники: GaAs, InSb, CdTe, CdS, ZnS, PbS, PbSe, PbTe, Ga<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>, In<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, CdSnAs<sub>2</sub>, CdGeAs<sub>2</sub> та ін.

При цьому, якщо синтез їх нижче точки плавлення, то отримується складна сполука нестехіометричного складу з відповідними структурними дефектами у вигляді дрібних кристалів або епітаксильної плівки. Для деяких напівпровідникових бінарних чи складніших сполук використовують метод зонної плавки, наприклад: для антимоніду індію, або метод витягування монокристалу із розплаву (метод Чохральського) - для сумішей, які містять кремній чи германій. В результаті отримується монокристал певної площинної орієнтації та з відповідними акцепторними чи донорними домішками з концентраціями носіїв заряду в межах  $10^{18}$ - $10^{19}$  см<sup>-3</sup>. Для тандемних сполук та перовскітних плівкових технологій є проблема складності їх виготовлення, ціноутворення та міцності і терміну роботи комірок. Тому їх розробка на сучасному етапі знаходиться на стадії НДДКР, пілотних проєктів, або навіть часткового виходу на ринок. З екологічної точки зору необхідно буде запобігти процесам деградації сонячних панелей і, особливо, управління у віддаленій перспективі обсягами виведення їх з експлуатації, переробки та повторного використання, або утилізації.

Є сподівання, що у недалекому майбутньому завдяки алотропним модифікаціям карбону, а саме: графену, карбіну, фулерену, нанотрубок та нанокілець людству вдасться вирішити проблеми суттєвого підвищення ККД сонячної генерації екологічно чистої енергії. Так само можливі нові відкриття і у нестехіометричній кераміці, тандемних комірках гібридного типу, гетероструктурних елементах з одночасним використанням монокристалічного кремнію, двосторонніх сонячних елементах на основі GaAs, як на космічних станціях, а також перовскітних тонкоплівкових технологіях та ін. У будь-якому разі, головне завдання науковців світу не тільки спрощення енергозатратності сучасних геліотехнологій, але, у першу чергу, суттєвого підвищення ККД сонячних панелей, та і в цілому ВДЕ.

SOROKINA K. (UKRAINE, KHARKIV)

**PERSPECTIVES OF AN INTEGRATED APPROACH  
TO ORGANIC WASTE PROCESSING**

*O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv  
17, Chornohlazivska St., Kharkiv, Ukraine, 61002; kbsorokina@ukr.net*

**Abstract.** The process of anaerobic fermentation of organic substrates to produce biogas is a complex biotechnological process that requires further improvement to maximize biogas output and increase the economic efficiency of processing organic sewage sludge, plant biomass and manure into organic fertilizers. One of the most promising ways to improve methane production is to increase the energy content of recycled waste by combining different types of organic substrates. It will optimize the process and increase efficiency of biogas production.

Biogas is one of the most efficient sources of bioenergy due to its production from organic waste using relatively inexpensive and environmentally friendly methods. The accumulation of sewage sludge in wastewater treatment plants can cause serious environmental problems, such as fires, greenhouse gas emissions, and groundwater contamination. Sludge has the potential to be used as a fertilizer or substrate for biogas production. Modern, intensive technologies should be implemented when designing new wastewater treatment plants and modernizing existing wastewater systems. Sludge processing projects should focus not only on stabilizing organic substance, but also on improving the quantitative and qualitative characteristics of the biogas produced.

The issue of waste treatment should be approached comprehensively, considering the need to treat different types of waste, such as municipal solid waste, solid and liquid organic industrial waste, as well as animal and plant waste, forestry waste, and others.

The main factors that determine the efficiency of the anaerobic digestion process are the chemical composition of the sludge, temperature and duration of digestion, organic substance load, sludge concentration, as well as the mode of loading and mixing the contents of the digestion chamber.

One of the key factors affecting methane fermentation is the carbon to nitrogen (C/N) ratio in the processed feedstock. Insufficient nitrogen limits the methane fermentation process, while excess nitrogen in the form of ammonia can be toxic to methane-producing bacteria. The low C/N ratio in wastewater sludge causes its low efficiency in anaerobic digestion, which leads to relatively low methane (CH<sub>4</sub>) output. To improve the productivity of digesters, it is necessary to increase or balance the C/N ratio by mixing sewage sludge with other substrates richer in carbon. This allows not only to increase methane output, but also to manage organic waste more efficiently.

Co-fermentation of organic substrates, or co-digestion, involves the treatment of several types of waste in one reactor. This combination is expected to have a positive impact on both the anaerobic digestion process and its cost-effectiveness. This effect is achieved through changes in quantitative and qualitative parameters, such as increased methane output and improved process stability.

When considering wastewater sludge as the main organic substrate for anaerobic digestion, it is important to take advantage of the possibility of using different co-substrates. The choice of co-substrates should be based on several criteria: the productivity of wastewater treatment plant, chemical composition of wastewater, fermentation mode, type and condition of the equipment used, and the prospects for utilizing fermented mixture and resulting biogas. In addition, regional peculiarities, availability of substrate suppliers, their cost and regularity of supply, as well as other factors that may affect the efficiency of the process and economic aspects should be taken into account.

Co-fermentation of sewage sludge, food waste, manure and municipal solid waste will improve process stability and increase methane output due to the synergistic effect that arises from a more diverse microbial community. This combination of different types of organic substrates not only improves the efficiency of the anaerobic digestion process, but also produces a sludge with better properties. This, in turn, increases the efficiency of using the digestate as a fertilizer for agricultural purposes. In addition, co-fermentation helps solve several environmental problems. It reduces the need for land for waste storage and disposal, which in turn helps to reduce air and water pollution. Thus, the implementation of an integrated approach to organic waste processing can have a significant positive impact on the environment and ensure more efficient waste management.



СОКОЛОВА Т.І., КРУСІР Г.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С.,  
СОКОЛОВА В.І. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## БІОЧАРИ З ВІДПРАЦЬОВАНОЇ КАВОВОЇ ГУЩІ: ОТРИМАННЯ, ХІМІЧНІ ТА СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ

Одеський національний технологічний університет  
65000, вул. Канатна, 112, Одеса, Україна; [taiasokolowa041@gmail.com](mailto:taiasokolowa041@gmail.com)

**Abstract.** The coffee industry is a significant producer of waste, which increases the anthropogenic burden on the environment. The production of biochar from coffee grounds is a promising secondary raw material with added value, which has significant potential due to its physicochemical properties, well-structured composition and abundance of raw materials. The specific surface area can range from 500 to 1500 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, the diverse range of functional groups includes carboxylates, carbonyls, hydroxyls and amines, and the pore size distribution is in the range of 1 to 100 nm.

За даними Міжнародної організації кави світовий експорт кави у липні 2024 року становив 11,29 млн мішків, в той час як у липні 2023 року цей показник - 10,06 млн. Експорт за перші 10 місяців кавового року 2023/24 (жовтень 2023 - червень 2024 року) збільшився на 10,5% до 115,01 млн мішків порівняно з 104,05 млн мішків за той же період у 2022/23 році. За дванадцять місяців, що закінчилися в липні 2024 року, експорт арабіки склав 82,26 млн мішків у порівнянні з 74,37 млн мішків минулого року; тоді як експорт робусти становив 51,62 млн мішків порівняно з 49,75 млн мішків. Враховуючи зростаючу кількість споживання кави в світі, неспинно збільшується показник утворення відходів з відпрацьованої кавової гущі (SCG), яка є підходящою сировиною для отримання біовугілля, що можна використовувати в різних сферах діяльності, як альтернативу звичним видам палива, або як добавку для процесу анаеробного зброджування з метою отримання біогазу. В рамках даного дослідження отримували біочар з SCG піролізом при 300 та 500°C та мікрохвильовим опромінення (230°C), визначали гранульований склад та структурні характеристики отриманих зразків порівняно з сировиною.

Задля збільшення активної поверхні біочару матеріал після карбонізації піддавався подрібненню в кульовому млині з подальшою класифікацією частинок за розміром. Дані дослідження розміру частинок наведені в табл. 1.

Таблиця 1

### Гранулометричний склад біочару-500 після подрібнення

Розмір частинок, мм	>1	1– 0,61	0,61– 0,45	0,45– 0,30	0,30– 0,25	0,23– 0,17	0,17– 0,10	<0.1	Всього
Вміст, % мас.	0,3±0,02	0,1±0,01	0,7±0,05	3,8 ±0,08	0,1 ±0,01	6,9±0,1	4,6 ±0,08	83,5±0,43	100

За результатами дослідження гранулометричного складу біочару найбільшим вмістом (83.5 % мас.) у карбонізаті після подрібнення характеризується фракція частинок із розміром < 0,1 мм.

Біополімерний склад і структурно-механічні властивості поверхні біочарів надають суттєвий вплив на функціональні властивості біочарів. Це і було передумовою для вивчення вказаних показників. Середній радіус пор  $X_6$  – середній радіус пор  $r_{cp}$ ,  $10^{-10}$  м;  $X_7$  – питома поверхня  $S_{птг}$ , м<sup>2</sup>/г.

Таблиця 2

### Структурні характеристики біочарів

Зразок	Структурні характеристики	
	$Z_{cp} \cdot 10^{10}$ , ( $X_6$ )	$S_{уд.}$ , м <sup>2</sup> /г ПВ ( $X_7$ )
Біочар-500	24,77	155,22
Біочар-300	27,01	134,04
Біочар-МХ	24,27	189,59
Сировина	27,19	122,51

Таким чином, проведені дослідження та отримані результати щодо їх властивостей свідчать про перспективність використання біочарів з відпрацьованої кавової гущі в якості інтенсифікаторів процесів метанового бродиння органічних відходів.

КОЗИН В.М., МАРЧЕНКО А.Ю. (УКРАЇНА, СУМИ)

## ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ГЕЛІОПАНЕЛЕЙ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

*Сумський національний аграрний університет*

*40021 вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, e-mail: kvn.kon82@gmail.com*

**Abstract.** The review of existing technologies for the production of solar panels is carried out from the moment of discovery of the photoelectric effect, invention of the semiconductor and widespread use of silicon and substances based on it, as well as organic polymers, mixtures of gallium, copper, indium and selenium salts in modern industrial samples of photocells, to the creation of modern high-efficiency photocells based on hybrid multilayer technology with a combination of III-V semiconductors. The review is carried out through the prism of energy efficiency of each technology.

Історія масового використання геліопанелей налічує трохи більше 70 років. На початку промислового виробництва ефективність геліопанелей складала не більше 6 %. Розвиток технологій був пов'язаний із винайденням та впровадженням напівпровідників. Як матеріал світлочутливої зони фотоелементів від середини 50-х років ХХ століття використовують селен (Se), кристалічний кремній (Si), аморфний кремній (SiGe), а пізніше – органічні полімери, суміші солей галію, міді, індію та селену тощо. Відтоді найбільше поширення отримали геліопанелі з аморфного кремнію, які незважаючи на низьку ефективність користуються великою популярністю й досі. У той самий час з'явилися та поширилися дві наймасовіші технології: моно- та полікристалічна, а дещо пізніше з'явилися тонкоплівкова та гібридна.

У наш час максимальні значення ефективності геліопанелей на основі аморфного або нанокристалічного кремнію, що були отримані у лабораторних умовах не перевищують 9,5 і 10,1 % відповідно, для полікристалічних та тонкоплівкових панелей на основі кремнію – до 24,7 %. Наближаються за ефективністю до них тонкоплівкові та кристалічні панелі на основі астанату галію (ККД до 25,1 %). Поки не достатньо себе виправдало застосування тонкоплівкових технологій на основі халькогенідів (CIGS і CdTe), які на даний момент показують ефективність до 19,9 %. Не виправдали також себе фотохімічна та органічна технології, які дозволили отримати ефективність на рівні до 10,4 і 5,15 % відповідно.

Необхідно зазначити, що продуктивність кремнієвих сонячних панелей вже майже досягла теоретичної межі, але вчені були впевнені, що при з'єднанні з іншою речовиною ця межа може бути підвищена. Такою речовиною виявився порівняно рідкісний для нашої планети мінерал класу оксидів, титанат кальцію каркасної будови ( $\text{CaTiO}_3$ ), що отримав назву перовськіт. Ці сучасні сонячні панелі за результатами досліджень університету науки і технологій Хуаджун (КНР) у 2024 році вже мають ККД до 28,49 %. Інкапсульовані тандемні комірки на основі перовськіту показали чудову стабільність, що вкрай важливо для комерціалізації проекту. Це перспективний напрямок досліджень, який буде продовжений.

У 2017 році китайські вчені створили так звані всепогодні сонячні батареї, що працюють не тільки за будь-якої погоди, але і вночі. Секрет розробки у тому, що скло покрите люмінофором тривалого післясвітіння (LPP), що зберігає інфрачервоний та ультрафіолетовий спектр, невидимий для людського ока. Вночі LPP вивільняє монохроматичне світло, що перетворюється в електроенергію. Завдяки такій технології панель може працювати цілодобово.

Ще однією перспективною та сучасною технологією є гібридна багатошарова технологія на основі комбінування напівпровідників GaInP/GaAs/Ge, GaInP/GaAs або GaInP/GaAs/ GaInAs. Нанесення на традиційний кристалічний елемент астанату галію GaAs, наприклад, шару фосфіду галію-індію GaInP дозволяє отримати ККД до 30,3 %. А за умови додаткового нанесення шару германію Ge ефективність зростає до 32 %, що є найвищим у наш час показником енергоефективності геліопанелей. За умови виходу такої технології у промислове виробництво, що дозволить значно її здешевити, ефективність сонячної енергетики зрівняється з найбільш ефективними зразками традиційних методів виробництва електроенергії, такими як ТЕС або АЕС, що у перспективі може призвести до суттєвого перерозподілу джерел виробництва електроенергії у світі.

KOROVUSHKIN V., DUBOVYK V. (UKRAINE, KYIV)

## PHOTOVOLTAIC POWER OUTPUT FORECASTING USING LSTM RECURRENT NEURAL NETWORKS

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 03056, Beresteisky Avenue, 37, Kyiv, Ukraine; mail@kpi.ua*

**Abstract.** The paper outlines the main parameters, characteristics, and classification of photovoltaic (PV) power plants. It includes a description and comparative analysis of current methods and models for predicting solar irradiation, temperature, and photovoltaic power, which helps to identify factors that enhance the accuracy of software-based calculation methods.

As a result of the research, it was found that the peculiarity of systems using PV is the variability of the generated electricity in time, caused by partial or complete eclipse of the solar cell (SC), which is caused by the accumulation of water vapor with small solid particles in the atmosphere and the daily movement of the Sun across the celestial sphere.

The dataset of temperature and insolation in Kyiv for January-April 2019 with a resolution of 2x2 km<sup>2</sup> obtained in 15-minute increments was used, which was divided into training (90% of the sequence) and test data (10%). For better matching and to prevent discrepancies, the training data was standardized to have zero mean and unit variance. For prediction, the test data was standardized using the same parameters as the training data.

To predict the values of the future time steps of the sequence, the LSTM regression network was trained on a sequence-to-sequence (seq2seq) basis, where the training sequences with values shifted by one time step were used as the answers. That is, at each time step of the input sequence, the LSTM network learns to predict the value of the next time step.

An LSTM network model for insolation prediction with 300 hidden layers and 250 iterations was built, and for temperature prediction with 300 hidden layers and 200 iterations.

Graphs of predicted insolation, air temperature, output PV power were constructed, where the root mean square errors RMSE for an insolation = 56.8616 and RMSE for an air temperature = 0.20283 were determined, respectively.

Simulations were conducted using the PV power plant model "power\_PVarray\_grid\_det," producing a detailed five-day electric power forecast (fig. 1). These results can be applied to planning, dispatching, and enhancing the safety of the electrical grid.

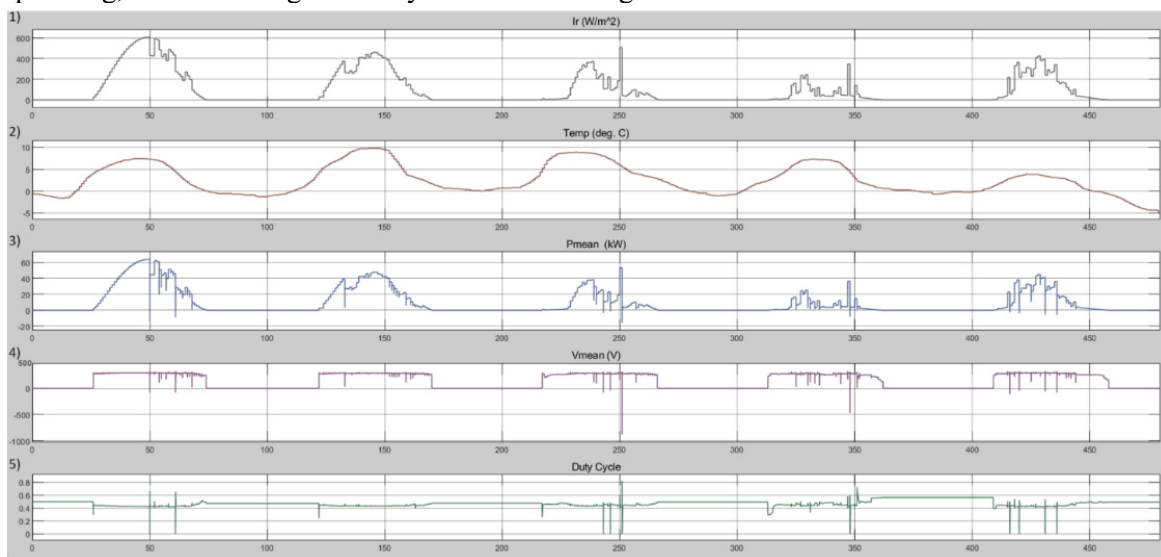


Fig. 1. Oscillogram of the initial data of the PV power plant based on the predicted parameters:  
 1) Predicted insolation; 2) Predicted temperature; 3) Output power of the model;  
 4) Voltage at the output of the model; 5) Duty cycle of the voltage regulator

ДЛУГОПОЛЬСЬКИЙ О.В., ГУРИШ В.Є., ДЗІХ О.І. (УКРАЇНА, ТЕРНОПІЛЬ)

## РОЗВИТОК ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В КРАЇНАХ ЄС: ІНСТИТУЦІЙНА ПІДТРИМКА ТА ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ

*Західноукраїнський національний університет  
46009, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна; dlugopolsky77@gmail.com*

**Abstract.** The authors analyzed key documents at the EU level regarding the formation and development of the renewable energy market: Renewable Energy Directive, European Green Deal, EU Emissions Trading System, Recovery and Resilience Facility, National Renewable Energy Action Plans. It was concluded that thanks to institutional support, the share of renewable energy in the total energy balance of the EU increased from 11.75% in 2007 to 27% in 2023.

На рівні ЄС існує кілька ключових документів, спрямованих на розвиток відновлювальних джерел енергії. Директива про відновлювані джерела енергії (Renewable Energy Directive – RED) є ключовим правовим актом ЄС, який спрямований на сприяння розвитку відновлюваних джерел енергії та зменшення залежності від викопних палив. RED не лише встановлює мету досягнення щонайменше 42,5% частки відновлюваних джерел у загальному енергоспоживанні до 2030 р., але й зобов'язує країни-члени ЄС регулярно переглядати та коригувати національні законодавства для підтримки розвитку відновлювальних джерел енергії.

Європейський зелений курс (European Green Deal – EGD) є стратегічною програмою, яка доповнює RED та передбачає глобальні заходи для боротьби зі зміною клімату. EGD ставить за мету досягти кліматичної нейтральності ЄС до 2050 р., що передбачає повну декарбонізацію енергетичного сектора. Основною метою Зеленого курсу є зменшення викидів парникових газів на 55% до 2030 р. порівняно з рівнем 1990 р., шляхом значного збільшення частки відновлювальних джерел енергії та впровадження енергоефективних технологій.

Механізми ринку вуглецевих квот (EU Emissions Trading System – ETS) є одним із основних інструментів політики ЄС, спрямованих на боротьбу зі зміною клімату та стимулювання переходу до відновлюваних джерел енергії. ETS є першою та найбільшою міжнародною системою торгівлі квотами на викиди парникових газів. Основна ідея полягає в тому, що для кожної тонни викидів CO<sub>2</sub> або еквівалентних газів підприємства повинні мати відповідну кількість дозволів на викиди. Якщо компанія знижує свої викиди, вона може продати надлишкові дозволи на ринку іншим компаніям. Це створює ринкові стимули для інвестування в енергоефективні технології та відновлювані джерела енергії, оскільки підприємства зменшують свої викиди, щоб уникнути купівлі додаткових квот.

Фонд відновлення та стійкості (Recovery and Resilience Facility – RRF) є ще одним важливим фінансовим інструментом ЄС, спрямованим на відновлення економіки після пандемії COVID-19, з акцентом на зелені інвестиції. Цей фонд сприяє модернізації промислових підприємств для підвищення їхньої енергоефективності, що в кінцевому результаті сприяє скороченню викидів парникових газів.

Національні плани дій з розвитку відновлювальних джерел енергії (National Renewable Energy Action Plans – NREAPs) є ключовими документами, через які країни-члени ЄС визначають свої власні стратегії щодо розвитку відновлюваної енергетики. Кожна країна повинна підготувати план, який враховує її географічні та економічні особливості, і передбачає конкретні заходи для досягнення національних цілей, наприклад, через субсидії, податкові пільги або регуляторні заходи.

Загальні результати політики ЄС у сфері розвитку відновлювальних джерел енергії є значними. Зокрема, частка відновлюваної енергії у загальному енергетичному балансі зросла з 11,75% у 2007 р. до 27% у 2023 р. Результатом посилення політики ЄС у сфері розвитку відновлювальних джерел енергії стало створення більш стабільних умов для інвесторів через пільгові тарифи, субсидії та інші фінансові механізми. Загалом, для прискорення розвитку відновлюваної енергетики ЄС має продовжувати вдосконалювати законодавчі ініціативи, спрямовані на підтримку відновлювальних джерел енергії, зокрема через скоординовані зусилля на рівні ЄС та національних урядів для забезпечення стійкого розвитку відновлюваної енергетики в умовах енергетичних та економічних викликів.

МАНДРИК С.Т., ДЯЧОК В.В., ГУГЛИЧ С.І. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ У ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ТА НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ

*Національний університет "Львівська політехніка"  
вул. С.Бандери 12, 79013, Львів, Україна; dyachokvasil@gmail.com.*

**Abstract.** In order to use microalgae as a fuel the algae should be of high calorific value and must be capable of growth in large volumes. The highest calorific value was obtained with *C. vulgaris* (28kJg/g) grown in low nitrogen medium. However, the biomass productivity was 24mg dry in the low nitrogen medium which was lower than in Watanabe's medium (40mg dry) and represents a reduced energy recovery.

Відновлюваним джерелом енергії є енергія, яка отримана з біологічного палива, такого як біомаса, а одним із можливих джерел біологічного палива є мікроводорості. Мікроводорості використовують світло та вуглекислий газ для отримання енергії та постачання вуглецю, тому вони є поновлюваним ресурсом. Мікроводорості є більш фотосинтетично ефективнішими, ніж наземні рослини, і є ефективними фіксаторами вуглекислого газу. Здатність водоростей фіксувати вуглекислий газ була запропонована як метод видалення вуглекислого газу з димових газів електростанцій. Таким чином, мікроводорості можуть бути використані для зменшення викидів парникових газів.

Мікроводорості можна використовувати кількома способами для виробництва палива. По-перше, мікроводорості можуть бути анаеробно розщеплені до отримання метану, а по-друге, прямою екстракцією жирів накопичених у певних видах мікроводоростей, що є потужним джерелом енергії.

Крім цього, деякі мікроводорості можна використовувати для фотосинтетичного виробництва водню. І нарешті, деякі мікроводорості ростуть у вигляді окремих дрібних клітин діаметром 5–10 мкм. Висушені мікроводорості у вигляді частинок деревини (30–70 мкм) та пиловугільного помелу (5–9 мкм) завдяки їх малому розміру можуть також спалюватися в стаціонарних дизельних двигунах, а отже, це ще одне відновлювальне джерело енергії.

Оскільки біологічний матеріал містить до 90% води, необхідно, щоб мікроводорості мали високу теплотворну здатність, якщо вони будуть використовуватися як заміна дизельному паливу. Основний внесок у теплотворну здатність клітин вносить вміст в них вуглеводів, білків та ліпідів. Показано, що вирощені в нормальних умовах мікроводорості мають калорійність від 18 до 21 кДж/г порівняно з теплотворною здатністю дизельного палива 42 кДж/г. Однак при зниженні рівня азоту в середовищі культивування, деякі мікроводорості накопичують високі рівні ліпідів. Було показано, що значення до 58% ліпідів накопичуються у видах *Chlorella* за умов низького вмісту азоту, а *Chlorella emersonii* містить 63% ліпідів з калорійністю 29 кДж/г. Передбачається, що паливо з мікроводоростей може використовуватися для виробництва електроенергії за допомогою статичних дизельних двигунів. Таким чином, водорості потрібно буде вирощувати у великих масштабах, з високою продуктивністю та високим вмістом ліпідів.

Оскільки ріст у біореакторах є фотосинтетичним, тому постачання світла та вуглекислого газу, ймовірно, буде тією стадією, що обмежує швидкість росту мікроводоростей. У деяких випадках подача вуглекислого газу була доповнена додаванням додаткової кількості вуглекислого газу на стадії подачі повітря, а в іншому випадку було припущено, що мікроводорості можна використовувати для видалення частини вуглекислого газу з димових газів електростанцій. Подібним чином водорості також можна використовувати для видалення органічного матеріалу з відходів, оскільки більшість мікроводоростей мають здатність рости на ряді органічних сполук.

Ріст мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Chlorella emersonii* та накопичення високих рівнів ліпідів було одержано в невеликих біореакторах із мішалкою, подібних до описаних Watanabe, однак ріст, продуктивність та накопичення ліпідів ще належить визначити та додатково дослідити у більшому широкому масштабі.

УЛАНОВ М.М. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВЕЛИКОМАСШТАБНОГО ВИРОБНИЦТВА НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОГО ВОДНЮ В УКРАЇНІ

*Інститут технічної теплофізики НАН України  
03057, вул. Марії Канніст, 2а, Київ, Україна; e3therm@gmail.com*

**Abstract.** Based on an analysis of the current situation in the energy market of Ukraine, the advantages of both technological, environmental and economic production of low-carbon hydrogen using electricity from existing nuclear power plants are presented in comparison with the use of renewable energy sources. Low-carbon hydrogen obtained from electrical energy from operating nuclear power plant units has undeniable advantages over hydrogen obtained using renewable energy sources.

Ядерна енергетика може забезпечувати як електроенергією, так і теплом 24/7 для підтримки ефективного виробництва водню за допомогою різноманітних процесів. Існуючі атомні електростанції сьогодні стикаються з проблемою роботи в енергетичних системах зі зростаючою часткою змінної відновлюваної енергії. Водень забезпечує можливість накопичення енергії та підвищення гнучкості цих гібридних систем. Крім того, водень, вироблений для зовнішнього продажу, може стати цінним альтернативним джерелом доходів для атомних електростанцій (АЕС) з надлишком електроенергії.

Виходячи з аналізу даних, щодо вартості електричної енергії в Україні отриманої з відновлювальних джерел енергії таких як сонце та вітер (діючий на 2024 р. «зелений тариф») та вартості виробництва електричної енергії на діючих блоках АЕС в Україні (станом на 2024 р.) було виконано аналіз щодо порівняння технологічних, екологічних та вартісних показників виробництва низьковуглецевого водню на електролізній установці електричною потужністю 1 ГВт. Отримані дані представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

### Порівняння технологічних, екологічних та економічних показників виробництва низьковуглецевого водню на електролізній установці електричною потужністю 1 ГВт

Джерело електричної енергії	Вартість виробленої електричної енергії, \$/МВт·год	Коефіцієнти відносної потужності різних технологій виробництва електроенергії для Європи, %	Виробництво низьковуглецевого H <sub>2</sub> за рік, тис кг/рік	Необхідна площа для розташування генеруючих потужностей, га	Вміст CO <sub>2</sub> при виробництві H <sub>2</sub> відповідно до життєвого циклу установки, кг CO <sub>2</sub> екв/кг H <sub>2</sub>	Усереднена вартість низьковуглецевого водню LCOH, \$/кг H <sub>2</sub>
СЕС	205,02	13 – 16%	21466	12686	1,404	14,70
ВЕС	127,46	33 – 38%	52556	34495	0,572	7,68
АЕС	41,94	77 – 81%	116955	337	0,624	3,12

Як видно з таблиці, тільки виробництво низьковуглецевого водню з електричної енергії з діючих блоків АЕС дозволяє отримати перевагу як в технологічному (продуктивність у два рази вище ніж у випадку використання електричної енергії з ВЕС і в п'ять разів вище в порівнянні з використанням електричної енергії з СЕС), екологічному (вміст ПГ при виробництві 1 кг H<sub>2</sub> найменший, серед всіх розглянутих джерел виробництва електричної енергії) так і в економічному (найменша ціна виробництва 1 кг низьковуглецевого водню за показником усередненої вартості LCOH, який є індикатором конкурентоспроможності отриманого водню, чим менше ціна, тим більший дохід можна отримати при його продажі на ринку) сенсі. Таким чином, низьковуглецевий водень отриманий з електричної енергії від діючих блоків АЕС має незаперечні переваги перед воднем отриманим за допомогою електричної енергії від відновлювальних джерел – сонця та вітру.

LOPACHAK M., HAVRYLYAK N., HERTSYK O., BOICHYSHYN L. (UKRAINE, LVIV)  
**HYDROGEN EVOLUTION USING AMORPHOUS METAL ALLOY ELECTRODES  
 IN RENEWABLE AND UNCONVENTIONAL ENERGY SOURCES**

*Ivan Franko National University of Lviv*  
 79000, Universytetska str. 1, Lviv, Ukraine, zag\_kan@lnu.edu.ua

**Abstract.** The hydrogen evolution reaction (HER) is a critical process for sustainable hydrogen production, a key component in the transition to a hydrogen-based economy. As a fuel, hydrogen offers several advantages, including high energy density and the production of water as the only byproduct when used in fuel cells, making it an attractive alternative to traditional fossil fuels. However, the efficiency of hydrogen production through electrolysis is heavily influenced by the electrocatalysts employed in the process. While platinum-based catalysts are known for their high efficiency, their scarcity and high cost have motivated researchers to search for more abundant and affordable alternatives (<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.229708>).

Amorphous alloys have emerged as promising candidates due to their unique disordered structure, which provides high catalytic activity and structural flexibility. In particular, heat-treated amorphous alloys, where nanocrystals are formed within an amorphous matrix, have garnered attention for their enhanced electrocatalytic performance. Such nanocrystalline-amorphous composites allow for fine-tuning of the catalyst's properties, offering a pathway to optimize both activity and durability in hydrogen evolution reactions (Li, J., Doubek, G., McMillon-Brown, L., Taylor, A. (2018) Recent Advances in Metallic Glass Nanostructures: Synthesis Strategies and Electrocatalytic Applications. *Adv. Mater.*, 31(7), 1802120. Doi:10.1002/adma.201802120).

Among various amorphous materials, Co-based alloys, including compositions like  $\text{Co}_{77}\text{Si}_{11}\text{B}_{12}$  and  $\text{Co}_{72}\text{Fe}_5\text{Si}_{11}\text{B}_{12}$ , have demonstrated significant potential as electrocatalysts for HER. These alloys, modified through heat treatments, were investigated for their performance as electrodes in alkaline aqueous KOH solutions. The analysis of data presented in Figure 1 indicates that the initial amorphous samples exhibit superior hydrogen evolution performance. Notably, alloying with iron enhances the amount of hydrogen produced by a factor of 1.6 at a potential of  $E = -1.33$  V, compared to non-iron-doped counterparts. This insight is valuable for the ongoing optimization of the composition and properties of amorphous metallic alloy electrodes, contributing to the development of more efficient water electrolysis technologies.

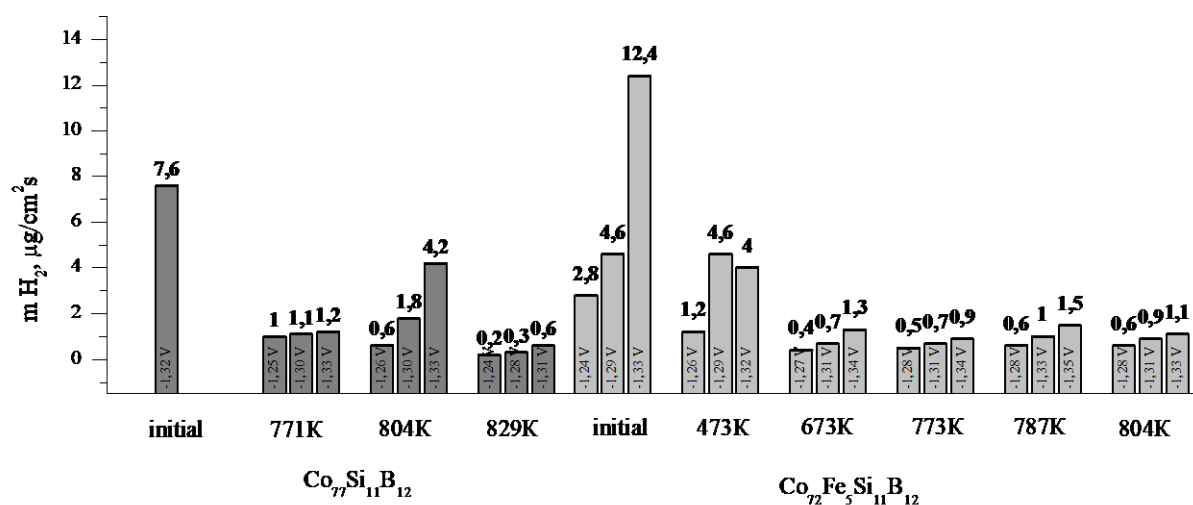


Рис. 1.

Figure 1 – Amount of hydrogen evolved on AMG electrodes from a 1 M aqueous KOH solution

STEPENKO S. (UKRAINE, CHERNIHIV)

## ENSURING THE MAXIMUM EFFICIENCY OF THE AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

*Chernihiv Polytechnic National University*

*95, Shevchenka str., Chernihiv, Ukraine; serhii.stepenko.ua@ieee.org*

**Abstract.** The topic devoted to the renewable energy based system, particularly photovoltaic system, is crucial in the frame of the sustainable development. It becomes even more important taking into account the current situation caused by russian terroristic attacks on the Ukrainian energy infrastructure. This work directly addresses the need for energy-saving solutions and sustainable environmental management by aim to optimize the renewable energy systems.

Maximizing the efficiency of autonomous photovoltaic systems (Fig.1) supports environmental protection efforts by reducing reliance on fossil fuels and minimizing carbon emissions. It aligns with global sustainability goals by promoting clean, reliable energy sources for both developed and remote regions. Considering not only peak efficiency but also California Energy Commission (CEC) efficiency and EU efficiency is essential for a holistic evaluation of inverters in PV systems (1)-(2). CEC and EU efficiency metrics provide a more accurate representation of real-world performance, accounting for variable load conditions and partial load operation, which are common in daily solar energy production. Focusing on these comprehensive efficiency measures, system designers can ensure reliable energy output and maximize long-term performance in diverse operating conditions.

$$\eta_{CEC} = 0.04 \cdot \text{Eff}10\% + 0.05 \cdot \text{Eff}20\% + 0.12 \cdot \text{Eff}30\% + 0.21 \cdot \text{Eff}50\% + 0.53 \cdot \text{Eff}75\% + 0.05 \cdot \text{Eff}100\%, \quad (1)$$

$$\eta_{EU} = 0.03 \cdot \text{Eff}5\% + 0.06 \cdot \text{Eff}10\% + 0.13 \cdot \text{Eff}20\% + 0.10 \cdot \text{Eff}30\% + 0.48 \cdot \text{Eff}50\% + 0.20 \cdot \text{Eff}100\%, \quad (2)$$

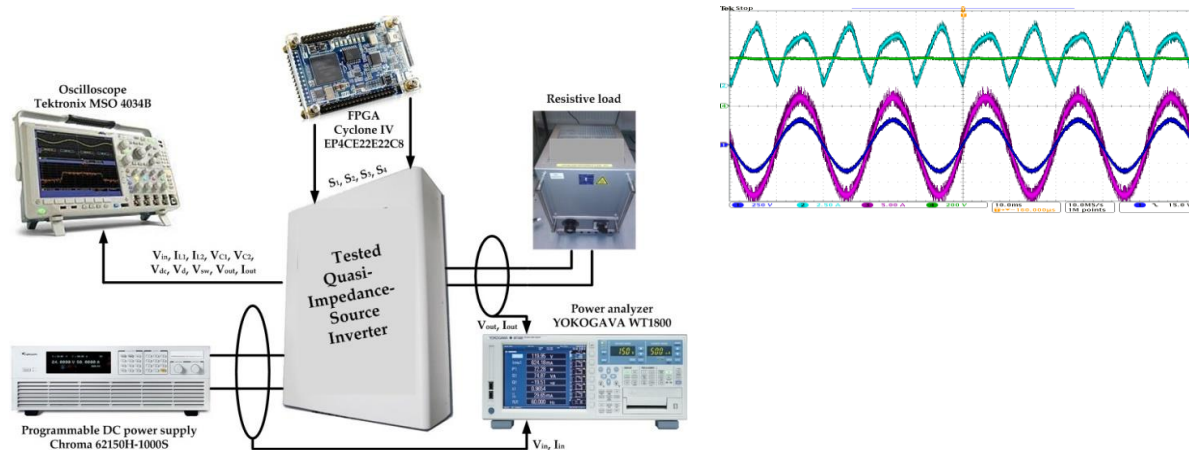


Fig. 1. Experimental setup structure, operational diagrams and efficiency dependencies of the tested PV inverters

This work directly reflects the core objectives of the young scientists' research project, supported by the Ministry of Education and Science of Ukraine. The mentioned project focuses on enhancing the efficiency of autonomous photovoltaic systems. The development of advanced methods and tools for optimizing solar energy generation and conversion is one of the most important parts in the reliable operation of such systems. The resulting efficiency improvements principles aim to set new standards for future autonomous electric power systems based on photovoltaic converters.



HRETSKYI I.<sup>1,2</sup>, MOKROUSOVA O.<sup>2</sup>, OLESHKO A.<sup>2</sup>,  
BUDYAKOVA O.<sup>2</sup>, FOMINA M.<sup>1</sup> (UKRAINE, KYIV)

### INFLUENCE OF GLUCOSE AND XYLOSE ON THE ETHANOL PRODUCTION OF XYLOSE-FERMENTING YEASTS

<sup>1</sup>*D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine, 154, Akademika Zabolotnoho Street, 03143, Kyiv, Ukraine*  
<sup>2</sup>*Kyiv National University of Technologies and Design, 2 Mala Shyianovska Street, 01011 Kyiv, Ukraine; igorgretsky@gmail.com*

**Abstract.** The conversion of agro-biomass into ethanol represents a promising approach for sustainable biofuel production. To assess the potential of ethanologeneses, mathematical statistical methods were employed to identify significant factors and their optimal values. This analysis allows for a more comprehensive understanding of the fermentation process and enhances overall efficiency. By optimizing the fermentation parameters, the potential for increased ethanol yields can be realized, further supporting sustainable energy initiatives.

Lignocellulosic plant biomass (LCB), which is available in large quantities around the world, is considered an urgent feedstock for biofuel production. However, unlocking the full potential of lignocellulosic waste for bioethanol production is not without its challenges. The primary hurdle is the complex process of hydrolyzing lignocellulose into simple sugars like glucose and xylose, which can then be fermented into ethanol. The inclusion of this microorganism in the bioethanol production process can significantly enhance the efficiency of LCB conversion and increase ethanol yields.

The objective of this study was to analyse the effect of glucose, xylose and time concentrations on the efficiency of ethanologeneses, using *Scheffersomyces stipitis* UCM Y-2810 and to determine the most optimal values for the highest ethanol yield.

The use of statistics methods to determine of significant factors and optimal values of significant factors was used for a more in-depth study of the process of ethanologeneses of the yeast *Sc. stipitis* UCM Y-2810 during cultivation on mixtures of xylose and glucose. We used three-factor three-level experimental design (Table 1) according to Box-Behnken design (Statistica 14.01, TIBCO Software Inc., 2022)

Table 1.

**Optimization factors and their values used in Box-Behnken design.**

Factor designation	Factor	Minimum value «-»	Average value «0»	Maximum value «+»
$X_1$	Xylose, g/L	3	16.5	30
$X_2$	Glucose, g/L	1	5.5	10
$X_3$	Duration, day	1	2	3

The significance levels of the effects—linear, quadratic, and interaction—were determined through analysis of variance (ANOVA). This analysis revealed that each of the optimization factors studied, namely xylose concentration ( $X_1$ ), glucose concentration ( $X_2$ ), and yeast cultivation duration ( $X_3$ ), were considered statistically significant ( $p \leq 0.05$ ) on both the concentration of viable yeast cells ( $Y_1$ ) and the ethanol concentration ( $Y_2$ ).

In the course of analyzing the raw data, a regression equation is obtained which has the form of a second order quadratic polynomial taking into account only statistically significant effects:

$$Y_1 = 9,218 + 0,686 X_3 \quad (1)$$

$$Y_2 = 2,586 + 2,126 X_1 + 2,757 X_3 + 2,839 X_1^2 X_3 \quad (2)$$

Weak effect of glucose concentration on ethanologeneses observed at the onset of cultivation significantly diminished as the cultivation period extended. This trend may suggest a rapid initial assimilation of glucose by *S. stipitis* UCM Y-2810, compared to xylose. However, it was noted that the lowest xylose concentration at the conclusion of the cultivation period led to a decrease in ethanol concentration. The amount of the highest ethanol yield was 7.738 g/l, with the optimal factors being: xylose concentration - 16.5 g/l; glucose concentration - 7.75 g/l and time - 3 days.

ГНІДЕЦЬ А., МАЛЬОВАНІЙ М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАЗЕМНИХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

*Національний університет Львівська політехніка  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; coffice@lpnu.ua*

**Abstract.** Alternative sources of electricity are becoming more and more relevant and available in household and industrial use. Since in the near future it will be quite difficult to meet the needs of mankind at the expense of non-renewable energy sources, mankind is increasingly paying attention to alternative energy, one of the most promising areas of which is solar energy.

Альтернативні джерела електроенергії стають все більш актуальними та доступними у побутовому і промисловому використанні. Оскільки у недалекому майбутньому буде досить важко задовольняти потреби людства за рахунок невідновлювальних джерел енергії, людство все більше звертає увагу на альтернативну енергетику, одним із найперспективніших напрямків якої є сонячна енергетика.

Сонячні електростанції під час роботи не забруднюють навколишнє природне середовище. Але у аспекті утилізації сонячних панелей спостерігається кардинально інша ситуація. Утилізація значних обсягів сонячних модулів на конкретній території призводить до збільшення ризику для місцевої флори, фауни і для здоров'я людей. Витік хімічних реагентів із утилізованих модулів створює небезпеку забруднення місцевого ґрунту та поверхневих вод. Необхідно виділити декілька аспектів позитивного впливу на довкілля у разі збільшення динаміки заміни традиційних видів енергії сонячними електростанціями:

**Мінімізація викидів CO<sub>2</sub>:** Наземні сонячні панелі дозволяють зменшити викиди парникових газів у порівнянні із традиційними джерелами енергії, що є важливим кроком у боротьбі зі зміною клімату.

**Захист біорізноманіття:** При будівництві сонячних електростанцій важливо враховувати вплив будівництва на місцеву флору та фауну, особливо при виборі земель під установку панелей.

**Вплив на ґрунти та водні ресурси:** Неправильна установка сонячних панелей може призвести до деградації ґрунтів та змін у водних режимах. Важливо проводити екологічні оцінки перед будівництвом.

Плануючи заміну частини потужностей традиційної енергетики сонячними електростанціями необхідно враховувати ряд аспектів, а саме:

- **Переробка та утилізація панелей:** Сонячні панелі мають обмежений термін експлуатації, і їх утилізація може викликати екологічні проблеми через вміст у їх складі токсичних речовин. Необхідно розвивати програми екологічно безпечної переробки відпрацьованих сонячних панелей.

- **Енергетична ефективність:** Впровадження сучасних технологій дозволяє підвищити ефективність панелей та зменшити площі, необхідні для установки, що позитивно впливає на екологію.

- **Мінімальний вплив на ландшафт:** Сонячні панелі можна встановлювати на деградованих або непридатних для сільського господарства землях, мінімізуючи вплив на сільськогосподарське виробництво та природні екосистеми.

- **Агровольтаїка:** Підбір спеціальних культур та агротехнологій, які б дозволили вирощувати під сонячними панелями врожаї, вищі ніж у звичайних умовах.

Перечислені аспекти підкреслюють як екологічні переваги, так і можливі ризики від використання наземних сонячних панелей, наголошуючи на важливості збалансованого підходу для забезпечення екологічної безпеки.

СУХИЙ М.К., НЕФЕДОВ В.Г., ПОЛІЩУК Ю.В. (УКРАЇНА, ДНІПРО)  
**ТЕХНОЛОГІЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО ОТРИМАННЯ ВОДНЮ,  
 ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ І КОАГУЛЯНТІВ**

*Український державний університет науки і технологій  
 49010, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна; у.в.polishchuk@gmail.com*

**Abstract.** The paper presents the concept of simultaneous production of hydrogen, electricity and coagulants for water purification. It consists in the electrochemical production of hydrogen by dissolving household and industrial waste of electronegative metals, such as aluminum in an alkaline or iron in acid medium. Hydrogen is obtained in an electrochemical reactor, which uses a soluble anode, and hydrogen is released at an additional cathode made of a material with a low value of H<sub>2</sub> release overvoltage. The anode dissolution products, after additional processing, can be used as coagulants in water treatment processes.

Як один з найперспективніших варіантів, спрямованих на зниження техногенного тиску на біосферу Землі, пропонується воднева енергетика – заміна або зменшення використання викопного вугілля та вуглеводнів як енергоносіїв. Застосування водню обумовлено його високою теплотворною здатністю; утворенням у процесі згоряння парів води, які не збільшують карбонізації атмосфери.

Отримання водню можливе декількома способами: з природного газу, вугілля або електролізом води. Два перші способи супроводжуються утворенням вуглекислого газу, що з точки зору екологічного навантаження є неприйнятним. Електроліз води вимагає значних витрат електроенергії та є енергетично неефективним. Використання для електролізу «зеленої» електроенергії обумовлює відсутність стабільності виробництва водню.

Нами запропоновано і розроблено електрохімічну технологію одночасного отримання водню, електроенергії та коагулянтів для очищення води. Вона полягає в отриманні водню розчиненням в лужному середовищі побутових та виробничих відходів електронегативних металів, наприклад, алюмінію. Водень отримують в електрохімічному реакторі, в якому алюміній використовується як розчинний анод, а водень виділяється на додатковому катоді з матеріалу з низьким значенням перенапруги виділення H<sub>2</sub>. Потенціал алюмінію, що розчиняється у лужному середовищі, становить близько -1,2В, а потенціал виділення водню приблизно -0,8В. Таким чином, реактор працює як хімічне джерело струму з напругою близько 0,4 при щільності струму до 0,2А/см<sup>2</sup>.

При розчиненні алюмінію в лужному середовищі утворюється алюмінат лужного металу, який в результаті гідролізу за методом Байєра перетворюється на гідроксид алюмінію. Гідроксид алюмінію є відомим коагулянтом у процесах водопідготовки. Окрім того, після термообробки гідроксид алюмінію може бути сировиною для отримання алюмінію.

У другому варіанті, матеріалом розчинного аноду є брут заліза. При застосуванні кислого електроліту великої концентрації та додаткового катоду з матеріалів підгрупи платини можна одночасно отримувати водень та електричну енергію з напругою близько 0,4В. Проте вилучення іонів заліза з розчину при цьому ускладнено.

При використанні кислих хлоридних розчинів малих концентрацій для отримання водню з густиною струму більше 0,05А/см<sup>2</sup> потрібна додаткова електроенергія, тобто реактор працює як електролізер. Однак у цих умовах напруга на одиничній комірці при густині струму 0,1 А/см<sup>2</sup> становить близько 0,5-0,6 В, що втричі менше, ніж при класичному електролізі (близько 1,8В).

Використання розведених кислих хлоридних розчинів дозволяє вилучати з електроліту хлориди (гідрохлориди) тривалентного заліза і використовувати їх як коагулянти для очищення води.

НЕЧИПОРУК Т.А., ДЯЧОК В.В., СТАДНИК О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## БІОЛОГІЧНА ФІКСАЦІЯ CO<sub>2</sub> МІКРОВОДОРОСТЯМИ

*Національний університет Львівська Політехніка*

79013, вул. С.Бандери, м. Львів, Україна: [tetiana.nechyporuk.eo.2021@lpnu.ua](mailto:tetiana.nechyporuk.eo.2021@lpnu.ua)

**Abstract.** Climate change caused by carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions is one of the most important topics of concern in science, the environment, and the global economy. Carbon dioxide emissions have increased dramatically in recent years, and this trend is likely to continue with a projected increase in both global energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions of 51% in 2050 compared to 2005. To mitigate the negative consequences, the strategy of reducing bio-CO<sub>2</sub> emissions is receiving more and more attention as an environmentally friendly method. In this regard, microalgae have attracted worldwide attention due to their exceptional growth rate, resistance to harsh environments, and low production cost.

Мікрободорості відіграють визначальну роль у регулюванні клімату нашої планети. Фотосинтез є основою мікрободоростей для фіксації та зберігання CO<sub>2</sub>. В ідеальних умовах мікрободорості можуть бути в 50 разів ефективнішими ніж наземні рослини, адже ті зменшують викиди вуглецю лише на 3-6%.

Важливим є те, щоб вибрати відповідні види мікрободоростей для досягнення ефективного процесу фіксації. Різні типи мікрободоростей мають різну фіксацію CO<sub>2</sub>. На даний час найефективнішою в поглинанні вуглекислого газу є *Chlorella vulgaris*. Ця мікрободорість здатна дуже швидко розмножуватися, створюючи великі біомаси за короткий час. Це дозволяє їй поглинати значні обсяги CO<sub>2</sub>. Має високу ефективність фотосинтезу, що означає, що вона здатна перетворювати сонячну енергію в органічну речовину та кисень швидше за інші рослини. Крім того *Chlorella vulgaris* може адаптовуватись до різних умов середовища, що дозволяє вирощувати їх у різних регіонах і навіть в екстремальних умовах, адже ця культура мікрободоростей здатна виживати при температурах до 47°C, з найвищою середньою швидкістю росту при 37°C. При високій температурі або прямому сонці цей вид водоростей має вищий вихід ліпідів на 44,51% порівняно з кімнатною температурою.

Мікрободорості можна легко інтегрувати в ефективний і масштабний круговий процес з нульовим викидом C, який використовує їхню фіксацію CO<sub>2</sub> і можливості відновлення стічних вод і одночасного використання їх відходів як джерела енергії та біопалива для отримання енергії.

Поєднання фіксації CO<sub>2</sub> з димових газів, видалення домішок зі стічних вод, та культивування мікрободоростей у стічних водах і виробництво біомаси з використанням мікрободоростей може не тільки економічно конкурувати з CCS, але також бути багатообіцяючою альтернативою вловлюванню CO<sub>2</sub>.

*Перспективи.* В останні роки мікрободорості стали гарячою точкою досліджень, і з'ясування геномів мікрободоростів досягло значного прогресу в останнє десятиліття. Було розроблено нові штами *Chlorella vulgaris* такі, як: *Chlorella vulgaris* ESP – 31 283 і 359, відповідно, які стали ще ефективнішими в поглинанні CO<sub>2</sub>.

Щоб прискорити реалізацію масштабу поглинання вуглецю мікрободоростями, потрібно сприяти технологіям фіксації CO<sub>2</sub> мікрободоростями. Виходячи з цього, технологія поглинання вуглецю мікрободоростей потребує інновацій та вдосконалення відповідно до наступних аспектів: використання відповідних технологій для вибору більш ефективних штамів, процесу вирощування мікрободоростей біля теплових чи атомних станцій, адже, по-перше, мікрободорості зможуть зразу вловлювати CO<sub>2</sub> з викидів, по-друге, тепло, яке вони скидають, до 75% може покрити потребу в теплі, яка необхідна для вирощування водоростей.

*Висновки.* Мікрободорості є надзвичайно важливими організмами для фіксації CO<sub>2</sub> завдяки їхній високій продуктивності, здатності адаптуватися до різноманітних умов і можливості використання в промислових процесах. Вони здатні суттєво зменшити кількість CO<sub>2</sub> в атмосфері, що робить їх важливими для боротьби з глобальним потеплінням та зміною клімату. Подальші дослідження в галузі біотехнології та генетики можуть значно підвищити ефективність використання мікрободоростей у майбутніх екологічних і промислових проєктах.

КІЗЄЄВ М.Д., ПРОЦЕНКО С.Б., КРАВЧЕНКО Н.В., НОВИЦЬКА О.С.,  
ДЕБЕЛІЙ М.В. (УКРАЇНА, РІВНЕ)

## ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА БІОГАЗОВОЇ СТАНЦІЇ НА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ М. ЛЬВІВ

*Національний університет водного господарства та природокористування  
33028, вул. Соборна, 11, Рівне, Україна; m.d.kizieiev@nuwm.edu.ua*

**Abstract.** The results of the analysis of the efficiency of the adjusted project of the biogas plant for the production of electricity and thermal energy from the sludge produced at the Lviv WWTP are given. Loans and grants from international financial institutions and money from the Lviv City Council are used to implement the project. In the new investment project, an ego financial model was built, and indicators of its economic efficiency were determined. The necessity of the proposed measures for the successful and timely completion of the started construction is substantiated.

Основною метою роботи є економічна оцінка ефективності виробництва енергії із суміші осаду первинних відстійників та надлишкового активного мулу аеротенків на каналізаційних очисних спорудах (КОС) м. Львів. Підприємства водопровідно-каналізаційного господарства (ВКГ) несуть значні витрати на електроенергію та тепло для роботи КОС. Тому багато таких підприємств в Україні взяли курс на підвищення енергоефективності. Можливість реалізації енергоефективних проєктів на КОС постала завдяки запровадженню «зеленого» тарифу на електроенергію, вироблену з біогазу, що стимулює впровадження біогазових установок і робить термін окупності таких проєктів прийнятним для залучення інвестицій.

У попередні роки шведські компанії «SVEKO International» (у 2008 році) та «ABANOR AB» (у 2015 році) провели дослідження та розробили техніко-економічні обґрунтування для будівництва біогазової установки на львівських КОС, а ТОВ «ТЕКОС» (м. Київ) у 2016 році розробило інвестиційний проєкт (ІП) «Реконструкція очисних споруд та будівництво станції переробки мулу для очистки та утилізації стічних вод і виробництва біогазу для когенерації у м. Львові». В цьому ІП зроблена економічна оцінка запропонованих фінансовими установами кредитів та гранту. Відносно низька ефективність ІП обумовлена наявністю в ньому, крім біогазової станції, об'єктів, що пов'язані з реконструкцією КОС, а також тим, що для виплат по кредитах тариф на водовідведення не підвищувався.

Проєкт передбачав створення біогазової установки для зброджування сирого осаду та надлишкового активного мулу на КОС і використання біогазу для виробництва електроенергії і тепла в когенераційних установках. Електроенергію передбачалося реалізовувати за «зеленим» тарифом, основну частину теплової енергії – для підігрівання осаду в метантенках, а її надлишок – для опалення та гарячого водопостачання в будівлях КОС і у виробничих процесах.

Інвестиції на суму €31,5 млн. передбачалося отримати за рахунок кредитів – €15 млн. ЄБРР та €5 млн. НЕФКО, гранту Фонду ЕБР – €7,5 млн. та €4 млн. від Львівської міської ради. Реалізація Проєкту почалася у 2017 році. Перші транші кредитів та гранту надійшли у 2021 і були призупинені у 2022 році через вторгнення росії. Враховуючи результати ІП 2016 року був переглянутий склад споруд Проєкту і вилучені з нього ті з них, які не дають економічного ефекту, та прийнята ефективніша технологія консорціуму «RIKO-SAMBI» із попереднім обробленням осаду методом термічного гідролізу. Для неї розроблена проєктна документація на суму €75 млн. Отже потреба у збільшенні інвестицій у Проєкт склала €43,5 млн., які планується отримати частково за рахунок додаткових грантів, гарантії яких вже отримані. Також «Львівводоканал» змінив концепцію використання виробленої на біогазовій станції електроенергії – лише для внутрішніх потреб КОС, та обслуговування кредитів – шляхом підвищення тарифу на водовідведення за рахунок включення інвестиційної складової. Для цього необхідно звернутися в НКРЕКП, яка, починаючи з 2023 року, рекомендує включати показники інвестиційних проєктів в Інвестиційні програми підприємств ВКГ. Через це виникла необхідність актуалізації ІП 2016 року. При розробленні нового ІП враховані надходження і витрати коштів Проєкту у 2017-2024 рр. і доведена можливість погашення кредитів і відсотків по них вчасно за умови отримання додаткових грантів у сумі €15 млн. і підвищення тарифу на водовідведення для юридичних осіб та населення протягом періоду виплат по кредитах.

РЯСНА О.В., ТИМОШЕНКО Г.А., ТОЛСТОНОГОВ Д.Р.,  
НОВІКОВ М.Т. (УКРАЇНА, СУМИ)

## ІННОВАЦІЇ ДЛЯ ВІТРОУСТАНОВКИ З НИЗЬКИМИ ОБЕРТАМИ

*Сумський національний аграрний університет  
40000, вул. Герасима Кондратьєва, 160 Суми, Україна; admin@snaeu.edu.ua.*

**Abstract.** The researched development is an innovative solution for an electric generator intended for operation in wind turbines with a low rotation speed. Wind power stations (WES) operating at low speeds are equipped with electric generators capable of operating at low rotation frequencies. The most common types of such generators are asynchronous with a multipole rotor and synchronous generators with permanent magnets. An innovative type of control for electric generators is control based on intelligent systems. Such systems use technologies such as machine learning and artificial intelligence to analyze data and predict the operation of the power generator. This allows for more effective management compared to traditional approaches.

Вітроенергетика є одним із найбільш перспективних напрямів у сфері відновлюваної енергетики. Проте вітрові електростанції (ВЕС) мають певні обмеження, пов'язані з їхньою експлуатацією. Одним із таких є те, що вітер не є стабільним джерелом енергії — його швидкість і напрямок можуть значно варіюватися. Це зумовлює необхідність того, щоб ВЕС могли функціонувати на низьких обертах і ефективно виробляти електроенергію навіть при невеликій швидкості вітру.

Асинхронні генератори з багатополюсним ротором мають кілька важливих переваг, серед яких простота конструкції та відносно невисока вартість. Однак вони також характеризуються певними недоліками, такими як низька ефективність і нестабільний коефіцієнт потужності.

Ефективність таких генераторів зазвичай становить близько 83%, що пояснюється використанням повітряного збудження, яке створює значне тертя. Крім того, коефіцієнт потужності в асинхронних генераторах з багатополюсним ротором є нестабільним і може змінюватися залежно від швидкості вітру.

Синхронні генератори з постійними магнітами мають низку переваг, таких як висока ефективність та стабільний коефіцієнт потужності. Однак, їх недоліками є вища вартість і обмежений діапазон частот обертання. Ефективність таких генераторів зазвичай становить близько 92% завдяки використанню електромагнітного збудження з низьким коефіцієнтом тертя. Крім того, синхронні генератори з постійними магнітами підтримують стабільний коефіцієнт потужності, який не змінюється залежно від швидкості вітру.

Основними проблемами існуючих електрогенераторів для вітроустановок з низькими обертами є такі:

1. Низька ефективність асинхронних генераторів з багатополюсним ротором, що обмежує їх використання у вітроустановках. Хоча синхронні генератори з постійними магнітами мають вищу ефективність, їх використання обмежується більшою вартістю та малим діапазоном частот обертання.

2. Нестабільний коефіцієнт потужності асинхронних генераторів з багатополюсним ротором, який може призводити до нестабільності електропостачання. Незважаючи на стабільність коефіцієнта потужності у синхронних генераторів з постійними магнітами, їхня висока вартість і обмежений діапазон обертів залишаються великою проблемою.

Прикладом інноваційного управління є система, розроблена компанією Siemens. Вона використовує машинне навчання для прогнозування швидкості вітру та інших факторів, що впливають на роботу генератора. На основі цих прогнозів система автоматично коригує роботу генератора, створюючи оптимальні умови для його функціонування. Переваги цієї системи над традиційними методами управління включають:

1. Більш точне прогнозування роботи, що дозволяє зменшити втрати енергії.
2. Автоматичне регулювання, яке підвищує ефективність використання енергії вітру.
3. Зниження експлуатаційних витрат завдяки оптимізації процесів у режимі реального часу.

Нетрадиційні джерела енергії складають сучасну основу електроенергетики, які потребують вивчення і удосконалення, враховуючи інновації інтелектуального управління. І це приведе до збільшення виробництва електроенергії та зменшить залежність від імпортованих енергоносіїв.

SHEVCHENKO D., HORAK Y., OBUSHAK M.,  
PYSHNA D., SOBECHKO I. (UKRAINE, LVIV)

## ECOLOGICAL UTILIZATION OF PHARMACEUTICAL PRODUCTS AS AN NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCE

*Lviv Polytechnic National University*

*79013, 3/4 St. George's Sq., Lviv, Ukraine; dmytro.s.shevchenko@lpnu.ua*

**Abstract.** The problem of incomplete wastewater treatment of expired pharmaceutical products causes environmental pollution. Combustion is a safe alternative to their utilization. The availability of reliable combustion energy data will ensure optimized calculations of the heat exchange process for technological purposes.

Utilization of expired pharmaceutical products by combustion solves the problem of environmental pollution. Part of pharmaceutical compounds may not be completely removed in the process of wastewater treatment, which leads to the release into the environment and causes the emergence of drug-resistant bacteria. The approach to transforming pharmaceutical products into a source of energy minimizes this harm, thereby supporting the trend of “energy efficient technologies”. Every year, new organic compounds with a wide range of physical and chemical properties are synthesized, which must be eventually recycled or utilized. Among them are 3-(1,5-diaryl-1H-pyrrole-2-yl)propanoic acids (Fig. 1), which are pyrrole derivatives capable of exhibiting biological activity and are potential components of drugs with predetermined pharmacophore properties. However, the lack of reliable information about their combustion energy values ( $\Delta_c H_{298}^0$ , kJ/mol) does not allow optimizing technological calculations for an efficient heat exchange process involving these compounds as an unconventional energy source.

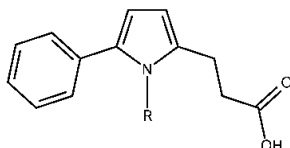


Figure 1. Structure of 3-(1,5-diaryl-1H-pyrrol-2-yl)propanoic acids:  
R = H; Ph; 4-CH<sub>3</sub>Ph; 4-OCH<sub>3</sub>Ph; C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>; 2-Furylmethyl; 3-Pyridyl; Allyl.

For this purpose, we conducted a series of experimental studies using the combustion calorimetry method with a precision combustion calorimeter B-08-MA with an isothermal shell ( $\pm 0.003$  K) and a static calorimetric bomb. The energy equivalent of the calorimetric system ( $W = 10347 \pm 7$  J/V) was determined with an accuracy of  $\pm 0.07\%$  by burning reference benzoic acid of grade K-1. At the beginning of the experiment, all acid samples were ground in a chalcedony mortar, tableted, and placed in a platinum cup. Then the tablet was tied with a cotton thread. The cup with the tablet was placed in a calorimetric bomb, which was filled with oxygen to 30 atmospheres. In each experiment, the samples were burned by discharging capacitors through a nichrome wire, which ignited a cotton thread. After each experiment, a quantitative gas analysis of combustion by-products was performed to detect the presence of mono- and dioxide, soot, and nitric acid. The amount of carbon dioxide formed during combustion was determined by the standard Rossini method with an accuracy of  $\pm 2 \cdot 10^{-4}$  g. The presence of HNO<sub>3</sub> was determined by titration with 0,1 N KOH. The amount of soot formed on the walls of the platinum cup after the acid burning experiment was determined by weighing with an accuracy of  $\pm 5 \cdot 10^{-6}$  g. Thus, the determined combustion energies (Table 1) can be used for the technological purpose of optimizing thermal processes, and are also an environmentally friendly option for the utilization of expired pharmaceutical products that would otherwise accumulate in the environment.

Table 1

Combustion energies of the studied compounds (kJ/mol)

Substitute R	H	Ph	4-CH <sub>3</sub> Ph	4-OCH <sub>3</sub> Ph	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	2-Furylmethyl	3-Pyridyl	Allyl
$\Delta_c H_{298}^0$	-6595,6 $\pm$ 2,3	-9618 $\pm$ 3,5	-10226,5 $\pm$ 3,1	-10120,8 $\pm$ 4,2	-9218,3 $\pm$ 4,3	-9083,9 $\pm$ 3,0	-9140,2 $\pm$ 4,6	-8405,6 $\pm$ 2,8

KULKO T., BODUNOV V., TERNOVSKYI R. (UKRAINE, CHERNIHIV)

## TOPOLOGICAL TASK OF DISTRIBUTED GENERATION PLACEMENT ACCORDING TO ENERGY-SAVING CRITERION

*Chernihiv Polytechnic National University  
14035, Shevchenko str., 95, Chernihiv, Ukraine; cst@stu.cn.ua*

**Abstract.** It is suggested to use the topological task (TT) for select the placement of distributed generation (DG). A TT can't be solved by methods of functional analysis, because it is a problem with variable parameters. It is shown that TT can be described analytically, provided that the conduction cross sections are unchanged in the domain of admissible solutions. This situation will be observed with considerable resistance of the power electrical system source both at autonomous feeding of consumers from DG, and at work of DG in parallel with the power system. Changing the cross sections of conductors due to the implementation of technical limitations on emergency modes causes the first-order gap in the target function. This should be taken into account when making a final decision on the placement of the DG.

Increasing the efficiency of electricity supply to consumers and reducing the negative impact on the environment in the conditions of scarce resources is possible due to the introduction of DG, modern methods of managing the operation modes of electrical installations and the rational placement of electric energy objects on a plan of area.

The topology of the electric network is proposed to understand as the space-geometric location of the set nodes of the electrical network and the connections between them fixed on the plan. This interpretation corresponds to the mathematical content of the identification the centers of electrical loads; therefore this task can be called the TT of the electric network.

As target function we suggest to use the annual losses of active power during transmission over a three-phase power grid:

$$\Delta W = 3 \sum_{i=1}^n r_{0i} \cdot l_i \cdot I_{RMSi}^2 \cdot (8760 - T_{dis.i}). \quad (1)$$

On the fig.1 are shown simulation results of criteria function surface.

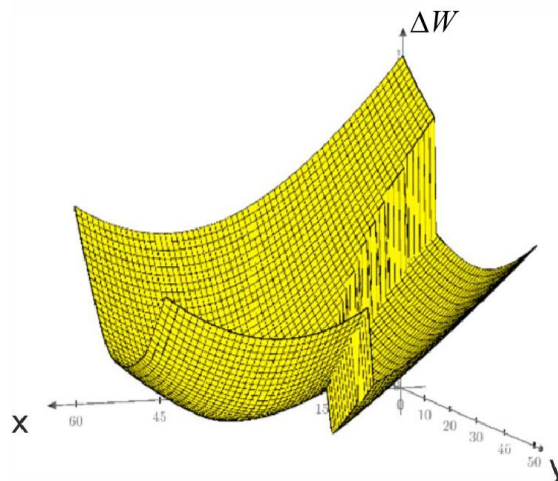


Fig.1. The electricity losses in electrical installations of the section electrical network

As can be seen, the electricity losses surface has the function break. It appears owing to the change in the cross section of the wires due to the technical limitations of the fault current. On the other side TT can be described analytically, provided that the conduction cross sections are unchanged in the domain of admissible solutions. This situation will be observed for the considerable resistance of the source of the system as with the autonomous feeding of consumers from the DG, as well as the work of the DG in parallel with the power system.



KICHURA D. (UKRAINE, LVIV)

**PROSPECTS OF RENEWABLE AND NON-TRADITIONAL  
ENERGY SOURCES IN UKRAINE**

*National University "Lvivska Polytechnic"*

*12, Stepana Banderu Str., Lviv, 79013, Ukraine; dariia.b.kichura@lpnu.ua*

**Abstract.** Today, many countries of the world are intensively increasing the share of renewable energy sources in the energy balance. Such alternative sources of energy as solar, wind, energy systems, using the possibilities of biomass of various origins, production of biogas from landfills of household waste, geothermal installations, etc. are widely used. A characteristic feature of Ukraine's modern energy industry is the development of ecologically clean energy based on non-traditional and renewable energy sources. In order to assess the energy potential of energy from renewable and non-traditional sources and establish the possible volumes of its practical use and the volumes of replacement of traditional fuel and energy resources, there is a division into three types: general, technical and expedient-economic.

Ukraine has powerful wind energy resources: the annual technical wind energy potential is 30 billion kWh. As a result of the processing of statistical meteorological data on the speed and repeatability of the wind speed, the territory of Ukraine was zoned according to wind speeds, and the specific energy potential of the wind at different heights was determined according to the zone zones. The given data are basic for the implementation of wind power equipment and are intended for use by designers of wind power facilities to establish the optimal power of wind units and back energy (electrical or mechanical) for its effective production in a specific area. In the conditions of Ukraine, with the help of wind turbines, it is possible to use 20% of the annual volume of wind energy that passes through the cross section of the surface of the windmill. The average annual amount of total solar radiation entering 1 m of surface on the territory of Ukraine ranges from 1,070 kWh/sq.m in the northern part of Ukraine to 1,400 kWh/m in the rest. The potential of solar energy in Ukraine is high enough for wide implementation of both heat energy and photoenergy equipment in almost all regions. The term of effective operation of solar energy equipment in the southern regions of Ukraine is 7 months (from April to October), in the northern regions it is 5 months (from May to September). Photoelectric equipment can be operated efficiently throughout the year. In the climate-meteorological conditions of Ukraine, the use of flat solar collectors, which use both direct and scattered solar radiation, is effective for solar heat supply. Ukraine has powerful hydropower resources of small rivers the total hydropower potential of small rivers is about 12.5 billion kWh, which is up to 30% of the total hydro potential of all rivers of Ukraine. A database has been created on the distribution of the energy potential of small rivers in the regions of Ukraine. The main advantage of small hydropower is the cheapness of electricity generated at hydroelectric power stations; the absence of a fuel component in the process of obtaining electricity when implementing small hydroelectric power plants gives a positive economic and environmental effect. Ukraine has significant resources of geothermal energy, the total potential of which in the state support program for the development of non-traditional and renewable energy sources and small-scale hydro- and thermal energy is estimated at 4,380 kWh per year, which is equivalent to fuel reserves of  $50 \cdot 10^6$  tons of fuel. In addition, resources of heated underground water, which are extracted with oil and gas by operating wells of oil and gas fields, can be attributed to promising for use on an industrial scale. The energy efficiency of bioenergy is high enough to allocate it to a separate direction of the energy economy; in Ukraine, there is sufficient energy potential of almost all types of biomass and a scientific, technical and industrial base is necessary for the development of this branch of energy. Indicators of the energy potential of biomass differ from the potential of other renewable energy sources in that, in addition to climate-meteorological conditions, the energy potential of biomass in the country largely depends on many other factors, primarily on the level of economic activity. The main biomass processing technologies recommended for wide implementation are: direct combustion, pyrolysis, gasification, anaerobic fermentation with the formation of biogas, production of alcohols and oils for obtaining motor fuel.

KICHURA D. (UKRAINE, LVIV)

**ECOLOGICAL INDICATORS OF TRADITIONAL AND RENEWABLE ENERGY***National University "Lvivska Polytechnic"**12, Stepana Banderu Str., Lviv, 79013, Ukraine; dariia.b.kichura@lpnu.ua*

**Abstract.** Energy security is the state of readiness of the country's fuel and energy complex regarding the maximally reliable, technically safe, environmentally acceptable, economically efficient and reasonably sufficient energy supply of the state economy and population, as well as regarding the guaranteed provision of the ability of the state leadership to form and implement a policy of protecting national interests in the sphere of energy without external and internal pressure. In view of this definition, the following components of energy security are distinguished: energy supply, energy independence, environmental acceptability and social stability. It should be noted that the division into components is conditional, so some mechanisms and strategic priorities for ensuring energy security will be common to its various components. This is understandable due to the multifaceted nature of the very concept of energy security, the mutual influence of its various components. The current state of energy security in Ukraine is unsatisfactory. One of the main reasons for this is the low efficiency of production, transportation and consumption of fuel and energy resources, the lack of an active energy conservation policy in the country. The impact of energy efficiency measures on energy security is multifaceted and significant, which is reflected in the state of energy security.

The main components of the global environmental problem are: complications associated with obtaining the necessary substances, energy, and information from the natural environment; pollution of the environment by production waste. On average, one inhabitant of the Earth throws away 1 ton of household waste per year. The largest amount of harmful and toxic waste is produced in developed countries (for example, in the USA – 6 times more than in other countries); disruption of information connections in nature, impoverishment of biological and landscape diversity; deterioration of the health of the population, the state of the economy, and social stability. The difficult environmental situation in Ukraine, caused to a large extent by the harmful emissions of traditional energy enterprises, also requires the implementation of energy-saving measures. There is a certain dependence between the consistent implementation of a policy aimed at increasing energy efficiency (through the implementation of energy-saving measures) in all areas of the national economy, and environmental protection (through a positive impact on the environment). Effective energy consumption in the sectors of the economy and by the population will reduce the overall use of energy resources, which will, accordingly, lead to a decrease in environmental pollution, in particular, a reduction in gas emissions into the atmosphere that occur in industrial processes of energy production. The improvement of the ecological state of the environment will also be facilitated by the introduction of energy-efficient technologies, equipment, appliances, household energy devices; the use of non-traditional and renewable energy sources, alternative types of fuel that will ensure savings or replacement of energy resources, extraction technologies, the production and use of which are environmentally unacceptable. Therefore, during the planning and implementation of the policy of energy saving and increasing the energy efficiency of production in Ukraine, it is necessary to combine these issues with the problems of ecology into a single state policy for the development of the state's economy. Energy-saving measures should have a positive ecological impact on the environment, and, conversely, in the process of evaluating the costs of reducing harmful emissions, it is necessary to take into account the economic benefits from energy saving, i.e. the payback of these costs. Problems of the industrial and fuel-energy complex. The current ecological situation in Ukraine can be characterized as a crisis that was formed over a long period of time due to the neglect of the objective laws of development and reproduction of the natural resource complex of Ukraine. Structural deformations of the national economy took place in the state, during which priority was given to the development of raw materials and mining, the most ecologically dangerous branches of industry. If we consider this issue in more detail in relation to Ukraine, then it got an unnatural, artificially created system of industry, where a hypertrophied high share is occupied by the mining, metallurgical and chemical industries, consisting of "supergiants" with outdated production technologies that are extremely material- and energy-intensive, which pollutes heavily environment.

КЕБАЛО І.Ю., ДЖУРА Н.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ І ГУМАТІВ НА РІСТ КУКУРУДЗИ (*ZEA MAYS* L.) ГІБРИДУ ДОСТАТОК 300 МВ

*Львівський національний університет імені Івана Франка*  
*вул. Саксаганського, 1, м. Львів, 79005, Україна,*  
*e-mail: ira.boretska2017@gmail.com*

**Abstract.** Emphasis is placed on energy culture *Zea mays* L. of Dostatok 300 MV hybrid. The peculiarity of *Z. mays* is that it has a high potential for use in biogas production due to the significant content of biomass and energy capacity. *Z. mays* can become an important source of biomass for biogas production.

Забруднення природного середовища внаслідок війни в Україні є однією з багатопланових проблем охорони довкілля. Відновлення родючості техногенно забруднених ґрунтів є складним науковим завданням сучасності, потребує проведення комплексу фізико-хімічних і біологічних заходів. Ми досліджуємо питання фіторемедіації забруднених територій та можливі шляхи підвищення стресостійкості рослин у техногенно змінених умовах. На українському ринку з'явилися препарати на основі гумінових і фульвових кислот з низьким вмістом домішок та високим ступенем біологічної активності. Ці препарати мають попит в усьому світі як антистресанти і стимулятори росту, вони забезпечують тривалу мобілізацію у ґрунті основаних елементів мінерального живлення (N, P, K) і покращують водний режим ґрунту. Гумінові препарати, зокрема, гуміфілд форте є поліфункціональним препаратом з біозахисними властивостями, що забезпечує активний ріст і розвиток культури, формування високого і якісного врожаю, підвищує стресостійкість рослин до несприятливих умов довкілля. Кукурудза як зернова культура широко використовується в сільському господарстві, а також проявляє акумулятивний і ремедіаційний потенціал; біомаса кукурудзи може стати важливим джерелом для виробництва біогазу. З огляду на актуальність проблеми, метою дослідження було вивчення впливу техногенно забруднених ґрунтів і гуматів на ріст енергетичної культури кукурудзи (*Zea mays* L.) гібриду Достаток 300 МВ.

Польові дослідження закладали на дослідній ділянці смт. Великий Любінь, що на Львівщині. Для досліджень використовували техногенно забруднені ґрунти, які відбирали біля автотраси зі сполученням Львів – Самбір (№2), з території, де впали уламки ракет у 2023 році (№3) і з території спиртзаводу (№4). Контролем був умовно чистий ґрунт (№1). На підготовлену ділянку розміром 1×1 м<sup>2</sup> вносили по 9 кг ґрунту, відібраного з вказаних територій і висаджували насіння *Z. mays*, попередньо замочене у воді та в розчинні гуміфілд форте (0,2 г на 1 л води) за схемою: №1- контроль (умовно чистий ґрунт №1) + *Z. mays*; №2 - контроль (умовно чистий ґрунт №1) + *Z. mays* + гуміфілд форте; №3 - техногенно забруднений ґрунт №2 + *Z. mays*; №4 - техногенно забруднений ґрунт №2 + *Z. mays* + гуміфілд форте; №5 - техногенно забруднений ґрунт №3 + *Z. mays*; №6 - техногенно забруднений ґрунт №3 + *Z. mays* + гуміфілд форте; №7 - техногенно забруднений ґрунт №4 + *Z. mays*; №8 - техногенно забруднений ґрунт №4 + *Z. mays* + гуміфілд форте.

Ріст є одним з найважливіших параметрів, який характеризує відповідь рослини на стрес. Результати досліджень виявили, що використання гуміфілд форте у варіанті №4 сприяло збільшенню морфометричних показників рослин *Z. mays*: висоти пагона, довжини і ширини листків, нагромадженню біомаси майже удвічі; рослини були стійкішими і міцнішими порівняно з варіантом №3. Отримані результати є інформативними при розробці фіторемедіаційних технологій для відновлення деградованих ґрунтів. Застосування препарату гуміфілд форте не дало бажаного ефекту на ростові показники *Z. mays*, які росли на техногенно забрудненому ґрунті (варіант №6 і №8). Проведені дослідження дають змогу зробити висновок, що техногенно забруднені ґрунти потребують детального дослідження і впровадження заходів, які забезпечили б поліпшення їхнього якісного стану, зокрема визначення оптимальних умов для проведення фіторемедіації.

БЛЮК В.М., КАРАЧУН М.С., ТИМЧУК І.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## БІОВОДЕНЬ, НОВЕ ЕКОЛОГІЧНЕ ПАЛИВО

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна.*

**Abstract.** The depletion of fossil fuel reserves and their harmful effects, such as air pollution and greenhouse gas emissions, underscore the urgent need for renewable energy sources. Hydrogen is emerging as a promising alternative, offering flexibility and low carbon emissions. It can be produced from various methods, including fossil fuels, natural gas, water electrolysis, and biological processes like biomass utilization. Electrolysis powered by renewable energy is particularly notable for generating clean hydrogen, or green hydrogen, with zero emissions. Biohydrogen, produced from biomass or biogas, provides a sustainable approach, potentially achieving carbon neutrality when sourced from waste materials. While 96% of global hydrogen is still derived from fossil fuels, the 2020 Hydrogen Strategy highlights hydrogen's role in achieving climate neutrality by 2050. Utilizing local biogas for biohydrogen production can enhance energy independence and reduce reliance on imports, offering an eco-friendly and cost-effective energy solution. Ongoing investment in research and development is essential for advancing hydrogen technologies and meeting sustainable energy goals.

Вичерпання запасів викопного палива та негативні наслідки його спалювання, такі як забруднення повітря та викиди парникових газів, підкреслюють нагальність переходу до відновлюваних джерел енергії. У зв'язку з загостренням екологічних проблем і необхідністю переходу до стійких енергетичних рішень, пошук ефективних і чистих енергетичних технологій стає першочерговим завданням. Одним із найбільш перспективних напрямків є розробка водню як альтернативи викопному паливу. Водень можна розглядати як паливо, яке поєднує переваги викопного палива (гнучкість, ефективність) із низьким вмістом вуглецю. Він не виділяє жодних викидів або парникових газів під час перетворення в енергію, що робить його перспективним кандидатом на альтернативне джерело енергії.

Сучасні дослідження активізуються для створення водню як важливого елемента в енергетичній інфраструктурі. Водень виробляється з різних джерел, включаючи викопне паливо, природний газ, електроліз води та біологічні процеси, такі як використання біомаси. Найпопулярнішим методом залишається каталітичний риформінг метану та інших вуглеводнів, проте він має суттєві недоліки, зокрема високу вартість та негативний вплив на навколишнє середовище. Електроліз води, що використовує відновлювальні джерела енергії, стає дедалі популярнішим. Цей процес виробляє чистий водень і кисень, не завдаючи шкоди довкіллю. Зелений водень, що отримується в результаті електролізу, забезпечує енергетичну щільність, що перевищує показники літій-іонних батарей, які активно використовуються на сьогодні.

Виробництво біоводню є перспективним напрямом для декарбонізації водневого виробництва в Європі. Біоводень – це зелена форма водню, що виробляється з біомаси або біогазів, і може бути вуглецево нейтральним або навіть негативним при використанні сировини з відходів. В процесі виробництва біоводню утворюються побічні продукти, такі як біогенний CO<sub>2</sub>, дигестат або вугілля, що сприяють сталому розвитку і зберігають вуглець у ґрунті. Попри те, що 96% світового водню досі виробляється з викопного палива, біологічні технології на основі біомаси стали екологічною альтернативою. Стратегія водневої економіки 2020 року підкреслює важливість водню для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Проте зменшення вуглецевого сліду водневого виробництва залишається значним викликом.

Використання місцевого біогазу для виробництва біоводню може знизити залежність від імпорту газу та підвищити енергетичну незалежність. Біоводень може забезпечити зелену енергію для сільських районів і зменшити вразливість до коливань цін на природний газ. Цей вид пального не тільки екологічно чистий, а й має потенціал бути дешевшим у виробництві в порівнянні з іншими формами зеленого водню. Біоводень і водень загалом представляють собою важливі елементи для переходу до сталих джерел енергії. Незважаючи на численні виклики, пов'язані з технологіями виробництва та економічними умовами, їхнє використання може суттєво знизити вуглецевий слід і підтримати екологічну стійкість. Подальші інвестиції в дослідження та розвиток технологій виробництва водню та біоводню є критично важливими для досягнення цілей сталого розвитку та кліматичної нейтральності в найближчому майбутньому.

БУЧКА А.В., ПРИХОДЬКО В.Ю. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ В КОНТЕКСТІ ВІДХОДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ: АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 65082, вул.. Всеволода  
Змієнка, 2, Одеса, Україна; andriibuchka@gmail.com*

**Abstract.** The increasing use of photovoltaic panels as a source of electricity contributes to the sustainable development of the energy sector, but at the same time, it creates growing challenges in the management of waste electrical and electronic equipment. The share of photovoltaic panel waste in the overall mass of electronic waste is steadily increasing. This issue becomes even more pressing due to the intensive implementation of new solar power plants in the context of policies aimed at reducing fossil fuel consumption and transitioning to alternative energy sources.

Сонячна енергетика є найбільш зростаючим сектором відновлювальної енергетики в світі, що обумовлено постійним зниженням вартості виробництва та зростанням обсягів інвестицій у виробництво та впровадження в експлуатацію фотоелектричних панелей (ФЕП). За останні 14 років сумарна встановлена потужність ФЕП зростає з 40 ГВт до понад 1,4 ТВт, що еквівалентно 35 кратності росту. І за прогнозами до 2050 року, сумарна потужність встановлених ФЕП може сягнути 4,5 ТВт. Так, станом на 2022 р. в ЄС 18,2% спожитої відновлювальної енергії було отримано від сонячної енергетики. В Україні цей показник знаходиться на рівні 5%.

Однак така тенденція росту має і зворотний бік – це стрімке зростання обсягів утворення відходів ФЕП. Середній термін експлуатації ФЕП становить близько 30 років, після чого їх експлуатація вважається нерентабельною і виникає питання їх утилізації. Окрім зношення панелей, внаслідок закінчення терміну експлуатації, є ще й передчасні втрати, які спричинені механічними пошкодженнями чи іншими факторами.

Не зважаючи на те, що ФЕП позиціонується як екологічно-дружнє джерело енергії, що використовує відновлювані джерела енергії, проблема утилізації відходів постійно зростає. Так, очікується, що до 2050 року обсяги відходів електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) (без врахування ФЕП) зростуть до 120 млн тонн, в той час, як кількість відпрацьованих ФЕП може досягнути 60-78 млн тонн, що становить приблизно половину від утвореної маси ВЕЕО.

Такі темпи росту утворення ВЕЕО та відпрацьованих ФЕП зокрема, створюють виклик для існуючих систем управління відходами. Важливим аспектом є питання поводження з матеріалами, з яких складаються панелі. Типова кристалічна фотоелектрична панель, на яку припадає 97,5% від загальної кількості ФЕП, містить 76% скла, 10% полімеру, 8% алюмінію, 5% кремнію та 1% міді. Крім того, у складі панелей містяться рідкісні та токсичні метали, як-от срібло, індій, галій та свинець, кадмій, олово, які можуть спричинити додаткові екологічні загрози за відсутності комплексного підходу щодо обробки та можливого подальшого рециклінгу металів. Отже, відходи ФЕП – це, з одного боку, небезпечні відходи, а з іншого – потенційна вторинна сировина.

Наразі більша частина відходів ФЕП не переробляється через відсутність системи переробки, що спричиняє певні наслідки у довгостроковій перспективі. Для зменшення негативного впливу на довкілля, потрібно вкладати інвестиції не лише в виробництво та експлуатацію, але і в розвиток стратегії утилізації відходів ФЕП, враховуючи постійний зростаючий їх обсяг. Як варіант, можна розглядати поширення принципу розширеної відповідальності виробника (РВВ) на відходи ФЕП.

Таким чином, зростання кількості ФЕП є важливим фактором у формуванні ВЕЕО, що потребує адекватного врегулювання на державному рівні. Розробка національних і міжнародних програм з утилізації ФЕП, а також дослідження можливостей повторного використання матеріалів, є критично важливими для мінімізації екологічних ризиків у майбутньому. До того ж наявність рідкоземельних елементів в складі різновиду відпрацьованих ФЕП, роблять їх потенційним джерелом критичної сировини, яка є визначальним фактором економічного розвитку.

TOKARCHUK D. (UKRAINE, VINNYTSIA)

## THE USE OF THE ENERGY POTENTIAL OF AGRICULTURAL WASTE TO INCREASE THE SUSTAINABILITY OF THE ENERGY SUPPLY OF ENTERPRISES

*Vinnitsia National Agrarian University*

*21008, 3, Soniachna Str., Vinnitsia, Ukraine; tokarchyk\_dina@ukr.net*

**Abstract.** Today, Ukraine is going through a difficult period of martial law, temporary occupation of territories. Among the problems in the functioning of the production sphere, next to global security problems, there is the task of sustainable supply of energy resources. It's necessary to use all available internal potential for this. A separate role in this process is occupied by the use of alternative energy sources, in particular, biofuels. One of the most optimal options, given the agrarian orientation of our country, is the use of the energy potential of agricultural waste.

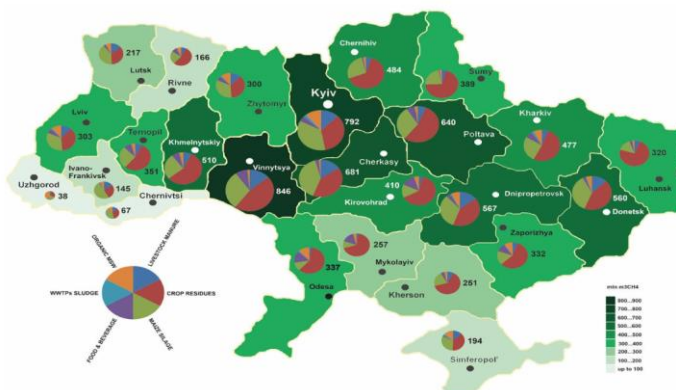
It is the organic part of the agricultural waste that has energy potential, and an anaerobic fermentation with the biogas production is the most available technology of obtaining energy from it. Organic waste of different types: of plant origin, of animal origin, waste from food and beverage industries, waste of anthropogenic origin can be used as a feedstock for biogas production.

Biogas and biomethane production from organic waste is actively developing in Europe. Investigating production of biogas and biomethane concerning the overall gas consumption in 2022 in the fifteen largest European countries showed that Denmark and Sweden are leaders in this area.

Biogas and biomethane has become a key component of global energy and climate policy in 2022-2023. Factors such as: the reaction to energy security concerns due to Russia's war against Ukraine and the global energy crisis, the urgency of solving the problem of climate change, have led to the creation of new strategies in Europe, the USA, Brazil, India.

Since Ukraine is an energy-deficit country the use of biogas and biomethane has a great economic importance. The production of own energy carriers for the decentralization of energy supply becomes critical for Ukraine during the hostilities.

Our country has a great potential for the production of biogas and biomethane. The data of the Bioenergy Association of Ukraine shows that the potential for biomethane production in Ukraine is concentrated mainly in the Central, Southern and Eastern regions (Fig. 1). When evaluating it, such sources of feedstock as post-harvest residues, corn silage, manure and litter, wastewater from the food industry, organic fraction of municipal solid waste were considered.



БЛОКІННА І.Д. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

**«ЗЕЛЕНІ» ЕНЕРГЕТИЧНІ КООПЕРАТИВИ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ  
СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ**

*Вінницький національний аграрний університет  
21008, вул. Сонячна, 3, Вінниця, Україн, rector@vsau.org*

**Abstract.** The article is devoted to the actual problem of energy dependence of rural areas and offers energy cooperatives as an effective tool for its solution. The author analyzes the advantages of such cooperatives, in particular, reducing energy dependence, increasing energy efficiency, developing the economy, reducing greenhouse gas emissions, and strengthening communities. At the same time, the author identifies barriers to the development of energy cooperatives in Ukraine, such as an insufficient legal framework, limited access to financing, and a low level of public awareness. Based on the analysis, the author suggests ways to develop energy cooperatives

Сучасні виклики в енергетиці та екології вимагають пошуку нових підходів для забезпечення енергоне залежності сільських територій. Одним із найбільш перспективних рішень є створення та розвиток енергетичних кооперативів, які сприяють не тільки енергетичній автономії, але й стійкому соціально-економічному розвитку громади.

Енергетичний кооператив — це об'єднання фізичних та юридичних осіб, які створили кооператив коштом власних пайових внесків. Вони управляють кооперативом та отримують прибутки від його діяльності. Незалежно від розміру паю один член має один голос, однак прибутки розподіляються пропорційно до розмірів паїв.

Енергетичні кооперативи дозволяють сільським громадам стати енергоне залежними за рахунок спільного виробництва і використання відновлюваних ресурсів, таких як сонячна енергія, вітер, біомаса та гідроенергія.

Енергетичні кооперативи відіграють важливу роль у зміцненні соціальної та економічної стійкості сільських територій. Їх вплив можна охарактеризувати наступними аспектами:

- створення робочих місць;
- зміцнення громад: спільне управління енергетичними ресурсами сприяє зміцненню соціальної єдності та залученню мешканців до прийняття рішень;
- розвиток підприємництва: енергетичні кооперативи можуть створити додаткові можливості для місцевих підприємців, які залучаються до виробництва, продажу та технічного обслуговування енергетичних об'єктів.

Бар'єри для розвитку енергетичних кооперативів в Україні: недостатня законодавча база (відсутність чітких та зрозумілих правил для створення та функціонування кооперативів), обмежений доступ до фінансування (відсутність доступних кредитних програм для фінансування енергетичних проєктів), низький рівень обізнаності населення (недостатня інформація про можливості та переваги енергетичних кооперативів), бюрократичні перешкоди (кладні процедури отримання дозволів та підключення до енергомережі).

Шляхи розвитку «зелених» енергетичних кооперативів в Україні:

- спрощення законодавства: розробка та прийняття закону про енергетичні кооперативи, який би регулював їхню діяльність та створював сприятливі умови для розвитку;
- підтримка з боку держави: надання фінансової підтримки, технічної допомоги та інформаційної підтримки для створення та розвитку кооперативів;
- проведення інформаційних кампаній: поширення інформації про переваги енергетичних кооперативів серед населення.

Енергетичні кооперативи є перспективним інструментом для забезпечення енергоне залежності та сталого розвитку сільських територій. Вони дозволяють залучати громади до вирішення енергетичних проблем, створювати нові робочі місця та сприяти розвитку економіки.

ОХОТА Ю.В. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ВИРОБНИЦТВО БІОМЕТАНУ В УКРАЇНІ – ШЛЯХ ДО ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

*Вінницький національний аграрний університет*

*21008, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, yuliaokhota2017@gmail.com*

**Abstract.** The research is related to the need for domestic production of biofuels and the disclosure of the country's potential in this direction in order to ensure energy independence of rural areas. The advantages of introducing biomethane production as a full substitute for natural gas are described. Taking into account the domestic potential and raw material base for the production of biomethane, the forecast of its production in Ukraine in 2030 and 2050 is indicated.

Біопаливо стає все більш важливим джерелом енергії, що обумовлено його екологічністю, стійкістю та потенціалом для заміни викопного палива. На глобальному рівні енергія з відновлюваних джерел є однією з найбільш обговорюваних тем у Європі та в усьому світі, оскільки очікується, що основні відновлювані джерела енергії вичерпаються протягом 40-50 років. Згідно з прогнозом Світової енергетичної ради, до 2050 року споживання енергії на планеті Земля зросте більш ніж удвічі, при цьому 40% енергетичних потреб буде забезпечуватись за рахунок поновлюваних джерел енергії, в т.ч. 31% з них припадає на біоенергетику.

Агропромисловий комплекс України, з його значним потенціалом сировинної бази, може стати ключовим фактором у вирішенні проблеми енергетичної залежності держави. Особливої уваги заслуговує біометан як газоподібне біопаливо, яке виступає повноцінним заміником природного газу та є абсолютно готовим для закачування в газову мережу вже сьогодні. Як відомо, найбільш ефективною сировинною базою для виробництва біометану в Україні слугує агробіомаса. Зокрема, це тваринні рештки (гній ВРХ та свиней, пташиний послід), рослинні рештки (солома злакових, стебла кукурудзи та соняшника, жом буряків, меляса та інше).

Біометан має потенціал не лише зменшити використання природного газу та імпорту нафти, але й створити нові можливості для розвитку сільських територій та підтримки економіки країни, що є вкрай важливо в період військового стану та повоєнної відбудови держави. Вироблене локально біопаливо може використовуватися для опалення, енергозабезпечення місцевих підприємств та домогосподарств. Загалом особливістю біометану є його широкий спектр застосування, зокрема біометан для ТЕЦ, біометан для транспорту, біометан для виробництва теплової енергії і для використання в промисловості, біометан для експорту.

Окрім енергетичної незалежності, не менш важливими перевагами виробництва біометану для сільських територій є:

- економічні вигоди: створення робочих місць, починаючи від фермерських господарств і закінчуючи підприємствами з переробки; диверсифікація аграрної продукції; додаткові джерела доходу;

- екологічні ефекти, які полягають у скороченні викидів парникових газів, вирішенні проблем утилізації сільськогосподарських відходів, зменшенні забруднення повітря та покращенні якості навколишнього середовища в цілому;

- соціально-економічна стабільність, яка сприятиме підвищенню рівня життя у сільських громадах, забезпечуючи стабільний дохід та розвиток місцевої інфраструктури, а також зниженню міграції населення з сільських територій до міст країни або інших країн, зберігаючи трудові ресурси в сільському господарстві.

За прогнозами експертів Біоенергетичної асоціації України, потенційно, Україна може виробляти до 10 млрд м<sup>3</sup> біометану/рік, переважно з аграрних відходів і залишків, а також побутових відходів та інш. За їх оцінками, реально досягти виробництва біометану в Україні обсягом 1 млрд м<sup>3</sup> у 2030 р. і 4,5 млрд м<sup>3</sup> у 2050 р. З них для споживання на ТЕЦ планується 0,23 млрд м<sup>3</sup> у 2030 р. і 0,79 млрд м<sup>3</sup> у 2050 р.

Отже, українським аграріям необхідно активно долучитися до виробництва біометану з врахуванням світового практичного досвіду цього напрямку, особливо якщо вони володіють великими земельними угіддями або займаються тваринництвом, задля забезпечення стабільного доходу і сталого розвитку сільських територій.



ГОНЧАРУК І.В. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ БІОГАЗОВИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БІООРГАНІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

*Вінницький національний аграрний університет*

*21008, вул. Сонячна, 3, Вінниця, Україна; vnaunauka2024@gmail.com*

**Abstract.** The research is devoted to the study of the potential of biogas plants' digestate as a high-quality organic fertilizer that can provide environmentally friendly development of the agro-industrial complex. The essence of the European Green Deal, the role of biogas production and the use of digestate in achieving a climate-neutral economy have been considered. The agricultural greening index has been calculated on the basis of calculating the ratio of the amount of the active substance, the rate of mineral fertilizers; its levels have been determined according to the regions of Ukraine and strategies for the use of digestate have been developed depending on the level of environmentalization of the region.

Для України як аграрної країни особливо важливими є такі напрями European Green Deal як стійка аграрна політика, кліматична дія та чиста енергія. Щоб досягти еко-цілей Європейського Зеленого Курсу до 2030 р. потрібно замінити внесення мінеральних добрив, органічними, що сприятиме зростанню родючості ґрунтів та зниженню їх мінералізації. Одним із варіантів збільшення обсягів отримання власних органічних добрив в Україні є нарощування біогазових потужностей. У 2022 році в Україні функціонувало 61 підприємство у сфері виробництва біогазу на балансі яких перебувало 50 біогазових об'єктів із сумарною встановленою потужністю 127,219 МВт, які забезпечили виробництво електроенергії на рівні 183,643 млн кВт\*год. У таких біогазових установках під час реакції утворюється біогаз і дигестат. Дигестат, що утворюється в біогазових установках, – залишки сировини, побічних продуктів та відходів тваринного або рослинного походження, в суміші або ні, що утворюються в результаті контрольованого процесу анаеробного зброджування з виділенням біогазу. З огляду на походження первинної сировини метаногенезу та біологічних процесів її трансформації, дигестат використовують в якості альтернативних органічних добрив та покращувачів ґрунту, що відповідає вимогам, встановленим європейським законодавством.

У середньому, на 1 МВт потужності біогазової установки за рік утворюється 40-50 тис. т дигестату. Відповідно, на всіх діючих біогазових установках України можна отримати дигестату приблизно 5 млн т на рік. Дигестат містить всі макроелементи (азот, фосфор, калій, кальцій); мікроелементи (мідь, цинк, магній, бор, молібден, марганець, залізо, кобальт). Залежно від вхідної сировини в 1 т дигестату міститься 103-129 кг діючої речовини (NPK): азоту (N) – 20-22 кг; фосфору (P) – 81-101 кг; калію (K) – 2-6 кг. 1 тонна дигестату (добрива) відповідає 3,5-5,5 т підстилкового гною за вмістом діючої речовини, тобто річний обсяг дигестату, виробленого на біогазових комплексах України може замінити понад 17 млн т гною.

Для того, щоб відрізнити системи землеробства за рівнем їх екологізації, запропоновано їх класифікацію за ознакою норми органічних добрив у природних зонах, т/га і визначено рівні екологізації землеробства: інтенсивний, наростальний, спадний і екстенсивний. Проаналізувавши розрахунковий індекс екологізації та рівень екологізації землеробства по областях України, можна дійти висновку, що у більшості областей рівень екологізації землеробства екстенсивний, що є вкрай негативним та засвідчує стан хімізації землеробства і жоден регіон не досяг інтенсивного рівня екологізації землеробства, що є вкрай загрозовою тенденцією, яка не сприяє відновленню гумусу у ґрунтах. Розрахувавши прогнозований індекс екологізації та рівня екологізації землеробства в областях України з використанням потенціалу дигестату як органічного добрива, ми дійшли висновку, що використовуючи потенціал дигестату, як органічного добрива, під час вирощування сільськогосподарських культур, можна досягти стану екологічного землеробства майже у всіх регіонах України, за виключенням тих, у яких відсутні діючі біогазові станції. Таким чином, застосування дигестату як органічного добрива сприятиме екологізації сільського господарства та досягненню еко-цілей European Green Deal.

## **СЕМІНАР 3**

**ІННОВАЦІЙНІ ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ.  
ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ, ВОДИ ТА ЕНЕРГІЇ.  
ЕКОІНОВАЦІЇ В АРХІТЕКТУРІ**

КРУПІЄЙ К.С., БОБРОВСЬКА О.Д., КРАВЧЕНКО Г.В. (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ)

## КАРОТИНОСИНТЕЗУВАЛЬНІ ДРІЖДЖІ ЯК МОДЕЛЬНІ ОРГАНІЗМИ У БІОІНДИКАЦІЇ СОЛЕЙ КУПРУМУ (II) В ПІСНИХ ВОДОЙМАХ

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет  
69035, просп. Маяковського, 26, м. Запоріжжя, Україна; mail@mphu.edu.ua

**Abstract.** A study was conducted to identify the indicative features (pigment color intensity) of *Rh. glutinis* УКМ-1333 and *R. sphaerocarpum* УКМ-44 under the influence of Cu (II) salts. *Rh. glutinis* was effective for the indication of  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , and *R. sphaerocarpum* was informative for the indication of  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , since these cultures gradually reacted with a change in the indication sign with increasing salt concentration. A strong correlation ( $r = 0.8$ ) was found between the visual assessment of yeast pigment color and the concentration of carotenoids in cells under the influence of Cu ions.

Вивчення біоіндикаційних властивостей мікроорганізмів та пошук нових ознак для їх використання як індикаторів є важливим і актуальним завданням, спрямованим на вдосконалення екологічного моніторингу та збереження навколишнього середовища. Метою роботи було дослідити вплив солей  $\text{Cu}^{2+}$ , як одних із найрозповсюдженіших поліантів у промисловості, на пігментосинтезувальну активність дріжджів.

Пігментосинтезувальну активність визначали візуально, порівнюючи дослідні зразки з контролем, за 5-тибальною системою: ріст – наявність росту культури (++++ – суцільний, +++ – добрий, ++ – помірний, + – слабкий, - – відсутній); пігментоутворення – наявність пігментації колоній (++++ – інтенсивне, +++ – добре, ++ – помірне, + – слабе, - – відсутнє, ± – наявність пігментних та апігментних колоній). Для кількісного вираження змін в кольорі пігментів за дії сполук Купруму (II) розраховували значення dE (табл. 1). Результати дослідження показали, що з підвищенням концентрації йонів Купруму, дріжджі втрачали здатність синтезувати пігменти (каротиноїди) й різниця в інтенсивності кольору пігментів, розрахована у програмі CIEDE 2000 на основі показників каналів кольорової моделі Lab, що були отримані в Adobe Photoshop 2021, зростала [Пат. на винахід № 108287 Україна].

Таблиця 1

### Результати розрахунку dE між контролем та дослідними зразками дріжджів, які зазнали впливу солей Купруму (II)

Cu <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	CuCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CuCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
	<i>Rh. glutinis</i> УКМ-1333			<i>R. sphaerocarpum</i> УКМ-44		
К	Різниця в інтенсивності кольору пігментів (dE) між контролем (К) та дослідними зразками, умовні одиниці					
50	3,4±0,02	12,01±0,1	20,0±0,8	5,9±0,02	8,8±0,01	9,7±0,05
100	6,0±0,04	12,2±0,04	26,6±1,3	7,6±0,03	8,8±0,09	13,4±0,4
200	17,4±0,3	18,8±0,2	27,7±1,0	8,2±0,03	8,5±0,1	16,5±0,8
300	17,6±0,9	21,7±1,2	-	14,3±0,4	10,6±0,04	18,7±0,8
350	24,4±1,2	23,6±0,9	-	16,2±0,8	13,8±0,3	-

Для підтвердження ефективності використання шкали візуальної оцінки пігментоутворення мікроорганізмів було проведено дослідження щодо спектрофотометричного визначення кількісного вмісту каротиноїдів у дріжджах [Сльчищева Ю.В., 2018]. Порівнюючи візуальну оцінку кольору пігментів дріжджів та концентрації каротиноїдів в клітинах було встановлено наявність сильного кореляційного зв'язку ( $r$ -Спірмена = 0,8). Залежність ознак статистично значуща ( $p < 0,05$ ). Результати дослідження вказують на те, що візуальна оцінка кольору пігментів може бути ефективно використана для біоіндикації важких металів та інших забруднень у водних екосистемах. Отримані дані також мають потенціал для подальших наукових розробок у галузі біоіндикації та екотоксикології, розширюючи знання про індикаторні властивості дріжджів та сприяючи розробці нових методів оцінки екологічного стану довкілля.

ГЛІКІНА І.М., ЗУБЦОВ Є.І. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ТЕХНОЛОГІЯ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ ЯК МЕТОД ЗНЕШКОДЖЕННЯ ВІДХОДІВ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
02000, вул. Іоанна Павла II, 17, Київ, Україна; irenne5555@ukr.net*

**Abstract.** The technology of aerosol nanocatalysis has shown its potential for chemical processes in relation to the ecological direction, especially in the disposal of industrial and household waste. Aerosol nanocatalysis technology has no analogues in the world. It is promising for the development of chemical, oil refining and other types of industry. The technology may also be considered a resource-saving technology.

Більше 100 років відомим напрямком хімічного перетворення є гетерогенний каталіз. Цей напрям використовує гетерогенний каталізатор, де активний компонент нанесений на пористий носій. Дуже розповсюджені хімічні перетворення у реакторах з псевдозрідженим шаром каталізатору. Завжди існували труднощі у використанні подібного каталізатору. Основними з них є швидке стирання поверхні каталізатора, закупорка пор носія. Це в першу чергу призводить до зменшення часу роботи каталізатора та швидкому його дезактивації. Для гетерогенного каталізатору на носії у псевдозрідженому шарі існують труднощі використання як з технологічної, так і фінансової доцільності.

У 80-х роках був знайдений спосіб вирішення труднощів гетерогенного каталізу на носії. Пізніше даний спосіб був визначений як перспективна технологія аерозольний нанокаталіз. Технологія була розроблена групою українських вчених (м. Северодонецьк, Луганська обл.) під керівництвом проф. Глікіна М.А. Дана технологія використовує гетерогенний каталізатор без носія, тільки активний матеріал. Це дозволяє вирішити усі труднощі використання каталізатору на носії у псевдозрідженому шарі. Технологія аерозольного нанокаталізу показала свою перспективність у хімічних процесах окиснення органічних й неорганічних речовин, процесах утилізації й знешкодження промислових й побутових відходів різного агрегатного стану, процесах синтезу й переробки нафтових продуктів.

Було виявлено основні особливості перебігу хімічних реакцій в аерозолі каталізатору: енергія матеріальних потоків є достатньою для активації хімічної взаємодії; рівнодоступність реагентів до поверхні каталізатора. Основні стадії технології аерозольного нанокаталізу представлені блок-схемою (рис. 1).

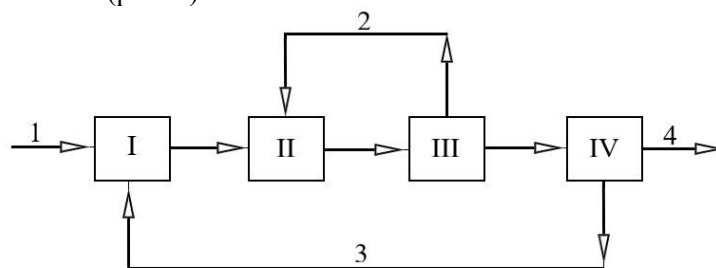


Рис. 1. Блок-схема основних стадій перебігу хімічних перетворень за технологією аерозольного нанокаталізу  
I – стадія підготовки сировини; II – реакційна стадія; III – стадія відділення каталізатору від газового потоку; IV – стадія очищення газового потоку від залишків сировинних продуктів чи продуктів недоокиснення; 1 – вихідна сировина; 2 – рецикл каталізатора; 3 – рецикл продуктів недоокиснення; 4 – газовий потік у атмосферу

За результатами наукових досліджень було розроблено та введено в експлуатацію чотири дослідно-промислових установки, у тому числі мобільного зразку. Лабораторними дослідженнями встановлені способи зрідження аерозолу каталізатору: псевдозрідження, віброзрідження та обертальний шар. Більшість процесів було спрямовано на знешкодження відходів промислових виробництв й побутових відходів, а також розробку процесів синтезу енерго- й ресурсозберігаючого напрямку.

КОЛОДЧЕНКО А.<sup>1</sup>, САКАЛОВА Г.В.<sup>2</sup>, ВАСИЛІНИЧ Т.М.<sup>1</sup> (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ ПОЛІАКРИЛОВИХ ВОЛОКОН ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

<sup>1</sup>*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського  
21001, вул. Острозького 32, м. Вінниця, Україна, Kafedra.Chemistry@vspu.edu.ua*

<sup>2</sup>*Вінницький національний технічний університет  
21000, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна*

**Abstract.** The work is devoted to the solution of an important task of increasing the sorption capacity of chemisorption composite materials based on chemical fiber waste for the purification of aqueous solutions from heavy metal ions.

Нагромадження волокнистих відходів стало актуальною проблемою, що обумовлена зростанням чисельності населення планети, підвищенням рівня життя та споживанням значної кількості текстильних матеріалів. Ці відходи є результатом індустріальних та споживчих процесів і включають в себе залишки тканин, ниток та інших матеріалів, що втратили свою цінність після виробництва або використання.

Волокнисті відходи складаються з натуральних та хімічних волокон або волокнистих частинок. Синтетичні волокна (поліакрилові, поліакрилонітрильні та ін.) виготовляють з низькомолекулярних речовин в результаті реакції полімеризації або поліконденсації, в основному з продуктів переробки нафти і кам'яного вугілля.

Для ефективного використання накопичених волокнистих відходів розроблено різноманітні технології переробки, такі як повторне використання, спалювання та захоронення, а також розчинення та деполімеризація.

На основі волокнистих відходів можливо одержати нетканні фільтрувальні матеріали для очищення повітря. При очищенні води такі матеріали використовують для механічного видалення домішок; також вони є основою для шару фільтру - на них наносять сорбент. Всі вони працюють за принципом фільтрації стоків через сітку з фільтруючим підшаром. Причому іноді в якості фільтра використовуються волокнисті домішки, що містяться безпосередньо в стічних водах.

Перспективними сорбентами є також вуглецеві волокнисті матеріали за рахунок поєднання в одну операцію фільтруючих і сорбційних властивостей, а також їх високої питомої поверхні і розвиненої пористості.

В даний час найбільшого поширення набули полімерні композиційні матеріали, армовані волокнистим наповнювачем, застосування яких дає такі істотні переваги як технологічність, зниження матеріаломісткості, поліпшення експлуатаційних характеристик, підвищення надійності.

В асортименті композиційних матеріалів в окрему групу можна виділити ті, в яких, як армувальна основа, використовуються текстильні елементи – волокна, нитки та пряжа, тканини, трикотаж і неткані матеріали.

Також текстильні елементи в комбінованому матеріалі можуть надавати йому міцності та декоративні властивості, створювати незвичайну структуру, а також різні спеціальні властивості (вогне-, термостійкість, водо-, масло-, брудовідштовхування, антибактеріальні, сорбційні, теплозахисні, магнітні та інші).

Нами розглянута можливість використання волокнистих відходів на основі поліакрилатів у складі нетканних сорбційно-фільтрувальних матеріалів, а також досліджена ефективність використання таких фільтрів для очищення стічних вод промислових підприємств.

МАДАНИ М.М. (УКРАЇНА, ОДЕСА)  
**ПОШИРЕННЯ ПИЛУ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ  
 ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*Одеський національний технологічний університет,  
 65039, вул. Канатна, 112, Одеса, Україна; madanikader50@gmail.com*

**Abstract.** The distribution of dust in the production premises of woodworking enterprises was investigated. The research was conducted with two methods of supplying fresh air to the room - supply from a height of up to 4 m and supply directly to the working area. It was established that during the cold and transitional periods of the year, the dustiness of the air environment at workplaces decreases when air is supplied directly to the work area compared to air supplied from a height of up to 4 m.

Для дослідження процесів розповсюдження пилу по висоті виробничих приміщень деревообробних підприємств відбір проб здійснювався через кожні 0,5 м висоти при двох способах подачі свіжого повітря в приміщення – подача з висоти до 4-х м і подача безпосередньо в робочу зону. Осереднені результати досліджень у вигляді графічних залежностей представлені на рис. 1. При цьому прийняті наступні позначення:  $h$  – висота замірного перерізу, віднесена до висоти приміщення;  $C_i$  – концентрація пилу в  $i$ -тому замірному перерізі, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{вих}$  – концентрація пилу в повітрі, що видаляється в атмосферу з верхньої зони приміщення, мг/м<sup>3</sup>.

При подачі повітря безпосередньо в робочу зону (рис. 1, а) відбувається витіснення відпрацьованого повітря за її межі і виключається залучення в циркуляцію забрудненого повітря з верхньої зони приміщення. Разом з тим відзначається поступове зростання запиленості повітря за межами робочої зони, і в атмосферу загально-обмінними системами вентиляції викидається повітря з великим вмістом пилу, більшим ніж в робочій зоні.

Для випадку подачі повітря з висоти до 4-х м (рис. 1, б) характерно різке зростання концентрації пилу на рівні розташування повітро-роздавального пристрою. Потім концентрація пилу по висоті цеху залишається майже незмінною, але в атмосферу також викидається повітря з великим вмістом пилу, більшим ніж в робочій зоні.

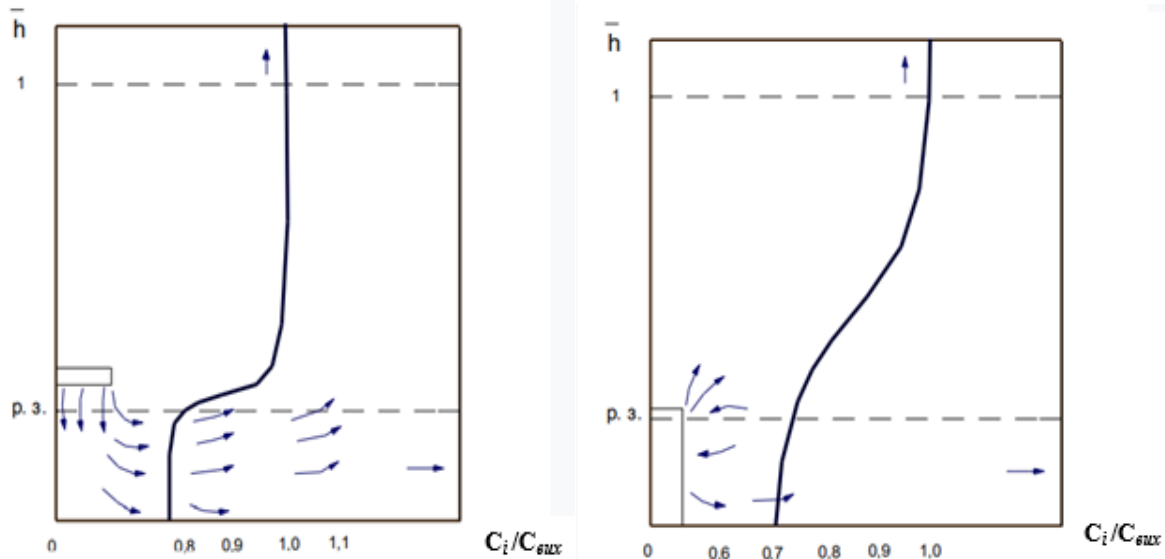


Рисунок 1 - Зміна концентрації пилу по висоті цеху при подачі повітря:  
 а - безпосередньо в робочу зону; б - з висоти до 4-х м.

Встановлено, що у холодний та перехідний періоди року запиленість повітряного середовища на робочих місцях знижується при подачі повітря безпосередньо в робочу зону порівняно з подачею повітря з висоти до 4-х м.

ГРИНЧАК Р., САКАЛОВА Г.В. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Вінницький національний технічний університет,  
21000, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна*

**Abstract.** An integrated technology for the treatment of dairy wastewater is proposed, which involves the stages of coagulation and adsorption with the removal of pollutants at each stage.

В роботі представлені технічні рішення з очищення стічних вод молокопереробних підприємств, які відрізняються високим вмістом домішок білково - ліпідного характеру в дисперсній фазі.

У виробничому циклі в воду надходять різні поллютанти, в числі яких переважають відходи виробництва, віднесені водою компоненти сировини і матеріалів. В основному, це органічні речовини тваринного і рослинного походження. У стічних водах містяться залишки корму, кухонна сіль, миючі, дезінфікуючі речовини, нітроти, фосфати, луги, кислоти і різні мікроорганізми. Таким чином пошук найбільш ефективних методів очищення стічних вод харчового виробництва залишається актуальним.

Найбільший інтерес в дослідженні викликає стійкість колоїдних систем, що містять домішки білково-ліпідного характеру, впливи на системи різних факторів (температура, тиск), а також комплексна оцінка технологічних схем очищення стічних вод, в яких присутній процес коагуляції.

В роботі представлені технічні рішення з очищення стічних вод, що відрізняються високим вмістом домішок білково - ліпідного характеру в дисперсній фазі. Запропоновано комплексна технологія очищення стічних вод, де основними етапами є коагуляційне і адсорбційне очищення стічних вод.

Згідно запропонованої технології (Рис.1), на початковому етапі відбувається механічне очищення стоків з метою максимального виділення крупно дисперсних жирових частинок та завислих речовин. Далі проводимо процес коагуляції з витратою 5% -го розчину ферум (III) хлориду. Після осадження стоків через 20-30 хвилин їх фільтрують від осаду, а потім їх змішують для подальшого доочищення. На процес сорбції стічні води подають через 10 хвилин, їх відстоюють для вирівнювання концентрації. Адсорбцію проводять у системі з нерухомим шаром сорбційного матеріалу, до досягнення проскоку, який контролюють шляхом визначення рН фільтрату.



Рис. 1. Схема очищення стічних вод технологічних ліній виробництва

За відсутності у змішаних стоках фосфатів, їх можна використати як вторинний сировинний ресурс, наприклад, як кормову добавку, без проведення стадії доочищення. Також адсорбент, насичений органічними кислотами і неосадженими білками можливо використовувати в якості кормової суміші для підгодівлі ВРХ.

Варто очікувати, що запропонована схема очищення стічних вод молокопереробних підприємств від компонентів органічного походження забезпечить не лише задовільну якість стічної води, а також зниження витрат на матеріали для очищення та енергетичні витрати.

TIUTIUNNYK H. (UKRAINE, ODESA)

## INNOVATIVE SOLUTIONS FOR FOOD SAFETY IN UKRAINE'S AQUACULTURE AMID MODERN CHALLENGES

*SO «Institute of Market and Economic & Ecological Research NAS of Ukraine»  
65044, French blvrd., 29, Odesa, Ukraine; ecoregnatures@ukr.net*

**Abstract:** The current geopolitical situation, particularly the ongoing military conflict in Ukraine, has significantly impacted the aquaculture industry, crucial for ensuring food safety. Destruction of infrastructure and contamination of water bodies pose long-term threats to public health and the environment, especially in the Black Sea region. This requires the development and implementation of innovative organizational and economic solutions to maintain food safety and improve the aquaculture sector's resilience and productivity.

### Key challenges:

1. **Environmental pollution:** Combat operations have resulted in the release of toxic substances, threatening aquatic ecosystems and the safety of aquatic products.
2. **Infrastructure damage:** The destruction of critical infrastructure has hindered the efficient functioning of aquaculture facilities, increasing the risks to food security.
3. **Economic disruption:** The war has reduced investments in the sector, particularly in intangible assets such as patents and software, limiting innovation potential.

### Innovative solutions for food safety:

1. **Water resource management:** Developing advanced technologies for cleaning and monitoring polluted water is essential for maintaining safe and sustainable aquaculture practices.
2. **Investment in innovation:** Increased capital investment in modernizing production facilities, combined with focused spending on intangible assets, is necessary to enhance efficiency and ensure safe food production.
3. **Recirculating aquaculture systems (RAS):** Implementation of these systems will improve resource management, reduce environmental impact, and ensure a stable supply of aquatic products, vital for global food security.
4. **Diversification of species:** Expanding the range of species cultivated through innovative methods, such as integrated multitrophic aquaculture, enhances resilience and contributes to safer, more sustainable food production.

**Economic impact and food security:** The strategic allocation of investments in both physical and intangible assets is critical for enhancing the aquaculture sector's contribution to food safety. The development of a state strategy to support aquaculture innovations, coupled with regulatory frameworks, will strengthen competitiveness and ensure a consistent supply of safe, high-quality aquatic products. By reducing dependence on wild fish stocks and increasing domestic production, Ukraine can better meet the growing global demand for seafood, a key element of food security.

**Conclusion:** Addressing the challenges posed by environmental degradation and economic instability requires a comprehensive approach that integrates innovative technologies, improved infrastructure, and strategic investment. Ensuring food safety in the aquaculture sector is not only a matter of immediate survival but also a long-term strategy for sustainable development, economic growth, and global food security.



ЛЯШОК Я.О., ПОДКОПАЄВ С.В., ПОВЗУН О.І.,  
ВІРИЧ С.О., КАЛИНИЧЕНКО В.В. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА МЕТАЛУРГІЇ ФЕРОСПЛАВІВ

*Донецький національний технічний університет  
43003, вул. Потебні, 56, Луцьк, Україна; mail@donntu.edu.ua*

**Abstract.** Processes of structural formation of aerated concrete mixtures using fly ash from the Kurakhiv thermal power plant and ferrosilicon production waste from the Zaporizhzhia ferroalloy plant were studied. The specific electrical conductivity and speed and completeness of heat release in silicate mixtures were determined. The method of mathematical modeling of the experiment, the optimal compositions of aerated concrete using the specified waste were calculated.

До підприємств енергетики належать теплові електростанції (ТЕС), яких до активізації бойових дій з лютого 2022 року в Україні було 15. Для них характерний порівняно низький рівень еколого-економічних показників. Утворювані під час спалювання на ТЕС вугілля золошлакові відходи у відвалах є багатотонажними. Для їх транспортування застосовують, переважно, системи гідрозоловидалення. На сьогодні у відвалах ТЕС України накопичено понад 358,8 млн. т золошлакових відходів на площі 3170 га. Середньорічний вихід золошлаків досяг 14 млн.т, який має тенденцію до зростання.

Одними з найбільш широко застосовуваних феросплавів, які нині виробляють в Україні, є кремністі сплави, світовий обсяг виготовлення яких становить ~ 18 % загального об'єму вироблених феросплавів. До кремністих сплавів відноситься феросиліцій (сплав кремнію із залізом), який виплавляють в електро- та доменних печах.

Під час виплавляння кремністих феросплавів утворюються тверді відходи: шлак, кремнеземистий пил-винесення газоочищення, відсів і дрібняк шихтових матеріалів, відходи футеровки ковшів та печей. Кількість твердих відходів становить понад 70 % маси виготовленого феросиліцію. При виробництві феросиліцію на 1 т кремнію, що виплавляється, утворюється 300-900 кг пилу (шламу). Цінний за своїми властивостями кремнеземистий пил-винесення (так названий мікрокремнезем), якого щороку на чотирьох феросплавних заводах в Україні утворюється ~ 20 тис. т, практично не утилізують.

Багато відходів можуть бути цінною сировиною для інших галузей промисловості як техногенні родовища. Висока ефективність використання побічних продуктів та промислових відходів призведе до суттєвого підвищення їх питомої ваги у загальному балансі сировинних ресурсів. Це, в свою чергу, сприятиме збереженню природної сировини та розв'язанню проблем захисту навколишнього середовища. У зв'язку з цим ефективно відновлення вторинної сировини є однією з найважливіших завдань сучасності.

Метою роботи є дослідження процесів структуроутворення поризованого матеріалу з використанням золи-винесення мокрого видалення Курахівської ТЕС (Донецька область) та як активну добавку кремнеземистого пилу відходів виробництва феросиліцію Запорізького заводу феросплавів.

Характер зміни питомої електропровідності газобетонних сумішей показав, що зола-винесення та шлак реагують вже на стадії підняття тиску водяної пари в автоклаві (орієнтовно за 0,4-0,5 МПа). Потім відбувається стрімке зниження кількості вапнякового компонента у рідкій фазі. Лімітованою стадією реакції стає розчин оксиду кальцію, і процес суттєво уповільнюється. На ізотермічному періоді автоклавування (при тиску пари 1,0 МПа) складники золи та шлаку не мають переваги порівняно з кварцом з піску.

Аналіз процесів тепловиділення в силікатних сумішах, досліджуваних за допомогою диференціального автоматичного калориметра ДАК-1-1А, доводить, що автоклавну обробку композицій можна починати після скінчення основних тепловиділень, тобто через 2-3 години після настання останнього термoeфекту.

За допомогою побудованих у тривимірному просторі поверхонь функцій відгуку визначено оптимальні склади газозолобетонів з добавкою відходу виробництва феросиліцію.

ІЗМОДЕНОВА Т.І., ШЕПЕТА К.О., ВАКАЛ В.С. (УКРАЇНА, СУМИ)

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗОЛЬНИХ ДОБРИВ У ФІКСАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОТИ РОСЛИНАМИ З АТМОСФЕРИ

*Сумський державний університет*

*40007, вул. Харківська, 116, м. Суми, Україна; info@sumdu.edu.ua*

**Abstract.** The conducted studies have shown the feasibility of using modified ash fertilizers in increasing the fixation of CO<sub>2</sub> from the atmosphere by plants. It has been proven that when ash fertilizer enriched with water-soluble phosphorus is included in the fertilizer system, the efficiency of feeding was equivalent to the system using traditional fertilizers.

Основу сучасних систем живлення при вирощуванні сільськогосподарських культур складають добрива, отриманні з використанням кислотних технологій при добуванні і переробці сировини, трансформації елементів живлення в доступні для рослин форми і їх гранулюванні та підготовці рідких добрив для ефективного застосування в рослинництві. При цьому, виробництво хімічних добрив залишається енергетично витратним та екологічно небезпечним. В зв'язку з розвитком альтернативної енергетики, споживання біопалива рослинного походження значно зросло. Як наслідок, кількість золи від спалення біопалива збільшується з року в рік. Дослідженнями встановлено, що рослинна зола може мати високий вміст калію та дещо менше – фосфору. Тому вона може розглядатися як сировинний матеріал для виробництва переважно калійних добрив. Вже сьогодні в Україні розроблені технології та налагоджено виробництво таких добрив із золи.

Як правило невисокий вміст фосфору в зольних добривах обмежує їх ефективність. З метою підвищення цінності зольних добрив були розроблені технології збагачення золи моноамонійфосфатом (МАФ) та виробництва модифікований зольних добрив методом окатування на тарілці і компактування на валковому грануляторі.

В польових умовах на озимій пшениці була вивчена ефективність простих і модифікованих МАФ зольних добрив та їх систем в стимулюванні рослин до фіксації вуглекислого газу з атмосфери і підвищення родючості ґрунту.

В залежності від виду добрив і їх кількості, приріст CO<sub>2</sub> в біомасі озимої пшениці становив від 211,13 до 19393,65 кг/га. Рослини найбільше накопичували вуглекислий газ при використанні фосфорних і калійних добрив на фоні азоту. Ефективність тільки немодифікованих зольних добрив з високим вмістом калію без поєднання з іншими, до складу яких входять азот і фосфор, у засвоєнні вуглекислого газу була найменшою і не перевищувала 2,61-6,17% відносно удобрених рослин. На фоні амофосу і аміачної селітри ефективність цих зольних добрив збільшувалася відповідно на 3,19-7,77 та 5,49-8,05%. Найбільша фіксація CO<sub>2</sub> біомасою із збільшенням продуктивності озимої пшениці була при підживленні рослин збалансованими кількостями азоту, фосфору і калію. Відносно фону внесення тільки азотного добрива система удобрення з аміачної селітри, амофосу і немодифікованого зольного з високим вмістом калію добрив була ефективнішою на 17,83 - 21,47%.

При включенні в систему удобрень збагаченого водорозчинним фосфором зольного добрива, ефективність підживлення була рівноцінною системі з використанням в ній традиційного амофосу. Так, приріст CO<sub>2</sub> у біомасі відносно тільки азотного фону при внесенні аміачної селітри, немодифікованих (P<sub>6</sub>K<sub>32</sub>) і збагачених МАФ (N<sub>5</sub>P<sub>32</sub>K<sub>12</sub>) зольних добрив становив 16,41 - 21,41%.

За рівнем ефективності системи удобрення на основі аміачної селітри з зольними (немодифікованими і збагаченими на водорозчинний фосфор) добривами були на рівні систем з використанням традиційних (аміачна селітра) і комплексних (N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub> на МАФ) добрив в еквівалентних кількостях по вмісту елементів живлення. Отже, збагачення зольних добрив фосфором, в тому числі водорозчинним, дозволяє не тільки отримати їх модифікації, які в поєднанні з азотними добривами можуть повністю замінити амофос та комплексні складні добрива без зміни ефективності систем живлення рослин, але й підвищити фіксацію вуглекислоти рослинами з атмосфери і родючість ґрунту.

ПОПИК О.О., ПЕТРОВСЬКА М.А. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **ОРГАНІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЯК ПРІОРИТЕТНА СКЛАДОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

*Національний університет імені Івана Франка*

*79000, вул. Університетська, 1, Львів, Україна; dafa6566@gmail.com*

**Abstract.** The factors of formation of organic production, the area of agricultural land with organic status, the number of organic operators and the type of their activities within Vinnytsia region are traced.

У вересні 2015 року на Саміті ООН зі сталого розвитку прийняли Порядок денний на 2016–2030 роки і затвердили 17 Цілей сталого розвитку, які поєднують три його аспекти: економічне зростання, соціальну інтеграцію та охорону довкілля. Практично усі 17 цілей пов'язані зі сільським господарством, адже воно так чи інакше впливає на усі сфери життя.

Зважаючи на те, що Вінниччина є одним із провідних регіонів з вирощування сільськогосподарських культур, забезпечення сталого розвитку органічного виробництва стане ключовим чинником для економічної стабільності в післявоєнні роки. Цьому сприятимуть кліматичні умови, родючі ґрунти, наявність досвіду і традицій, зростаючий інтерес до органічної продукції, підтримка з боку міжнародних організацій. Загальна площа сільськогосподарських земель (органічних і перехідного періоду), сертифікованих відповідно до вимог законодавства України, станом на 2023 р. у Вінницькій області склала 3 379 га, у тім числі площа сільськогосподарських земель з органічним статусом – 2 433 га (0,12 % від загальної площі сільськогосподарських угідь області). Загальна кількість операторів – 25. Серед них: *виробники сої* – продовольча компанія «Поділля», ФГ КРАЙАГРО, ТОВ ТАС АГРО ЗАХІД та ін., *органічне рослинництво* – ФГ: Дон О. П., Пролісок Калинівщини; ФОП: Посвалюк І. П., Котляр О. В., Хоменко Н. В., Кардаш О. О.; ТОВ: ГЛОРІЯ ІНВЕСТ; *органічне тваринництво* – ФОП: Демидик В. Є., Котоній В. А.; *продукти рослинництва, що не піддавалися переробці* – ТОВ: Киянівка, ПФАННЕР БАР, ПФАННЕР АГРО, Комарівці, САД-ЛОГІСТИК, ПОДІЛЛЯАГРОБІЗНЕС, ЛАКИ-2017, ОЛЬГА, АГРОАВІС, НУТТО І ФРУТТО, ЛОЗОВА АГРОПРОГРЕС, ГЛОРІЯ ІНВЕСТ; ФГ: Дон О. П.; ЗЕЛІНСЬКОГО, РАНЧО ДРУЗІВ, ВИТВІРНЯ, Агро-Сенс; ФОП: Шеремет І. В., Посвалюк І. П., Тетерук С. В., Шаповалюк М. В., Заболотнюк Г. П., Довгань О. І.; Торохтій Б. В., Мазур В. В., Шульган С. В., Боднар В. А., Левда Т. В., Котляр О.В., Хоменко Н. В., Степчук А. І., ВЕРЕС ОЛЕГ БОГДАНОВИЧ, Рогальська Л. В., Кардаш О. О., Лівінський О. В., Хламов В. О., Твердохліб В. Б.; ПП: Клецко В. В., КРУПОСВІТ; ПрАТ ВІННИЦЬКА ХАРЧОСМАКОВА ФАБРИКА; *виробництво органічних кормів* – ФГ Пролісок Калинівщини; *живі тварини або продукти тваринництва, що не піддавалися переробці (продукція бджільництва)* – ФОП: Котоній В. А., Скоропадський В. Ю., Демидик В. Є. та ін.

Для сприяння переходу на органічне сільське господарство, поширення локального виробництва і споживання органічної продукції доцільно підвищити рівень обізнаності населення щодо органічного виробництва. Засобом комунікації є організація виставок і ярмарків. З метою розкриття можливостей і потенціалу Вінницької області в органічному виробництві, а також обміну досвідом та обговорення шляхів розвитку органічного виробництва у 2021 р. втретє провели онлайн-форум, який організували Департамент міжнародного співробітництва та регіонального розвитку облдержадміністрації спільно з ГС «Органічна Україна». У тому ж році відбулася перша регіональна агропромислова виставка «АГРО-Вінниця». Вона зібрала близько 200 українських виробників і дилерів сільськогосподарської техніки, які демонстрували її в польових умовах. Захід отримав позитивні відгуки, організатори планували зробити його щорічним, але завадила повномасштабна війна. Вдруге День Поля «АГРО-Вінниця» відбудеться у вересні 2024 року. На заході буде представлено більше 180 учасників, які покажуть останні досягнення агросектору, включно з технікою, тваринництвом, агротранспортом та логістикою. Одним із ключових моментів події, як і в довоєнні роки, буде демонстраційний показ техніки в реальних польових умовах. З метою просування органічної продукції на міжнародні ринки, Вінницькі підприємства брали участь у виставці в Діжоні (Бургундія, Франція). Серед представлених на стенді були органічні харчові продукти, вино, медові напої. До 2026 року у Вінниці заплановано збудувати «харчову силіконову долину» – інноваційний індустриальний парк з виробництва екологічно чистих та органічних харчових продуктів з можливістю створення понад двох тисяч робочих місць. Проєкт націлений на розвиток аграрного сектору та залучення інвесторів для перероблення сільськогосподарської продукції.

БОРДУН І.М., МАЛЬОВАНІЙ М.С., БОРИСЮК А.К.,  
 НАГУРСЬКИЙ Н.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## СИНТЕЗ, СТРУКТУРА І АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МАГНІТОЧУТЛИВИХ ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ПОРОШКІВ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА РІЗНОЇ ВАЛЕНТНОСТІ

*Національний університет Львівська політехніка  
 79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; coffice@lpnu.ua*

**Abstract.** In this work, carbon composites based on hydrolysis lignin and iron oxide powders were synthesised. The structure, magnetic, and adsorption properties of the composites were investigated. Both composites have a high value of specific magnetisation. It is shown that the adsorption capacity for the Methylene blue dye is almost the same, and that for Congo red correlates with the difference in the parameters of the porous structure.

Науково-технічний прогрес і господарська діяльність людини неunikно призводить до виникнення різноманітних екологічних проблем. Серед них ключовою залишається забруднення довкілля такими забруднювачами, як важкі метали, органічні сполуки та інші шкідливі речовини. Розвиток очисних технологій стимулює пошук та впровадження у практику нових адсорбентів та адсорбційних процесів. Використання адсорбентів з магнітними властивостями значно полегшує завдання виділення, поділу та концентрування речовин. Модифікування магніточутливих частинок вуглецевими покриттями дозволяє отримувати високоефективні адсорбенти.

Для синтезу зразків за основу було взято оксиди FeO і Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При температурній обробці при наявності вуглецевої основи вони перетворюються у магнетит, що є причиною появи доброї намагніченості таких вуглецево-залізних композитів. Як джерело вуглецю використано гідролізний лігнін. Співвідношення компонентів у суміші для синтезу складало лігнін:оксид = 3:2. Синтез вуглецевих композитів з такої суміші проведено за наступною схемою – нагрів до 250 °C зі швидкістю 5 °C/хв, витримка 20 хв – нагрів до 800 °C зі швидкістю 10 °C/хв, витримка 1 год. Композит на основі FeO позначатимемо ВК1, а на основі Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – ВК2.

Фотографії синтезованих композитів отримано за допомогою скануючого електронного мікроскопа Phenom ProX. Рентгенодифракційні криві вуглецевих матеріалів отримано за допомогою дифрактометра ДРОН-3 в Cu K<sub>α</sub>-випромінюванні (λ=0,1542 нм). Пористу структуру визначали на основі ізотерм адсорбції/десорбції азоту. Магнітні вимірювання проводили за допомогою вібраційного магнетометра. Реєстрували криві перемагнічування досліджуваних зразків у магнітних полях від -300 кА/м до +300 кА/м.

На основі аналізу рентгенівських дифрактограм у синтезованих вуглецевих композитах встановлено наявність вуглецевої аморфної структури. У низькокутовій області маємо зростання інтенсивності розсіяння рентгенівських променів, що може свідчити про формування мікропористої структури композитів. Щодо фазового складу, то оксидна складова зазнає змін. У зразку ВК1 спостерігається як вихідний оксид FeO у незмінній формі, так і додатковий магнетит Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. У зразку ВК2 є вихідний оксид Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, але появляються лінії, які відповідають FeO. Також зростає вміст магнетиту Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Серед ідентифікованих ліній є також лінії, які відповідають Ферум Метагідроксиду FeO(OH).

Питома намагніченість насичення композиту ВК1, виміряна в магнітному полі напруженістю 800 кА/м, становить  $\sigma_s = 40 \text{ A} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Питома намагніченість насичення отриманого композиту ВК2 становить  $\sigma_s = 34 \text{ A} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ .

На основі аналізу ізотерм адсорбції/десорбції азоту встановлено, що за рахунок великого вмісту металево-оксидної складової питома площа поверхні є невеликою: 116 м<sup>2</sup>/г для ВК1 і 167 м<sup>2</sup>/г для ВК2. При цьому середній радіус пор виявився ідентичним – 2,63 нм.

Адсорбційні властивості синтезованих композитів досліджено з використанням водних розчинів барвників метиленовий синій (МС) і конго червоний (КЧ). На основі аналізу ізотерм адсорбції встановлено, що адсорбційні ємності по МС є практично ідентичними. По КЧ композит ВК2 має адсорбційну ємність на 25% більшу, ніж композит ВК1. Це може бути зумовлено різницею питомих об'ємів зразків композитів.

ШЕВЧЕНКО Т.О., САМОХІН Є.І. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ЩОДО ПИТАННЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
61002, вул. Чорноглазівська, 17, Харків, Україна; yevhenii.samokhin@kname.edu.ua*

**Abstract** An urgent issue today is the accumulation of large volumes of sludge, which are formed during the treatment of urban sewage at sewage treatment plants. During the development of a technological scheme for dewatering sludge, it is necessary to study the object on which this sludge is formed. The technological scheme of sludge treatment must be developed taking into account the features of sludge formation, their types and the selected sludge stabilization treatment technology. Also important is the information about the following ways of realization of the obtained final product - dehydrated sludge. The cost of the mechanical sludge dewatering shop depends on this.

Актуальним питанням сьогодення є накопичення великих обсягів осадів, які утворюються під час очистки міських стічних на очисних спорудах систем водовідведення. Це питання є досі невирішеним не тільки для України, а й для країн усього Світу. Технічний та технологічний розвиток країн, зміна звичок у харчуванні та зміна технологічних процесів у виробництві призвели до зміни якісних і кількісних показників осадів, що утворюються на очисних спорудах каналізації будь-якого населеного пункту. До основних видів осадів стічних вод, які займають більшу увагу серед інженерів, належать:

1. Сирий осад із первинних відстійників / первинний осад (останній етап механічного очищення стоків) – неоднорідний за складом осад, утворений у процесі відстоювання стічних вод перед етапом біологічного очищення. Вологість сирого осаду становить 94–96 %, розміри твердих частинок у такому осаді складають: крупністю 7-10 мм – 5–20%, крупністю 1-7 мм – 9–33%, крупністю менше ніж 1 мм – 50–88% від маси сухої речовини.

2. Активний мул після біологічного очищення стоків – за фракційним складом цей вид осаду більш однорідний, 98% маси частинок активного мулу мають розмір менше 1 мм, вологість активного мулу становить 98,0–99,5%.

3. Суміш сирого осаду та активного мулу має вологість 98-99%, так як приблизно 70% від осадів, що утворюються на очисних спорудах становить активний мул.

Тому під час розробки технологічної схеми зневоднення осадів треба вивчити об'єкт, на якому ці осади утворюються. Треба виконати фракційний та хімічний аналізи тих забруднень, які після етапів очищення будуть відокремлені у вигляді осадів. Визначити за технологічною схемою очищення стічних вод, де і які типи осадів будуть утворюватися на очисній станції. Важливим є питання, чи будуть ці осади оброблятися разом чи окремо. Зазвичай на очисних спорудах закладена спільна обробка осадів і першим етапом обробки у нових технологічних схемах обробки осадів пропонують анаеробне зброджування. Проте, вже багатьма дослідниками встановлено, що зброджується краще з більшим виходом біогазу сирий осад з первинних відстійників. Сирий осад відрізняється від надлишкового активного мулу більшим вмістом органічних речовин, які легко окислюються, і тому легше піддаються зброджуванню. Також встановлено, що активний мул під час анаеробного зброджування у термофільних умовах (53-55 °C) збільшує кількість зв'язаної вологи, що погіршує у подальшому здатність активного мулу зневоднюватися.

Технологічна схема обробки осаду має бути розроблена з врахуванням особливостей утворення осадів, їх видів та обраної технології стабілізаційної обробки осадів (аеробна, анаеробна, спільна обробка сирого осаду і активного мулу чи окрема). Також замовник має надати інформацію про бажані шляхи реалізації отриманого кінцевого продукту – зневодненого осаду. Зневоднені осади можуть використовуватися у вигляді добрив для сільського господарства у разі відсутності в осадах токсичних речовин та важких металів. Також осади можуть застосовуватися у будівництві, для подальшого спалювання та вироблення електроенергії тощо. Від цього буде залежати вибір технологічного обладнання для зневоднення осадів, типи та концентрації реагентів, які застосовуються для покращення процесу вологовіддачі, а отже, і вартість цеху для зневоднення осадів побутових стічних вод.

ВАСИЛІНИЧ Т.М., ПУРДИК Д. В., КАВЕЦЬКА М. В., ШАРАМКО А.В.,  
ВИНОКУРОВА Ю.Є. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ГЛИНИСТИМИ АДСОРБЕНТАМИ

*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, 21001,  
вул. Острозького, 32, Вінниця, Україна; info@vspru.edu.ua*

**Abstract.** To purify wastewater from heavy metal ions, as well as organic and other toxic compounds, it is promising to use adsorption methods using natural dispersed minerals as adsorbents. Modification of sorbents allows to improve their equilibrium-kinetic characteristics: increase the maximum sorption capacity and shorten the time to reach sorption equilibrium.

Актуальною проблемою сучасного суспільства є охорона довкілля та здоров'я людини. Одним із пріоритетних завдань у галузі охорони навколишнього середовища є пошук ефективних та безпечних технологій очищення стічних вод. Існуючі хімічні та фізико-хімічні методи очищення забрудненої води (реагентне осадження, коагулювання, озонування, хлорування), що полягають у активній хімічній дії чи фізичному впливі на воду, дозволяють видалити з неї визначені забрудники, нерідко погіршуючи при цьому фізико-хімічні властивості води та порушуючи природний баланс розчинених у ній солей.

З методів видалення токсикантів найчастіше використовується адсорбційний, оскільки він дозволяє досягнути низьких залишкових концентрацій поллютантів, аж до повного їх видалення з води. Актуальним є розробка нових, недорогих сорбентів на основі природної сировини. Як сорбенти використовуються: синтетичні сорбенти, активоване вугілля, а також деякі відходи виробництва, такі як шлак, тирса, зола та ін. Найбільш універсальними з сорбентів є активоване вугілля, яке характеризується високо розвинутою поверхнею і пористістю. Однак одним з основних питань, що виникають при адсорбційному очищенні стічних вод активним вугіллем, є його регенерація. Процес регенерації та активації вугілля є економічно- та ресурсовитратним методом. У той же час активоване вугілля ефективно очищає воду від органічних і нафтовмісних продуктів, проте його ефективність по відношенню до важких металів невелика. Глинисті матеріали, а також торф здатні сорбувати домішки органічного та неорганічного походження. Дані матеріали не дефіцитні та дешеві, у порівнянні з активованим вугіллем. Модифікування сорбентів дозволяє покращити їх рівноважно-кінетичні характеристики: підвищити граничну сорбційну ємність і скоротити час досягнення сорбційної рівноваги.

Для створення сорбційного матеріалу використовували глину із двох родовищ Вінницької області. Вихідну глину попередньо подрібнювали спочатку у фарфоровій ступці, а потім у кульовому млині Retsch PM 100, зі швидкістю обертання 3000 об/хв протягом 20 хвилин. Аналогічним чином були підготовлені інші матеріали: торф, деревна зола. Після подрібнення торф піддавали піролітичному випалюванню без доступу кисню при 600 °C протягом 20 хвилин. Підготовлені компоненти змішували у наступному співвідношенні: глина 1: глина 2: деревна зола : торф : вода = 1:1:1:1:2. Отриману масу формували в кубічну форму з розміром ребра 3-5 мм, проводили висушування при 100 °C і піддавали випалюванню в муфельній печі при 800 °C протягом 2 годин.

Аналіз складу вихідних глин показав, що хімічний склад використовуваних зразків відрізняється, проте в основному містяться однакові компоненти, але різної концентрації. Таким чином, варіюючи співвідношення глин в сорбенті, можна контролювати концентрацію таких компонентів як: оксид кремнію, оксид заліза, оксид кальцію, оксид алюмінію і т.д. В результаті термообробки відбувається вигорання органічних компонентів і утворюється пориста структура сорбенту.

Проведені дослідження дозволяють рекомендувати методику отримання сорбентів для очищення стічних вод від іонів важких металів, а також органічних та інших токсичних сполук.

РИЛЬСЬКИЙ О.Ф.<sup>1</sup>, ДОМБРОВСЬКИЙ К.О.<sup>1</sup>, ГОРБАНЬ В.В.<sup>1</sup>,  
ПЕТРУША Ю.Ю.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ)

## ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ БІОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МАЛИХ РІЧОК

<sup>1</sup>Запорізький національний університет

69011, вул. Університетська, 66, Запоріжжя, Україна; [znu@znu.edu.ua](mailto:znu@znu.edu.ua)

<sup>2</sup>Національний університет «Запорізька політехніка»

69063, Запоріжжя, вул. Університетська, 64, Запоріжжя, Україна; [rector@zpu.edu.ua](mailto:rector@zpu.edu.ua)

**Abstract.** For restore the water quality of small rivers and scientifically and practically justify of the proposed biotechnology, in 2021 we started a study of the purification of the small river Kapustyanka in Zaporizhzhia. A fibrous carrier «VIYA» type was installed in this watercourse in the form of kapron halyards. Stationary constructions with artificial fibrous carrier «VIYA» were mounted below the mini hydroelectric power station, where after aeration the water immediately enters the Kapustyanka River.

Для ефективного очищення поверхневих вод, а саме, вод малих річок, необхідно створювати в умовах існуючих водотоків додаткові штучні екосистеми. Для створення штучних екосистем використовують різноманітні плаваючі несучі елементи, до яких закріплюють волокнистий носій «ВІЯ». Волокнистий носій підвищує здатність до біологічного очищення води за рахунок швидко наростаючої та щільно іммобілізованої біомаси мікроорганізмів – деструкторів органічних забруднень води, та вищих форм гідробіонтів (мікрозооперифітон та макрозооперифітон).

Для відновлення якості води малої річки Капустянка нами з 2021 року було розпочато дослідження щодо очищення поверхневих вод цього водотоку за сучасною біотехнологією. В річці Капустянка були встановлені (натягнуті) капронові фали перпендикулярно течії водотоку, до яких прикріплювали елементи біологічного очищення води у вигляді полотна волокнистого носія типу «ВІЯ». Такі стаціонарні конструкції з «ВІЄю» було змонтовано нижче міні-ГЕС в тому місці, де вода дуже добре насичується розчиненим киснем (рис. 1).



Рис. 1. Встановлене полотно штучного носія «ВІЯ» в р. Капустянка.

Переваги новітньої біотехнології полягають в наступному: водотоки, в даному випадку малі річки, можуть бути використані як локальні очисні споруди. Запропонована біотехнологія не потребує примусової аерації води та витрат електричної енергії на її використання. Інтенсивне насичення води киснем повітря відбувається внаслідок того, що штучний носій «ВІЯ» розташований у водотоці відразу після міні-ГЕС. Також запропонований спосіб очищення води малих річок реалізується за принципом «біоконвеєра», де у локальному просторі сконцентрована максимальна біомаса мікроорганізмів – деструкторів та інших гідробіонтів, які трофічно утримуються на волокнистому носіїві. В цілому, біотехнологія дозволяє провести деструкцію більшості сполук органічно-синтетичної природи та знизити концентрацію нафтопродуктів, що потрапляють у воду річок з промислових або зливових стоків.

За досліджений період (2021 – 2024 рр.) на волокнистому носіїві «ВІЯ» було виявлено угруповання зооперифітону, яке представлено трьома систематичними групами – протистоперифітоном, мікрозооперифітоном та макрозооперифітоном. В цілому угруповання зооперифітону налічувало більш ніж 20 таксонів. Трофічна структура угруповань зооперифітону штучного носія «ВІЯ» представлена 6-ма трофічними групами: бактеріо-детритофагами, бактеріо-альго-детритофагами, детритофагами, омніфагами (всеїдними організмами), альгофагами та хижаками.

ВАКАЛ С.В. (УКРАЇНА, СУМИ)

## РОЛЬ ЗВ'ЯЗАНОГО ВУГЛЕЦЮ У ЖИВЛЕННІ РОСЛИН

*Сумський державний університет*

*40007, вул. Харківська, 116, м. Суми, Україна, svvakal@gmail.com*

**Abstract.** One of the approaches to solving the current problem of reducing greenhouse gas emissions from the soil has been developed. A variant of carbon deposition in the soil by introducing biochar as a nanoporous modifier into the composition of fertilizers has been shown. An increase in yields and an improvement in the quality of crops and soil fertility have been noted. Based on the research results, it has been determined that the most effective modifier is biochar made from hardwood.

За оцінками екологів, до значних забруднювачів атмосфери парниковими газами відноситься сільське господарство, на долю якого припадає більше 12 % загальних глобальних викидів парникових газів, якими є CO<sub>2</sub>, метан та закис азоту. Їх доля оцінюються в 5,1–6,1 гігатонн еквівалента CO<sub>2</sub> на рік. При цьому найбільший вуглецевий пул має океан – близько 38 400 GT, атмосферний вуглецевий пул складає 800 GT, вміст вуглецю в ґрунті складає 560 GT. Водночас, одним із найважливіших елементів на Землі, що пов'язаний з існуванням життя – є вуглець, який є основною складовою фотосинтезу. Вуглець у складі цукрів, вуглеводів та амінокислот знаходиться у листях, стеблах, плодах, коренях; тобто у всіх надземних і підземних частинах рослин. Також він є основним елементом для живлення певних мікроорганізмів ґрунту. Органічний вуглець ґрунту відіграє провідну роль у циклі вуглецю, тому депонує надлишкову кількість вуглецю в ґрунтах планети можна домогтися пом'якшення змін клімату.

Кількість вуглецю, виявленого в живих рослинах і тваринах, відносно мала у порівнянні з вмістом вуглецю у ґрунті. В орному шарі лісостепу Лівобережної України вміст органічного вуглецю в середньому складає 2,89 %. Проведені нами дослідження з визначення вмісту вуглецю в мінеральних і органічних добривах показали, що його вміст, залежно від виду добрива, може коливатися від 0,5 до 1,56 % та до 30 % відповідно. Отже, при рекомендованих агрохіміками нормах внесення мінеральних та органічних добрив без зміни агрозаходів суттєве накопичення вуглецю в ґрунті виглядає проблематичним. Розглядаючи джерела надходження та втрат вуглецю із ґрунту, можна відмітити першочергову необхідність застосування покривних культур для зниження викидів вуглецю від дихання ґрунту. По-друге, необхідне збільшення врожайності сільськогосподарських культур, оскільки значно підвищується надходження вуглецю в рослини з атмосфери за рахунок фотосинтезу. По-третє, важлива інтенсифікація біологічних процесів у ґрунті (розкладання біомаси ґрунтовими мікробами призводить до часткової втрати вуглецю у вигляді CO<sub>2</sub> з ґрунту через мікробне дихання, у той час як інша частина вихідного вуглецю зберігається за допомогою утворення гумусу – продукту, який часто надає ґрунтам, багатим на вуглець, характерний темний колір).

Наші дослідження довели можливість збільшення врожайності рослин за рахунок модифікування мінеральних добрив рядом природних сорбентів та гуматів лужних металів, а також розробки нових рецептур органо-мінеральних добрив. Вивчення впливу модифікаторів добрив на ґрунт та якісні показники врожаю показали, що застосування сорбентів нанопористої структури дозволяє не тільки зберегти, але й підвищити родючість ріллі. При цьому, найкращі показники ємності катіонного обміну ґрунту мав зразок біочару з твердих порід деревини. На фоні його внесення з розрахунку 100 кг/га збільшувалась на 60 %, у порівнянні з контролем, при одночасному збільшенні на 40 % доступного фосфору і при збільшенні засвоєного фосфору у рослин ячменю майже на 19 %, а при введенні біочару в рецептуру складних добрив приріст сухої речовини у посівах ярого ячменю складав більше 26,0 % в залежності від марки добрива у порівнянні з контролем.

Отже, збільшення врожайності рослин і підвищення родючості ґрунту свідчить, що зв'язаний вуглець стає реальним інструментом більш ефективної засвоєваності поживних елементів та вирішує завдання зниження викидів CO<sub>2</sub> з ґрунтів.



КОЧУБЕЙ В.В.<sup>1</sup>, ЯРЕМЧУК Я.В.<sup>2</sup>, МАЛЬОВАНІЙ М.С.<sup>1</sup>,  
БУГАЙЧУК Н.Ю.<sup>1</sup>, (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АКТИВОВАНИХ УЛЬТРАЗВУКОМ БЕНТОНІТІВ ІЛЬНИЦЬКОГО ТА ЧЕРКАСЬКОГО РОДОВИЩ

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

<sup>2</sup>Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України  
79013, пл. Св. Юра, 3/4, Львів, Україна; viktorii.v.kochubei@lpnu.ua

**Abstract.** X-ray diffractometric and comprehensive thermal analyses indicate that the primary rock-forming mineral in the bentonite clay from the Ilnytskyi and Cherkasy deposits is alkaline earth montmorillonite. X-ray spectral analysis indicates that ultrasonically activated and sedimentation-enriched bentonite from the coarse-dispersed phase of the Ilnytskyi deposit exhibits enhanced sorption capacity for copper ions. Bentonite from this deposit is considered a promising natural sorbent for the purification of wastewater from heavy metal ions.

В роботі досліджені сорбційні властивості монтморилонітів, які є основними породоутворюючими мінералами бентонітових глин Ільницького родовища Закарпатської області та Дашуківської ділянки (II шар) Черкаського родовища. Збагачення бентонітових глин монтморилонітом проводили методом седиментації грубодисперсної фази. Активацію збагаченого монтморилонітом бентоніту (ЗБ) проводили дією ультразвукових хвиль у водному середовищі впродовж 4 – 5 хвилин. Частота випромінювання складала 40 кГц, потужність джерела випромінювання 60 кВт, інтенсивність 3 Вт/см<sup>2</sup>. Недовготривала дія ультразвуку викликала диспергування частинок глини, розкриття базальних поверхонь ММТ та зростання кількості доступних сорбційних центрів.

За результатами X-променевого дифрактометричних досліджень (дифрактометр АДП-2.0, FeK<sub>α</sub>, Mn-фільтр; I-12 mA, U-30 кВ) зразки ЗБ були близькими до монофазних і представлені Са, Mg- формою монтморилоніту (ММТ). Міжшарові проміжки деяких пакетів ММТ Черкаського родовища заповнені гідратованими катіонами K<sup>+</sup> і Na<sup>+</sup>. ММТ діагностовано за інтенсивним базальним рефлексом (001) в діапазоні малих кутів (2θ = 6–10°). На дифрактограмі орієнтованих препаратів цього рефлексу відповідала міжшарова віддаль 1,54нм.

Результати рентгенофазового аналізу підтверджували даними комплексного термічного аналізу (дериватограф Q-1500 системи “Паулік - Паулік–Ердей”). Втрата маси зразків ЗБ в області температур 20–320°C відповідала виділенню міжшарової води, координованої обмінними катіонами ММТ. Значна втрата маси зразків ЗБ в температурному інтервалі 320–850°C відповідала руйнуванню структури ММТ з виділенням конституційної води. В температурних інтервалах 320–617°C (Ільницьке родовище) та 320–572°C (Черкаське родовище) руйнувались пакети ММТ, в октаедричних позиціях яких деякі катіони алюмінію ізоморфно заміщені катіонами заліза. ММТ Ільницького родовища відзначався більшим вмістом залізистих пакетів.

Сорбційну здатність зразків ЗБ відносно катіонів Cu<sup>2+</sup> оцінювали на основі даних енергодисперсійного X-променевого спектрального аналізу із використанням приладу INCA Energy 350, що інтегрований в систему скандувального електронного мікроскопу Zeiss EVO-40XVP. Сорбцію йонів Cu<sup>2+</sup> зразками ЗБ проводили із водних розчинів впродовж двох діб за температури 25°C і рН 4,1. За початкової концентрації йонів купруму 0,8 мг/мл в ММТ Ільницького родовища відбувалось повне заміщення обмінних йонів Са<sup>2+</sup> йонами Cu<sup>2+</sup>. Вміст йонів купруму в ММТ складав 31,95 мг/г. За початкової концентрації Cu<sup>2+</sup> 1,5 мг/мл в ММТ Черкаського родовища відбувалось часткове заміщення природного обмінного комплексу йонами Cu<sup>2+</sup>. Вміст йонів купруму в ММТ складав 19,28 мг/мл. Еквівалентне заміщення йонів природного обмінного комплексу ММТ йонами Cu<sup>2+</sup> свідчило про йонний механізм сорбції.

Підвищена сорбційна здатність ЗБ Ільницького родовища відносно йонів Cu<sup>2+</sup> зумовлена характером ізоморфних заміщень в октаедричній сітці ММТ, які здатні впливати на структурний заряд мінералу. Зниження сорбційної здатності ЗБ Черкаського родовища викликана присутністю в обмінному комплексі ММТ однозарядних катіонів, які відзначаються низькою здатністю до йонного обміну.

ЛАЦИК Н.В. ПЕТРУШКА І.М. (УРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПРОГНОЗУВАННЯ ПОШИРЕННЯ ПИЛУ В АТМОСФЕРІ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ

*Національний університет "Львівська політехніка"*

*79000, вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна; nataliia.v.latsyk@lpnu.ua*

**Abstract.** The cement industry is a significant source of air pollution due to cement dust emissions, which negatively impact human health and the environment. To ensure sustainable development, it is important to implement effective measures for monitoring and reducing industrial load, particularly by improving dust collection equipment, which can reduce cement dust emissions by 10-15%.

Забруднення атмосферного повітря є серйозною загрозою для екологічної безпеки, особливо через пилові викиди цементних підприємств. Тонкодисперсні поллютанти, що містять різноманітні компоненти, здатні викликати синергетичні ефекти і порушувати екологічну рівновагу в екосистемах. Розповсюдження забруднювачів залежить від багатьох факторів, таких як метеорологічні умови, рельєф місцевості, а також наявність природних і штучних бар'єрів. Це впливає на якість повітря, особливо в житлових районах, розташованих поблизу цементних заводів.

Моделювання поширення пилових викидів є важливим інструментом для оцінки їх впливу на довкілля. Для цього використовуються такі моделі, як AERMOD, які враховують різні фактори, зокрема метеорологічні умови, рельєф та характеристики джерел викидів. Модель AERMOD, розроблена науковцями США та Канади, є точним інструментом для прогнозування викидів та їх розповсюдження.

Розробка математичних моделей поширення цементного пилу є ключовим кроком для покращення екологічної безпеки та захисту здоров'я населення, що проживає поблизу таких промислових об'єктів.

Дослідження показують, що дрібнодисперсні частинки пилу становлять серйозну загрозу для здоров'я людини, особливо через їх здатність проникати глибоко в легені та викликати захворювання. Щоб зменшити забруднення, важливо розробляти математичні моделі для прогнозування розповсюдження пилу в атмосфері. Однією з таких моделей є рівняння дифузійного перенесення, яке враховує швидкість вітру, потужність джерела викидів, та інші фактори. Для вирішення цього рівняння використовується метод дискретизації простору та скінченних різниць.

Результати моделювання показують, що найбільша концентрація пилу спостерігається на деякій відстані від джерела через вплив повітряних мас. За допомогою запропонованих технологій очищення повітря можна зменшити концентрацію пилу на 10-15%. Математична модель показала відхилення від реальних експериментальних даних не більше ніж на 20%, що свідчить про її точність.

Таким чином, запропонована модель ефективно описує процес розповсюдження цементного пилу в атмосфері і може бути використана для покращення екологічної ситуації та захисту здоров'я людей.

**Висновки.** Математична модель перенесення забруднюючих речовин у міських умовах враховує як дифузійні, так і турбулентні механізми транспортування. Модель також бере до уваги взаємодію повітряного потоку з міською забудовою, що суттєво впливає на вертикальний розподіл забруднень. Основні аспекти моделі включають: дифузійний механізм (поширення забруднень через молекулярну дифузію з урахуванням турбулентності повітряних потоків); взаємодію з будівлями (ефект "вуличного каньйону", коли високі будівлі обмежують горизонтальні та вертикальні потоки); та залежність розподілу забруднюючих речовин по висоті. Високий коефіцієнт кореляції Пірсона (0,92-0,94) підтверджує адекватність цієї моделі в прогнозуванні розподілу забруднень по висоті з урахуванням швидкості вітру і здатності будови забезпечувати природну циркуляцію повітря.

ЮРЧЕНКО В.О., ТКАЧЕНКО С.О., МЕЛЬНИКОВА О.Г. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## КОРЕЛЯЦІЯ БІОТИЧНОГО ІНДЕКСУ АКТИВНОГО МУЛУ З ПАРАМЕТРАМИ ТА ПОКАЗНИКАМИ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД

*Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, 61002, вул. Чорноглазівська, 17, Харків, Україна; valentyna.yrchenko@kname.edu.ua*

**Abstract.** The results of a long-term study of activated sludge and the determination of its biotic index using the Madoni method at existing city sewage treatment plants are presented. The analysis of the obtained data made it possible to determine a reliable positive correlation of the sludge index with the concentration of  $\text{NO}_3^-$  in the wastewater leaving the facility, and, therefore, with the depth of the nitrification process, a negative correlation of the index with the filament index, temperature, as well as the concentration of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{H}_2\text{S}$  at the entrance to the treatment facilities.

Для ефективного контролю та управління біотехнологіями очистки стічних вод необхідні методи діагностики стану активних мікробіоценозів – об'єктивні індекси. Біотичний індекс активного мулу (SBI), запропонований Мадоні, є об'єктивним показником і дуже корисним інструментом для інтегральної оцінки функціональності мулу при моніторингу, а особливо для ідентифікації критичних ситуацій.

SBI встановлюють на основі результатів, отриманих при дослідженні мікрофауни активного мулу. Метод SBI передбачає, що домінування ключових груп та їх чисельність, а також кількість таксонів-індикаторів мікрофауни активного мулу змінюються залежно від фізико-хімічних і технологічних параметрів та ефектів процесу очищення. Терміном «ключові» або «функціональні» групи позначають групи найпростіших, виділені на основі способу їх пересування та ролі, яку вони відіграють у біоценозі активного мулу. Ключовими групами є вільноплаваючі, повзаючі та прикріплені інфузорії, раковинні амеби, малі гетеротрофні джгутикові, інфузорії роду *Opercularia* spp. та *Vorticella microstoma*. На підставі кількісного обрахування ключових груп індекс визначають за допомогою двосторонньої таблиці. Ця таблиця оцінює якість активного мулу на основі різної чутливості певних груп мікрофауни до умов навколишнього середовища, та впливу цих умов на чисельність найпростіших. В роботах закордонних авторів щодо дослідження SBI визначено кореляцію концентрації різних найпростіших в активному мулі з показниками складу стічних вод до очистки і після очистки (БСК, ХСК, розчинний кисень, амонійний азот, нітрити, активність нітрифікації, кольоровість, вік активного мулу, концентрація завислих речовин).

Метою роботи є визначення SBI активного мулу міських очисних споруд та встановлення кореляції цього показника з параметрами та показниками очистки. Дослідження виконували на міських очисних спорудах № 2 м. Харкова протягом 6 місяців при контролі показників очистки.

На підставі обробки отриманих даних встановлювали кореляції між SBI та наступними показниками якості активного мулу (муловий індекс, індекс нитчатості) та складу стічних вод (концентрація сірководню в поступаючій воді, концентрація нітратів та амонійного азоту в очищеній воді, солеміст), а також температурою. Статистичний аналіз значень SBI та показників якості стічних вод довів, що існує висока негативна кореляція значень SBI з індексом нитчатості (-0,981) та температурою (-0,949). Висока негативна кореляція також була виявлена між SBI та концентрацією  $\text{NH}_4^+$  (-0,826) на виході з аеротенку, що об'єктивно віддзеркалює залежність ефекту глибокої біологічної очистки (з видаленням сполук нітрогену) від якості активного мулу. При цьому було виявлено позитивну кореляцію (0,842) між значенням SBI та концентрацією  $\text{NO}_3^-$  в стічних водах, що виходять з споруди), а, отже, з глибиною процесу нітрифікації та ефективністю видалення амонійного азоту. Виявлена висока негативна кореляція (-0,791) SBI з концентрацією  $\text{H}_2\text{S}$  на вході в очисні споруди.

Отже, в результаті проведених досліджень можна прийти до висновку, що біотичний індекс мулу SBI демонструє стійкий достовірний взаємозв'язок з ключовими показниками очистки стічних вод та якості активного мулу, а, отже, є значущим інструментом при оптимізації технології біологічного очищення стічних вод.

VLADIMIRSKY A., VLADIMIRSKY I., ARTEMCHUK V. (UKRAINE, KYIV)

## PECULIARITIES AND DEVELOPMENT OF LEAK DETECTION TECHNOLOGIES FOR HEAT AND WATER SUPPLY PIPELINES UNDER MILITARY IMPACTS

*G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of the NAS of Ukraine  
03164, 15 General Naumov St., Kyiv, Ukraine; av1000000@ukr.net*

**Abstract.** The paper analyzes the current condition of underground heat and water supply pipelines in Ukraine under significant wear and military impacts. Challenges in promptly detecting hidden leaks and possibilities of applying known methods to identify damaged sections and leak locations are examined. Developing acoustic and correlation leak detectors is considered promising for more accurate pipeline diagnostics in war conditions and network deterioration. Innovations such as a new parametric correlation method and spatial-frequency selection of useful leak signals are proposed to enhance critical infrastructure diagnostics, ensure essential services, and support energy system resilience amid contemporary challenges.

In the approved Energy Strategy of Ukraine for the period until 2050 (Cabinet of Ministers of Ukraine, Order No. 373-r of April 21, 2023), the renewal and modernization of the energy infrastructure are envisaged. A critically important component of this infrastructure is the heat and water supply systems, including central heating and hot water pipelines. The strategy considers the consequences of the full-scale war against Ukraine, emphasizing energy security and strengthening the energy system's resilience. Ensuring the operational technical state of heat and water supply systems requires diagnostic methods and tools that correspond to the critical situation that has developed. It is advisable to analyze the current state and peculiarities of diagnosing heat and water supply systems, the most effective known scientific and practical approaches to operational detection of damages, and to identify the most demanded and feasible tasks for implementing relevant improvements.

According to statistics, a significant portion of water supply and heat pipelines in Ukraine are in an emergency state due to wear and tear. In large cities, daily search and elimination of leaks have become an integral part of water and heat supply technology. The war has exacerbated this situation, adding military destruction to the destructive impact on the energy system due to wear. The application of existing diagnostic methods is complicated by factors such as low pressure in pipes, powerful acoustic and electromagnetic interference, and the need for increased operational efficiency due to military conditions. Despite the availability of various diagnostic methods—acoustic, thermal, electromagnetic, etc.—the diversity of leak search conditions is still significantly broader than the capabilities of existing pipeline diagnostic methods. Considering the experience in instrument development and production leak search, it is determined that the most promising is the development and expansion of the capabilities of existing acoustic and correlation leak detectors. These devices are currently the most effective, sensitive to leaks, and versatile. They have many untapped reserves for significant improvement, which are being implemented at the G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine.

**Conclusions.** The conducted analysis of scientific and practical approaches to the operational detection of damages in heat and water supply systems showed the presence of many diagnostic methods using visual, acoustic, thermal, electromagnetic, moisture-metering, chemical, manometric, and flow-metering signs of damage. However, the diversity of leak search conditions is still significantly broader than the capabilities of existing pipeline diagnostic methods. This problem is not unique to Ukraine but is significantly aggravated in our country due to the accumulated wear of most networks and the war. The operational detection and elimination of leaks, unlike in many other countries, are not a service maintenance but an integral, daily part of the technology of heat and water supply to the population. This imposes much higher requirements on the instrumental support of relevant production teams since critical infrastructure must ensure the livelihood of the population under any conditions. The research was conducted within the framework of project 2023.04/0022, "Development of a Hardware-Software Complex and Methodology for Rapid Detection of Damages in Heating and Water Supply Systems Considering Their Wear and Tear and Military Impacts," funded by the National Research Foundation of Ukraine (NRFU).

АНДРЕЄВ М.С., СТОЛЯРЕНКО Г.С. (УКРАЇНА, ЧЕРКАСИ)

## ЗАСТОСУВАННЯ ЯВИЩА КАВІТАЦІЇ І КАВІТАЦІЙНОГО РЕАКТОРУ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

*Черкаський державний технологічний університет  
18006, бул. Шевченка, 460, Черкаси, Україна; chdtu@chdtu.edu.ua*

**Abstract.** A significant challenge in the field of chemical engineering is to enhance the rate of physicochemical processes. The slow kinetics of these processes result in elevated capital expenditures for the construction of process flowsheets and increased consumption of feedstocks and energy during operation.

The goal of this research was to expedite physicochemical transformations within a heterogeneous system through the exploitation of the cavitation phenomenon in a cavitation reactor.

Явище кавітації широко відоме в літературі. Воно часто використовується в техніці та технологіях для проведення та прискорення різних процесів: диспергування, змішування та нагрівання речовин, очистки поверхонь, теплогенерації та ін.

Завдяки кавітації в гетерофазній суміші двох рідин, або рідкої та твердої фази відбувається інтенсивне та ретельне їх змішування, швидке нагрівання (найбільш інтенсивне в зоні кавітаційної бульбашки) та максимальне диспергування фаз. При цьому максимально прискорюються масообмінні процеси та швидкості хімічних реакцій (особливо для високомолекулярних сполук).

Розроблено кавітаційний реактор що виконаний у вигляді резервуару, насоса для перекачування рідини і кавітаційного пристрою.

Реактор призначений для проведення хімічних перетворень в емульсіях та суспензіях (при достатньому диспергуванні твердої фази, та легкому перекачуванні рідини).

Нами було створено та досліджено стендову кавітаційну установку (рис. 1) продуктивністю – бл за один цикл.

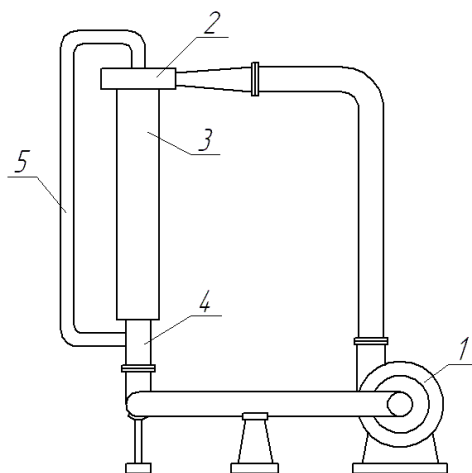


Рис.1. Стендова кавітаційна установка

За допомогою даної стендової установки досліджувалася інтенсифікація процесу синтезу біодизелю за рахунок явища кавітації.

Удосконалення способу отримання біодизелю за рахунок використання явища кавітації у кавітаційному реакторі дозволяє збільшити швидкість проведення процесу, використовувати різні види олійної сировини, метиловий та етиловий спирт, знизити енерговитрати та металоємність технологічної схеми.

Перспективним є дослідження використання явища кавітації взагалі, та даного методу зокрема для інтенсифікації хімічних та фізико-хімічних процесів у гетерофазних сумішах рідина – тверда фаза, наприклад при вилуговуванні цінних компонентів із твердих відходів різних підприємств: шламів, пустої породи, та ін.

Дослідний зразок у вигляді пілотної установки виготовлений і випробуваний в Черкаському державному технологічному університеті.

ТКАЧЕНКО А.О.<sup>1</sup>, САГДСЄВА О.А.<sup>1</sup>, КРУСІР Г.В.<sup>1</sup>,  
МАЛЬОВАНІЙ М.С.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ОДЕСА, ЛЬВІВ)

### ОТРИМАННЯ ТА СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОЧАРУ З ГРЕЧАНОГО ЛУШПИННЯ

<sup>1</sup>Одеський національний технологічний університет  
65039, вул. Канатна, 112, Одеса, Україна

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»  
79000, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна

**Abstract.** Buckwheat husk is a valuable raw material to produce biochar. This work obtained biochar from buckwheat hulls by pyrolysis and microwave irradiation at different temperature conditions. The sorption properties of biochar for lead ions were investigated. The results showed that the sorption capacity of biochar is significantly higher than the original plant material due to the difference in chemical composition and surface properties. Increasing the pyrolysis temperature has a favourable effect on the sorption properties of the samples, increasing their ability to bind heavy metal ions.

Україна є одним із провідних виробників гречки у світі, що зумовлює актуальність питання утилізації відходів її переробки шляхом інтеграції в замкнений виробничий цикл. Метою даного дослідження є отримання біоچارу як функціональної добавки для компостування органічних харчових та сільськогосподарських відходів, а також дослідження його сорбційних властивостей.

Біочар отримували з гречаного лушпиння із застосуванням піролізу та мікрохвильового опромінення при різних умовах: при температурі 300°C і 500°C, та 230°C відповідно. Зразки після карбонізації піддавалися подрібненню в кульовому млині.

Визначення сорбційних властивостей зразки біоچارу та вихідної сировини проводили при гідромодулі 20. Сорбцію проводили протягом 17 годин, що відповідає часу досягнення сорбційної рівноваги, при температурі 37°C. Після цього визначали залишкову концентрацію іонів свинцю методом спектрофотометрії. Величину сорбції обчислювали за різницею між початковою та залишковою концентраціями іонів свинцю у розчині.

Відомо, що біочар є ефективними сорбентами для широкого спектра забруднювачів навколишнього середовища, включаючи іони важких металів, нафту та нафтопродукти, а також забруднювачі мікробіологічного походження тощо. У табл. 1 наведено дані, характеризують здатність біоچارу до зв'язування іонів свинцю. Виходячи з результатів щодо зв'язування іонів свинцю, можна зробити попередню оцінку сорбційної здатності біоچارу до інших іонів важких металів, які містяться в органічних відходах.

Таблиця 1

#### Характеристика сорбційних властивостей сировини та біоچارу з гречаного лушпиння

Зразок	Сорбція Pb <sup>2+</sup>	
	мг/г	% вихідної маси
Гречане лушпиння	21.5 ± 0.4	57.8 ± 1.1
Біочар-МХ	18.6 ± 0.3	50.0 ± 0.9
Біочар-300	21.1 ± 0.4	56.7 ± 1.1
Біочар-500	7.1 ± 0.5	19.0 ± 1.3

У ході дослідження взаємодії іонів свинцю з сировиною (гречаним лушпинням) та її модифікованими формами (біочаром) було визначено закономірності їх сорбції. Отримані результати показують, що сорбційна здатність модифікованих форм значно перевищує аналогічні показники для вихідної рослинної сировини, що, ймовірно, пов'язано з відмінностями в хімічному складі, структурі поверхні та інших властивостях.

Порівняння даних щодо сорбції іонів свинцю біочарами дозволяє зробити висновок про істотний вплив методу отримання на ефективність сорбції. Зокрема, підвищення температури піролізу біоچارу сприятливо впливає на сорбційні властивості зразків, збільшуючи їхню сорбційну здатність зі зростанням температури.

БАЛАБАН С.М., КАСПРУК В.Б. (УКРАЇНА, ТЕРНОПІЛЬ)

## ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ГАЗІВ ЯК ЗАСІБ ЗБІЛЬШЕННЯ ЕКОЛОГО - ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ УСТАНОВОК

*Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулля  
46001, вул.Руська,56, Тернопіль, Україна; tntu.edu.ua*

**Abstract.** The issue of heat pollution from industrial emissions and heat utilisation is particularly relevant for the food industry. To increase the economic interest of business entities in reducing greenhouse gas emissions and the use of fossil fuels, the EU has introduced rules for international carbon trading. Therefore, the selection of promising technologies for reducing greenhouse gas emissions is of paramount importance for ensuring environmental safety.

В останні десятиліття глобальні зміни клімату вважаються однією з найважливіших проблем, які необхідно вирішувати людству. До основних причин таких змін відносять збільшення парникових газів в атмосфері Землі та теплове забруднення довкілля. Кількість викидів парникових газів оцінюють у CO<sub>2</sub> еквіваленті. За одиницю вимірювання рекомендовано використовувати вуглецеву квоту, яка рівна викидам однієї тони вуглекислого газу. Одним з найбільш ефективних і простих методів економії вуглецевих квот є повторне використання тепла відпрацьованих технологічних газів. Запропоноване технологічне рішення дозволяє одночасно скоротити використання енергоносіїв і зменшити теплове забруднення довкілля. Кількість органічного палива, яку необхідно спалити щоб одержати таку кількість теплової енергії залежить від його теплотворної здатності. Склад і властивості природного газу змінюються у дуже великому діапазоні. Тому для розрахунків обрано природний газ з параметрами: густина сухого газу  $\rho=0,78\text{кг/м}^3$ ; теплотворна здатність  $Q_H=33100\text{кДж/м}^3=42435\text{кДж/кг}$ ; склад сухого газу CH<sub>4</sub> - 91,6%; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> - 1,6%; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> - 0,8%; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> - 0,4%; C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> - 0,2%; CO<sub>2</sub> - 0,6%. Враховуючи атомну масу вуглецю і водню визначаємо, що сумарний вміст вуглецю у вуглеводневих сполуках що входять до складу обраного природного газу становить 71,8%. Під час проведення розрахунків кількості вуглекислого газу, що виділяється в результаті спалювання необхідної кількості органічного енергоносія враховуємо, що за умов повного окислення, при спалюванні 1 кг вуглецю утворюється 3,67 кг вуглекислого газу.

Для прикладу використання результатів приведених розрахунків проведемо аналіз очікуваного екологічного і економічного ефекту від реалізації охолодження відпрацьованих технологічних газів печі А2ШБГ. Для технологічних потреб у печі спалюють природний газ. В умовах оптимального режиму роботи з печі виділяється в атмосферу відпрацьований технологічний газ в кількості  $L=1955\text{м}^3/\text{год}$  з температурою  $T_1=433\text{К}$ . Використання пластинчатого протитоккового теплообмінника «повітря - повітря» з поверхнею теплообміну  $F=25\text{м}^2$  дозволить охолодити дану кількість відпрацьованих технологічних газів до температури  $T_2=313\text{К}$ .

З урахуванням вище викладеного для обчислення кількості  $M$  зекономленого природного газу в результаті повторного використання отриманої теплової енергії використовуємо формулу:

$$M = \frac{mL(T_1 - T_2)}{10} = 3,06 \times 10^{-4} \times (433 - 313) / 10 = 7,18 \text{ кг/год}, \quad (1)$$

Для обчислення економії викидів вуглекислого газу використовуємо формулу:

$$M_{CO_2} = \frac{m_{CO_2} L (T_1 - T_2)}{10} = 8,06 \times 10^{-4} \times 1955 \times (433 - 313) / 10 = 18,9 \text{ кг/год}, \quad (2)$$

Таким чином, на протязі 53 годин роботи системи повторного використання тепла відпрацьованих технологічних газів на печі А2ШБГ дозволить зменшити викиди вуглекислого газу на 1 тону, що рівне одній вуглецевій квоті. При цьому економія природного газу становитиме 380 кг або 488 м<sup>3</sup>.

Аналогічні розрахунки можна виконати для процесу згоряння інших видів органічних енергоносіїв.

КОНОВАЛОВ О.В., САБАДАШ В.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ ГЛІФОСАТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ВУГЛЕЦЕВИХ СОРБЕНТІВ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; vira.v.sabadash@lpnu.ua*

**Abstract.** This study focuses on the adsorption of glyphosate from aqueous solutions using carbon-based sorbents, particularly Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWCNTs) with diameters of 5-15 nm. The results indicate that carbon-based sorbents, particularly MWCNTs, hold significant potential for the removal of glyphosate from water. This research provides valuable insights into optimizing the water treatment process and reducing pesticide contamination, contributing to improved environmental safety and water quality. Further studies are recommended to develop industrial-scale applications for carbon sorbents in water purification systems.

Забруднення водних ресурсів пестицидами є однією з найбільш актуальних екологічних проблем сучасності. Одним із найбільш поширених і водночас небезпечних пестицидів є гліфосат, який використовується в сільському господарстві для боротьби з бур'янами. Гліфосат, потрапляючи у водні середовища, може завдавати шкоди не лише екосистемам, але й здоров'ю людей, оскільки його залишки можуть накопичуватися в питній воді. З огляду на це, виникає необхідність у розробці ефективних методів очищення вод від цієї небезпечної речовини. Одним із перспективних підходів до вирішення цієї проблеми є використання вуглецевих сорбентів для адсорбції гліфосату. У цьому дослідженні основний акцент зроблено на вивченні адсорбційних властивостей вуглецевих сорбентів, зокрема вуглецевих нанотрубок Multi Walled Carbon Nanotubes (MWCNTs) діаметром 5-15 нм. Було проведено серію експериментів для оцінки ефективності адсорбції гліфосату на цих матеріалах при різних умовах, включаючи зміну температури, концентрації пестициду у воді та фізико-хімічних властивостей сорбентів. Для оцінки кінетики адсорбції використовували методи, що дозволяли відстежувати зміну концентрації гліфосату в розчині з часом. Було також проведено аналіз термодинамічних параметрів процесу для визначення природи взаємодії між гліфосатом та сорбентами. Дослідження показали, що вуглецеві сорбенти є ефективними матеріалами для видалення гліфосату з водних середовищ. Зокрема, використання MWCNTs дозволяє досягти високого рівня адсорбції при оптимальних умовах. Важливими факторами, які впливають на ефективність процесу, є температура та фізико-хімічні властивості сорбентів. При підвищенні температури до  $+20 (\pm 0,5) ^\circ\text{C}$  було зафіксовано покращення адсорбційних властивостей матеріалу, що вказує на можливий ендотермічний характер процесу. Аналіз кінетики адсорбції показав, що процес відбувається швидко на початкових етапах, після чого досягається рівновага. Ці дані можуть бути корисними для розробки ефективних методів очищення води на практиці, оскільки швидкість адсорбції є важливим параметром для створення сорбційних систем у промислових масштабах. Термодинамічний аналіз процесу показав, що адсорбція гліфосату на вуглецевих нанотрубках є спонтанним процесом, який супроводжується зниженням вільної енергії системи. Встановлено, що внутрішня дифузія гліфосату в нанотрубки є ключовим етапом процесу, і для частинок цеоліту діаметром 1 мм ефективний коефіцієнт внутрішньої дифузії складає  $2,8 \times 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ . Результати досліджень свідчать про високий потенціал вуглецевих сорбентів, зокрема MWCNTs, для видалення гліфосату з водних середовищ. Ефективність адсорбції залежить від ряду факторів, таких як температура, концентрація пестициду та властивості сорбентів, що дозволяє оптимізувати процес очищення води. Застосування цих матеріалів може стати важливим кроком у боротьбі із забрудненням водних ресурсів пестицидами та покращенні екологічної безпеки. Подальші дослідження дозволять розробити ефективні системи для використання в промислових масштабах. Застосування вуглецевих сорбентів у промислових системах очищення водних ресурсів може бути корисним для аграрних регіонів, де використання пестицидів є поширеним явищем. З урахуванням отриманих даних можна розробити практичні рекомендації для систем водоочищення, зокрема для зниження рівня гліфосату в питній воді, що дозволить зменшити ризики для здоров'я населення та навколишнього середовища.



КРИКЛИВИЙ Р.Д., БОГОЛЮБ Ю.Ю., КРИМНЯК А.В.,  
ПІДЛУЩАК В.М. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ВИКОРИСТАННЯ НЕКОНДИЦІЙНИХ ХЛОРВМІСНИХ СПОЛУК У ПРОЦЕСІ ОЧИСТКИ КАОЛІНУ

*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського  
21001, вул. Острозького, 32, Вінниця, Україна; info@vspri.edu.ua*

**Abstract.** The possibility of using substandard chlorine-containing compounds as chlorinating agents in the process of purifying kaolin using the example of hexachlorobenzene is shown. The effectiveness and feasibility of the technology of decomposition of natural alumina-containing minerals with tetrachloromethane for the purification of clay material from iron compounds is experimentally investigated. An unconventional complex approach is proposed for solving the problems of purifying aluminosilicate ores through the interaction of kaolin clays with tetrachloromethane.

На сучасному етапі розвитку промислового виробництва проблеми охорони навколишнього середовища та утилізації відходів стали одними з найважливіших загальнодержавних завдань, вирішення яких нерозривно пов'язане із зміцненням здоров'я людей та із забезпеченням неухильного зростання їх добробуту. Розробка та впровадження на багатьох промислових підприємствах маловідходних і безвідходних технологічних процесів, а також утилізація відходів, поряд з поліпшенням стану навколишнього середовища, дозволяє отримати значний економічний ефект за рахунок більш раціонального використання природних ресурсів і промислових відходів.

Складність глибокого очищення глиноземвмісної сировини від сполук заліза у традиційних способах одержання глинозему зумовлює необхідність удосконалення існуючих технологій, що б дозволило комплексно використовувати компоненти сировини при менших затратах енергії.

Мета роботи полягала в дослідженні можливості використання некондиційних хлорвмісних сполук, у якості хлоруючих агентів, в процесі очистки каоліну на прикладі гексахлорбензолу. Для досліджень використовували  $CCl_4$ , який отримували безпосереднім хлоруванням гексахлорбензолу а також каолінову глину Глухівського родовища.

Каоліни Глухівського родовища утворились при вивітрюванні гранітів і мігматитів, мають білий, сірувато-білий, кремово-жовтий колір. Глиниста частина складає 52-60 %, піщаниста - 40-48 %. Хімічний склад каоліну-сирцю і збагаченого каоліну наведено у табл. 1.

*Таблиця 1*

**Хімічний склад каоліну-сирцю і збагаченого каоліну**

Компоненти:	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO
Каолін-сирець	46,09-63,26	24,99-39,26	Сліди-4,72	0,05-4,27	0,3-0,65
Збагачений каолін	45,9-49,3	35,0-39,3	0,1-4,7	Сліди-4,6	Сліди-0,9
Компоненти:	MgO	ΣR <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Інші	
Каолін-сирець	Сліди-0,22	Сліди-0,36	Сліди-0,27	13,2-13,78	
Збагачений каолін	0-1,2	Сліди-1,0	-	12,8-13,8	

Збагачений каолін на 95-98 % складається з каолініту. Домішки представлені лейкоксеном, карбонатами, гідрослюдами, гідроксидами заліза.

Проведені дослідження дозволили визначити оптимальні умови процесу розкладу природних глиноземвмісних мінералів тетрахлорометаном, а саме: температура випалу – 600 °С, температура хлорування – 350-600 °С, тривалість хлорування – 60 хв., витрата тетрахлорометану – 105 %.

ЛІТВАК О.А., ДАНЬШИН А.С. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)  
**ЕКОЛОГІЧНА ПАРКОВКА ЯК ВАЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ  
 СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТА**

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
 54007, Проспект Героїв України, 9, Миколаїв, Україна; university@nuos.edu.ua*

**Abstract.** In today's environment, the creation of ecological car parks in cities can solve two problems at once: organizing car parking and landscaping. Ecological parking is created using environmentally friendly materials and preserving natural vegetation. The development of ecological car parks involves the use of a variety of modern technologies that ensure environmentally efficient and cost-effective use of limited urban space. The implementation of ecological parking requires planning and investment, but its long-term benefits for the environment and society make it an important element of sustainable urban development.

У великих містах, де кількість особистого та службового автотранспорту постійно збільшується, все гостріше постає проблема нестачі паркувань. Масові автостоянки та неорганізоване зберігання автомобілів різко погіршують якісний склад приземного шару атмосфери, що негативно впливає на здоров'я міського населення. Тому в сучасних умовах створення екологічних паркувань у великих містах може вирішити одразу дві проблеми: організація стоянки машин та озеленення території.

Екологічна парковка (зелена паркова, екостоянка) – відображає суть технології, за якої майданчик для паркування автомобілів створюється з використанням екологічно безпечних матеріалів, за рахунок збереження природного рослинного покриву. Головним елементом екологічної парковки є зносостійкий газон, призначений для інтенсивної експлуатації. Основою газону є особлива решітка з осередками, в які засипається ґрунтовий субстрат, і висівається насіння газонних трав. Решітка приймає навантаження, рівномірно розподіляючи його по всій поверхні, і захищає газон від прямого контакту з колесами. Газонне покриття пропускає воду, повністю зберігає екосистему ділянки та захищає ґрунт від руйнування. Крім газонних решіток облаштування таких парковок передбачає застосування різноманітних сучасних енергозберігаючих та інтелектуальних технологій, що забезпечують екологічно ефективно та економічно доцільне використання обмеженого міського простору.

Тому організація екопарковки передбачає впровадження комплексу заходів і технологій, до яких можна віднести наступні:

- використання водопроникних матеріалів, таких як газонні решітки, гравій або спеціальні бруківки з пористих матеріалів. Це дозволяє дощовій воді вбиратися в землю, зменшуючи навантаження на зливу каналізацію та запобігаючи утворенню калюж;
- включення зелених насаджень, таких як газони, дерева, що створює додатковий простір для поглинання CO<sub>2</sub>, покращує міський мікроклімат і підвищує комфорт для пішоходів;
- впровадження енергоефективного освітлення – встановлення світлодіодних ліхтарів з датчиками руху;
- створення спеціальних зон для заряджання електромобілів;
- встановлення на навісах та інших конструкціях сонячних панелей, які забезпечують енергію для освітлення або зарядки електромобілів;
- використання сучасних технологій, таких як сенсори та системи керування паркуванням;
- розміщення інформаційних табло, які інформують водіїв про кількість вільних місць, рівень загазованості та якість повітря, про переваги та правила використання екологічної парковки, а також про необхідність дбайливого ставлення до навколишнього середовища.

Парковки можуть бути інтегровані в елементи ландшафтного дизайну, що сприяє розвитку місцевих екосистем та збереженню біорізноманіття.

Екологічні парковки стають все більш популярними через їхні переваги в покращенні екологічного стану урбанізованих територій. Впровадження екологічних парковок потребує планування та інвестицій, проте їх довгострокові переваги для довкілля та суспільства роблять їх важливим елементом сталого розвитку міста.

КОНДРАТЮК Л.В., ЛІТВАК С.М. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОРОЗШИРЕНОГО ГРАФІТУ ЯК СОРБЕНТУ ПРИ АВАРІЙНИХ РОЗЛИВАХ НАФТИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
54007, Проспект Героїв України, 9, Миколаїв, Україна; university@nuos.edu.ua

**Abstract.** The use of thermally expanded graphite for the sorption of petroleum products in soil is a promising technology aimed at cleaning contaminated soils. Thermally expanded graphite is a graphite material obtained through thermal treatment of pre-intercalated graphite. Thermally expanded graphite has several advantages that make it an effective means for removing petroleum products from the environment. These advantages include: high adsorption capacity, environmental safety, cost-effectiveness, ease of application, high resistance to chemical compounds, and fire resistance.

Нафта є переважною сировиною для виробництва транспортних палив і займає важливе місце у структурі паливно-енергетичних балансів країн світу. Разом з тим на всіх стадіях нафтокористування може відбуватися забруднення компонентів довкілля. Щорічно у світі в довкілля надходить від 5 до 10 млн. т нафтопродуктів, що становить 5–7% від усієї видобутої та переробленої сировини. Тому пошук і розробка доступних методів і технологій боротьби з розливами нафти є актуальним завданням.

Перспективним напрямком є технологія, заснована на використанні сорбентів. При виборі сорбентів важливо враховувати такі фактори, як тип розливої речовини, умови довкілля, масштаб розливу та можливість подальшої утилізації використаних сорбентів.

Використання терморозширеного графіту для сорбції нафтопродуктів на ґрунті є перспективною технологією, спрямованою на очищення забруднених ґрунтів. Терморозширений графіт – це графітовий матеріал, який отримують шляхом термічної обробки попередньо інтеркалоvanого графіту. Процес виробництва (модифікації) включає два основні етапи:

- інтеркаляція – це введення хімічних реагентів (найчастіше кислот або окислювачів) між шарами графіту, що збільшує відстань між ними;
- термічна обробка – різке нагрівання інтеркалоvanого графіту до високих температур (понад 800°C). При цьому відбувається швидке випаровування інтеркаляційних агентів, що призводить до різкого збільшення об'єму графіту. Це явище супроводжується утворенням пористої, легкої та об'ємної структури, відомої як терморозширений графіт.

Терморозширений графіт має високу адсорбційну здатність і стійкість до хімічних впливів, що робить його ефективним засобом для видалення нафтопродуктів з навколишнього середовища (табл. 1).

Таблиця 1

### Переваги використання терморозширеного графіту для сорбції нафти і нафтопродуктів

Переваги	Пояснення
Висока адсорбційна здатність	Графітові матеріали мають високу площу поверхні та пористу структуру, що дозволяє їм ефективно поглинати нафтопродукти
Екологічна безпека	Модифікований графіт не є токсичним і не становить загрози для навколишнього середовища, що робить його безпечним для використання в природних умовах.
Економічна ефективність	Виробництво та застосування терморозширеного графіту є відносно недорогими процесами порівняно з іншими методами очищення ґрунту
Простота застосування	Терморозширений графіт можна використовувати як у вигляді порошку, так і у вигляді гранул, що полегшує його застосування в різних умовах.
Висока стійкість до впливу хімічних сполук	Графіт стійкий до різних хімічних та фізичних впливів, що дозволяє використовувати його багаторазово без значної втрати ефективності.
Пожежна стійкість	Терморозширений графіт витримує високі температури без займання і зберігає свою структуру навіть під дією відкритого полум'я. У разі пожежі матеріал розширюється, створюючи ізоляційний шар, що обмежує доступ кисню та зменшує горючість.

Таким чином, використання терморозширеного графіту для сорбції нафтопродуктів є інноваційним підходом, який може значно знизити рівень забруднення ґрунту та сприяти відновленню навколишнього середовища.

КУДЛАЙ В.Т. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПЕРІОДУ ВОЄНОГО ЧАСУ

*Національний університет «Києво-Могилянська академія»*

*04655, вул. Григорія Сковороди, 2, Київ, Україна; vladyslava.kudlai@gmail.com*

**Abstract.** The main methods of preserving and restoring the country's water resources during military operations are emergency water purification, restoration of water supply infrastructure, protection of natural water sources, rational use of water resources, international assistance and cooperation. An integrated approach can reduce the negative impact of hostilities on the ecological state of water bodies.

Війна в Україні ставить перед нами безпрецедентні виклики, серед яких одним з найсерйозніших є збереження та відновлення національних водних ресурсів. Російська агресія призвела до значного руйнування водогосподарської інфраструктури, забруднення водойм та погіршення якості питної води. Відтак, розробка ефективних методів збереження та відновлення водних ресурсів є надзвичайно важливим завданням.

Основними методами у цій галузі є:

1) Екстрене очищення води. Забруднення води у військовий час може стати катастрофічним для цивільного населення. Тому методом швидкого очищення води є мобільні фільтрувальні системи, які працюють на активованому вугіллі, ультрафіолетовому випромінюванні та ін. технологіях. Вони дозволяють забезпечити доступ до питної води також у віддалених регіонах із пошкодженою інфраструктурою.

2) Відновлення інфраструктури водопостачання. У багатьох містах і селищах України пошкоджено водопровідні системи через бойові дії. Для швидкого відновлення водопостачання використовують тимчасові інженерні рішення, такі як прокладання тимчасових трубопроводів і ремонт насосних станцій. Одним із прикладів є робота комунальних служб у м. Миколаїв, де постачання води було відновлено за допомогою мобільних насосних станцій та тимчасових трубопроводів.

3) Захист природних водних джерел. Захист водосховищ, річок і озер від забруднення хімічними речовинами, чи паливом під час бойових дій важливий для запобігання серйозних екологічних проблем. Для цього встановлюються бар'єри для нафти та ін. шкідливих речовин у водоймах, а також проводиться регулярний моніторинг стану води, а також застосування реагентів для очищення поверхневих вод, особливо ля замкнених водойм.

4) Раціональне використання водних ресурсів. Під час війни необхідно впроваджувати заходи з економії води. Цивільне населення повинно мати доступ до інформації про способи зменшення споживання води: використання меншої кількості води у побуті, переробка дощової води для технічних потреб тощо.

5) Міжнародна допомога та співпраця. Важливим є залучення міжнародних організацій для надання допомоги у відновленні водних ресурсів у наданні технічної та фінансової підтримки у справі відновлення водопостачання в постраждалих регіонах України.

Отже, для збереження та відновлення водних ресурсів під час війни необхідне впровадження ефективних технічних рішень, моніторинг стану води та міжнародна співпраця. Лише комплексний підхід дозволить забезпечити надійний доступ до води у воєнний час та після його завершення.

КРУСІР Г.В.<sup>1</sup>, КОРКАЧ О.І.<sup>1</sup>, МАЛЬОВАНІЙ М.С.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ОДЕСА, ЛЬВІВ)

## ПЕРЕРОБКА ВТОРИННИХ ВІДХОДІВ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯМ

<sup>1</sup>*Одеський національний технологічний університет,  
65039, вул. Канатна, 112, Одеса, Україна*

<sup>2</sup>*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна, 79000*

**Abstract.** The vermicomposting technology for processing secondary bread waste is a reasonable approach to solving the problem of organic waste in the bakery industry, contributing to efficient resource management and ensuring sustainable development. Food waste was collected in a bakery. The experiment consists of peat soil as a base, earthworms, and food waste. The concentration of N, P, and K in the soil is higher in the test sample than when using chemical fertilizers, which allows for more rational use of resources.

Хлібопекарське виробництво - одне з найважливіших галузей харчової промисловості майже всіх країн світу. Хліб є продуктом першої необхідності, він потрібен усім верствам населення – від дітей до людей похилого віку. Щороку в Україні на звалищах опиняється близько 7 млн тон органічних відходів, значна частина з яких – хліб. Хліб і хлібобулочні вироби мають невеликий термін придатності. Через кілька днів продукція втрачає свої смакові якості і товарну форму. Згідно з чинним законодавством, прострочені вироби вилучаються з продажу і виконується утилізація хліба. За оцінками експертів у хлібобулочній галузі рівень вторинних відходів, що включають вироби, які не відповідають стандартам якості, або залишки продукції, яка не була реалізована вчасно, становить приблизно 5-10% від загального обсягу виробництва, що складає сотні тон у рік. Харчові відходи є глобальною проблемою, яка завдає значної шкоди навколишньому середовищу та призводить до суттєвих економічних втрат у всьому світі. В умовах сталого розвитку використання вторинних відходів хлібопекарської галузі стикається з кількома проблемами, які включають екологічні, економічні та технологічні аспекти. Зокрема, більша частина підприємств не мають доступу до сучасних технологій для переробки вторинних відходів, що призводить до їх утилізації або відправлення на сміттєзвалища. Переробка вторинних відходів вимагає додаткових енергетичних ресурсів, що може бути проблемою в умовах обмежених енергоресурсів та високих витрат на енергію, особливо в періоди кризових ситуацій. Сучасні технології переробки відходів хлібопекарської галузі, такі як виробництво біогазу чи компостування, ще не повністю інтегровані в більшість хлібопекарських підприємств через їх високу вартість або недостатню технічну підтримку. Тому, важливим завданням для хлібопекарської галузі є розроблення та впровадження технології переробки вторинних відходів.

У роботі вивчено та обґрунтовано технологію переробки вторинних відходів вермикомпостуванням з використанням червоних каліфорнійських черв'яків для біологічного розкладання органічних відходів. Відходи хліба, які містять залишки крохмалю, вуглеводів та клітковини, були легко перетравлені черв'яками. Процес перетворення хлібних відходів у біогумус є відносно швидким і ефективним, порівняно з традиційним компостуванням, де розкладання може тривати значно довше.

Харчові відходи були зібрані в пекарні. В ході проведення експерименту склали компост з торф'яного ґрунту як основи, дощових черв'яків та харчових відходів. Рівень рН і вологість кожного контейнера контролювалися на рівні 7,0-7,2 і 60-80% для підтримки сприятливого середовища для черв'яків. Масу зразку вимірювали через три дні після впливу дощових черв'яків. Дослідження вермикомпостування проводилося приблизно через два тижні. Після обробки зразок ґрунту досліджували на вміст азоту (N), фосфору (P) та калію (K). На основі отриманих результатів видно, що вермикомпостування зменшило масу досліджуваного зразка, а концентрація N, P і K у ґрунті є вищою, ніж при застосуванні хімічних добрив. Таким чином, вермикомпостування є перспективним альтернативним способом переробки хлібних харчових відходів для одержання якісного органічного добрива та вирішення проблеми утилізації вторинних відходів хлібопекарської галузі.

ГАБА К.О., ГЛАМАЗДІН П.М. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ МОДИФІКАТОРА ТЕАЕЖК

Київський національний університет будівництва і архітектури  
03680, пр-т. Повітряних сил, 31, Київ, Україна; tsykal.ko@knuba.edu.ua

**Abstract.** An energy-efficient method of water treatment for heat supply systems is the modification of the coolant with film-forming surfactants (surfactants). To assess the influence of surfactants on heat exchange in heat supply systems regimes, a series of experimental studies of thermophysical properties of aqueous solutions of film-forming low molecular weight surfactants - triethanolamine ester of fatty acids was conducted.

Результати енергетичних аудитів показують, що стан основних фондів тепlopостачаючих підприємств централізованих систем тепlopостачання (ЦСТ) України наближається до критичного. Зношеність котельного обладнання та трубопроводів теплових мереж наближається до 85%. Обладнання часто виходить з ладу, це порушує надійність системи тепlopостачання вцілому. Основними причинами є корозійні пошкодження та накипні відкладення теплообмінного обладнання і трубопроводів. Корозія і відкладення є причиною погіршення теплообміну, перевитрати палива, погіршення екологічних характеристик та ін.

Як відомо, корозія та накипоутворення виникає через зміщення карбонатної рівноваги води та пов'язані електрохімічні процеси. Для попередження таких явищ обов'язковою є підготовка котельної та мережної води. Для найбільш поширеної схеми водопідготовки іоннообмінного пом'якшення з наступною термічною деаерацією теплоносія характерні високі експлуатаційні витрати та значний вплив на навколишнє середовище.

Енергоєфективним методом ведення водно-хімічного режиму систем тепlopостачання є модифікування теплоносія плівкоутворюючими поверхнево-активними речовинами (ПАР). Сформований на поверхні металу обладнання шар-плівка з молекул модифікатора є бар'єром по відношенню до зовнішніх впливів. Присутність у воді ПАР впливає на інтенсивність теплообміну. Однак даних про теплообмін у присутності ПАР в умовах режимів роботи ЦСТ у літературних джерелах відсутні, тому було сформовано наукову задачу. З цією метою було проведено серію експериментальних досліджень теплофізичних властивостей (ТФВ) водних розчинів плівкоутворюючого низькомолекулярного ПАР - триетаноламінового ефіру жирних кислот. Методи експериментального дослідження ТФВ наведені у табл.1.

Таблиця 1

Експериментальне дослідження теплофізичних властивостей

Параметр	Методи дослідження	Робоча формула
Густина $\rho$ , кг/см <sup>3</sup>	Пікнометричний метод Менделєєва	$\rho_p = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m} \rho_v \rho_n$
Кінематична в'язкість $\nu$ , мм/с <sup>2</sup>	Метод капілярної віскозиметрії	$\nu = \frac{g}{9,807} K \tau$
Питома теплоємність $c$ , Дж/кг·°C	Калориметричний метод	$c = \frac{Q}{G_p(t_2 - t_1)}$
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , Вт/м град	Метод коаксіальних циліндрів	$\lambda = \frac{Q \ln(d_2/d_1)}{2\pi l(\bar{t}_1 - \bar{t}_2)}$

де  $m$  - маса пікнометра, г,  $m_1$  - маса пікнометра з водою, г,  $m_2$  - маса пікнометра з досліджуваною рідиною, г;  $\rho_v$  - значення густини води при 20°C;  $\rho_n$  - густина повітря при 20°C і барометричному тиску 760 мм рт. ст.;  $K$  - стала віскозиметра,  $\tau$  - час витікання рідини з капіляру, с;  $t_1, t_2$  - температура рідини на вході та на виході з калориметра,  $Q$  - кількість теплоти, кДж;  $G_p$  - витрата рідини, кг/с;  $\bar{t}_1, \bar{t}_2$  - середні температури поверхні, °C.

За результатами дослідження встановлено, що не зважаючи на низькі концентрації модифікатора ТФВ змінюються: густина у межах похибки вимірювання; коефіцієнт теплопровідності та питома теплоємність зменшується на 3%; кінематична в'язкість зростає від 3 до 16%. Крім того визначено, що на зміну ТФВ істотно впливає температура розчину.

ДОРОШЕНКО Я.В., БОНДАРЕНКО Р.В., ІВАНОВ О.В.,  
МАРКЕВИЧ М.В. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВНУТРІШНЬОТРУБНОГО РЕМОНТУ ТРУБОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ВТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
76019, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна;  
yaroslav.doroshenko@nung.edu.ua*

**Abstract.** In order to carry out intra-pipe repair of a local defect in the gas, heat or water pipeline network the "Pulling pig<sup>B</sup>" technology has been developed. The technology consists in pulling a bypass pig from the silicone compound of the repair system into a hard-to-reach place of the pipeline. In the place of a local defect of the pipe wall, air is injected into the elastic shell of the repair system, as a result of which it inflates and presses the repair bandage impregnated with a special resin to the inner wall of the pipeline.

В Україні значна кількість трубопроводів мереж газо-, тепло-, водопостачання експлуатуються більше ніж 50 років і мають багато різноманітних дефектів, зокрема корозійних. Дефекти призводять до аварій трубопроводів у результаті чого виникають витіки і відбуваються значні втрати енергоносіїв. Витіки з газових мереж до того ж призводять до викидів у атмосферу метану, який є парниковим газом. Щоб мінімізувати кількість аварій трубопроводів треба періодично обстежувати і своєчасно виконувати ремонтні роботи.

Траншейний ремонт трубопроводів у містах супроводжується великою кількістю різноманітних незручностей, ускладнень і для його виконання потрібні значні фінансові витрати. Альтернативою є внутрішньотрубний ремонт, однак, для його виконання, особливо у важкодоступних місцях, потрібні спеціальні технології та технічні засоби.

Щоб виконати локальний ремонт трубопроводу у важкодоступному місці розроблено технологію "Тяговий поршень<sup>B</sup>". Доставку ремонтної системи у важкодоступне місце трубопроводу, для прикладу, за крутовигнутий відвід або трійник запропоновано виконувати байпасним поршнем із гіперпружного матеріалу. Експериментально встановлено, що найкращим гіперпружним матеріалом для виготовлення таких поршнів є силіконовий компаунд. Такий матеріал є міцний і надзвичайно еластичний, що забезпечує велику прохідну здатність поршня і він без пошкоджень може легко проходити різні перешкоди, які зустрічаються у трубопроводах, зокрема крутовигнуті відводи і трійники. Щоб зупинити байпасний поршень у необхідному місці (за локальним дефектом стінки труби) його тягами кріплять до гнучкої трубки. Протилежний кінець гнучкої трубки до виконання робіт міцно кріплять до осердя барабана і намотують на нього. Тоді барабан із намотаною гнучкою трубкою поміщають у герметичну камеру, яку кріплять до ремонтного трубопроводу. До патрубка герметичної камери під'єднують компресор. Під тиском повітря, яке подає компресор, байпасний поршень рухається трубопроводом. Після повного розмотування гнучкої трубки з барабана і зупинки байпасного поршня в необхідному місці повітря приходить через наскрізний отвір в ньому, а цей момент фіксують за показами манометра.

Внутрішньотрубний ремонт запропоновано виконати просякнутим епоксидною смолою бандажем із скловолокна. Щоб після доставки бандажа байпасним поршнем до місця локального дефекту стінки труби виконати його встановлення розроблено ремонтну систему, яку закріплено на початку гнучкої трубки (біля байпасного поршня). У цьому місці гнучка трубка перфорована. Ремонтна система складається з обгорнутої поліетиленовою плівкою еластичної оболонки. На поліетиленову плівку насувають ремонтний бандаж.

Компресором у гнучку трубку подають повітря, яке через отвори в ній поступає у еластичну оболонку. У результаті чого вона роздувається і притискає ремонтний бандаж до внутрішньої стінки трубопроводу у місці локального дефекту. Прилипанню бандажа до еластичної оболонки запобігає поліетиленова плівка.

Експериментально перевірено технологічність виконання усіх операцій із внутрішньотрубного локального ремонту трубопроводу розробленою технологією.

МАКАРЕНКО О.В., МАРШЕВА Є.О. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ЕКОЛОГІЧНЕ БУДІВНИЦТВО: ПЕРЕРОБКА БУДІВЕЛЬНОГО СМІТТЯ, ЕКОМАТЕРІАЛИ ТА СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,  
61002, вул. Черноглазівська, 1, Харків, Україна; office@kname.edu.ua*

**Abstract.** Construction is one of the oldest spheres of human activity, but its environmental performance has not improved significantly since the Stone Age. Modern technologies have contributed to the development of the construction industry, but at the same time have led to a significant negative impact on the environment. There is a high level of air, water and soil pollution at construction sites and in places where building materials are produced, which negatively affects ecosystems and reduces biodiversity. The article presents opportunities to reduce the negative impact of construction activities on the environment through the implementation of environmental practices, such as recycling of construction waste, use of environmentally friendly materials, and the use of renewable energy sources, including solar panels and other innovative solutions.

Екологічне будівництво – це сучасний підхід до зведення будівель, який враховує мінімізацію негативного впливу на довкілля. Основні принципи екологічного будівництва включають ефективне використання природних ресурсів, зниження викидів речовин, що забруднюють навколишнє середовище, і застосування відновлюваних джерел енергії. Деякими ключовими аспектами цієї теми є вторинне перероблювання будівельних відходів, виробництво екологічно чистих будівельних матеріалів, застосування сонячних панелей тощо.

Екологічне будівництво включає перероблювання таких матеріалів, як бетон, скло, метал та пластик, що дозволяє не лише зменшити кількість відходів, а й повторно використовувати ці матеріали в нових проєктах. Перероблювання також допомагає знизити видобуток природних ресурсів. Існують різні методи утилізації такі як механічне, термічне, хімічне та біологічне перероблювання. Наприклад, залишки пінопласту можуть бути утилізовані за рахунок додавання до нього розчину ацетону та отримання з нього клею, або в ксилолі для отримання гідроізоляційного матеріалу.

Виробництво екологічних будівельних матеріалів включає кілька груп: перероблювання відходів бетону, скла, металу та інших будівельних матеріалів для створення нових будівельних елементів, виготовлення матеріалів з відновлюваних ресурсів до яких можна віднести деревину, бамбук, кострицю тощо, а також використання біопластиків та композитів із природних компонентів і розробку альтернативних в'язучих для зменшення викидів CO<sub>2</sub>. До групи екологічних матеріалів належать перероблений бетон, натуральні утеплювачі (вовна, целюлоза), сертифікована деревина, біопластики та альтернативні в'язучі для зменшення вуглецевого сліду в порівнянні з традиційним цементом.

Застосування сонячних панелей – це ефективне рішення для забезпечення будівлі екологічно чистою енергією. Вони можуть використовуватися на дахах для генерації електроенергії або ж інтегруватися у фасади будівель, що називається BIPV (Building-Integrated Photovoltaics). Сонячні панелі на фасадах не тільки виробляють електроенергію, але й можуть виконувати декоративну або ізоляційну функцію, знижуючи тепловтрати будівлі.

Вигода від такого застосування полягає в тому, що фасадні панелі можуть значно зменшити залежність будівлі від зовнішніх джерел енергії, що скорочує витрати на електроенергію. Також це сприяє зменшенню викидів парникових газів, підвищує енергоефективність будівель і покращує їх екологічну стійкість. Інтеграція панелей у фасад також економить простір, що є корисним для будівель у міських умовах.

Екологічне будівництво, яке включає виробництво екологічних будівельних матеріалів і використання сонячних панелей, суттєво знижує негативний вплив будівельної індустрії на довкілля. Перероблювання відходів та інтеграція сонячних панелей у фасади допомагають зменшити викиди парникових газів, підвищити енергоефективність і знизити витрати на електроенергію. Цей підхід сприяє збереженню природних ресурсів і забезпечує сталий розвиток для майбутніх поколінь.



YATSYSHYN T.<sup>1,2</sup>, KUNDELSKA T.<sup>1</sup>(UKRAINE, IVANO-FRANKIVSK),  
LIAKH V-D.<sup>3</sup> (SLOVAK REPUBLIC, PREŠOV)

## RESEARCH ON WATER EXTRACTION TECHNOLOGIES FROM THE ATMOSPHERE IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

<sup>1</sup>*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 76019, 15 Karpatska Str.,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine, teodoziia.yatsyshyn@nung.edu.ua*

<sup>2</sup>*Center for Information-analytical and Technical Support of Nuclear Power Facilities  
Monitoring of the National Academy of Sciences of Ukraine, 03142, 34a Palladin Ave., Kyiv,  
Ukraine; teodoziia.yatsyshyn@nung.edu.ua*

<sup>3</sup>*Technical University of Košice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in  
Prešov, 080 01, Bayerova 1, Prešov, Slovak Republic, vasyd-danylo.liakh@student.tuke.sk*

**Abstract.** In the context of climate change and military conflicts, humanity faces serious challenges in ensuring access to potable water, which are exacerbated by pollution and overexploitation of water resources. The uneven distribution of water leads to shortages in developing countries, while developed nations suffer from overconsumption. In conditions of water scarcity, there is an urgent need to implement technologies for extracting water from the air. It is also important to integrate purification systems that ensure the removal of microplastics and other pollutants. The widespread use of such technologies can help remove excess moisture from the atmosphere amid climate change and reduce environmental pollution levels.

Due to climate change and local military conflicts, humanity faces new challenges regarding access to drinking water. The problem is exacerbated even in regions with sufficient water resources due to their pollution, uncontrolled waste management, and excessive use. The uneven distribution of water resources leads to overconsumption of water in wealthy countries and shortages in developing countries. Glaciers, which are important reservoirs of freshwater, are rapidly diminishing, and the area of glacial lakes is shrinking due to pollution and climate change. Due to these alarming trends, there is a need for alternative methods of obtaining water, especially in conditions of scarcity.

Methods of obtaining water from the air can be divided into two groups: devices for absorption or desorption of vapor (dehumidifiers, membranes, fog nets) and equipment for cooling air below the dew point. Scientists at Texas University have developed a polymer film, SHPF, based on plant cellulose, which is capable of absorbing water from the air. The film, weighing 1 kg, can accumulate 13 liters of water per day at 30% humidity. The American company Tsunami Products uses condensation technology to collect water from the air in arid California. The equipment condenses water vapor by cooling the air to the dew point, and the water passes through filters, becoming suitable for drinking. The technology is mobile and can be transported on a trailer with a generator for uninterrupted operation, but the high cost and energy consumption limit its use among the civilian population. In this regard, there is a need to develop energy technologies and optimize existing solutions for obtaining water from the air.

It is important to note that technologies for obtaining water from the air are not new. However, technological improvements allow them to become more effective. To obtain a quality product, technologies for extracting water from the air require the integration of purification modules. A specific component that must be captured and removed is microplastic. Purification systems for removing microplastics during air water extraction are best installed at the pre-condensation stage to eliminate pollutant particles and improve air quality. Additional purification after condensation but before water accumulation allows for the removal of residual pollutants, ensuring water purity. Combining both purification stages will ensure the highest quality final product.

Further development of innovative materials, like polymer films for moisture absorption, and improved water condensation methods can enhance efficiency and lower energy costs. Integrating purification systems to remove microplastics and pollutants will ensure high-quality water. Widespread implementation of these technologies can help eliminate excess moisture from the atmosphere amid climate change and reduce microplastic levels, which is vital for restoring the planet's health.

ГАЙДУЧОК О.Г.<sup>1</sup>, КАНУННІКОВА Н.О.<sup>2</sup>, ТОМАШЕВСЬКИЙ Р.С.<sup>2</sup>,  
 ВОРОБІЙОВ Б.В.<sup>2</sup>, САКУН А.О.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА ДЕЗИНФЕКЦІЇ ВОДИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СИТУАЦІЙ

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
 61002, вул. Черноглазівська, 17, Харків, Україна; [oleksandr.haiduchok@kname.edu.ua](mailto:oleksandr.haiduchok@kname.edu.ua)

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
 61002, вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна; [Nadiia.Kanunnikova@khpri.edu.ua](mailto:Nadiia.Kanunnikova@khpri.edu.ua)

**Abstract.** The article examines the pollution problem of Ukraine's surface water bodies in the context of military operations and economic activity. The primary attention is paid to the impact of anthropogenic factors, in particular industrial and agricultural effluents, on water quality. Modern technologies of autonomous water purification, which can be used to prompt drinking water provision in emergency situations, are considered. The advantages of mobile water purification systems and their efficiency and speed of response to crisis situations are described. Various treatment methods, such as filtration, UV disinfection, and ozonation, have been investigated to ensure the safety and quality of drinking water.

В умовах військових конфліктів, руйнування інфраструктури сприяє забрудненню поверхневих вод небезпечними речовинами, що робить доступ до безпечної питної води важливим завданням. Забруднення водних джерел відбувається через палива, важкі метали, токсичні відходи та інші шкідливі сполуки, що потрапляють у водойми внаслідок руйнування інфраструктури та діяльності військової техніки.

Значна частина водних ресурсів України піддається впливу антропогенних факторів, таких як промислове забруднення та сільськогосподарська діяльність. Промислові викиди важких металів, фенолів, нафтопродуктів та інших токсичних речовин призводять до деградації екосистем водойм. Воєнні дії ще більше ускладнюють ситуацію, додаючи до води залишки військових боєприпасів, що створює довготривалі загрози для водних ресурсів і здоров'я населення.

Одним із ключових рішень для забезпечення безпечної питної води є використання мобільних систем очищення води, які можна швидко розгорнути в кризових умовах. Мобільні водоочисні установки, як показав досвід застосування у Техасі та Перу, здатні ефективно очищувати воду до безпечних стандартів навіть у випадках масових руйнувань інфраструктури. Ці системи використовують фільтрацію, ультрафіолетову дезінфекцію та озонування, що забезпечує швидке та якісне очищення води.

Дослідження різних портативних систем для очищення води показало, що фільтри на основі субмікронних мембран можуть видалити понад 99,9% бактерій з води, тоді як хімічні засоби продемонстрували хороші результати, зменшуючи кількість бактерій на 99%. Проте, ефективність хімічних методів знижується при значному органічному забрудненні води, що підкреслює важливість використання багатоступневих систем очищення.

Запропонована автономна портативна система очищення води поєднує три ключові процеси: фільтрацію, озонування та ультрафіолетову дезінфекцію. Вода проходить через фільтри, що затримують завислі забруднення, після чого обробляється озоном для нейтралізації шкідливих речовин і завершує очищення за допомогою ультрафіолетового опромінення. Така технологія дозволяє отримати воду питної якості навіть за наявності значного забруднення джерел. Перевагою запропонованого пристрою є застосування УФ-діоди з довжиною хвилі 220 нм та інтенсивністю 16 мВт/см<sup>2</sup>, що дозволяє зменшити енергетичні витрати та використовувати різні джерела живлення.

Таким чином, критичний рівень забруднення вод в Україні, особливо після руйнування інфраструктури під час війни, вимагає впровадження сучасних технологій очищення води. Мобільні та автономні системи очищення води здатні забезпечити надійне водопостачання в екстремальних умовах. Запропонована система, що поєднує фільтрацію, озонування та ультрафіолетове випромінювання, може ефективно функціонувати в кризових ситуаціях, забезпечуючи безпечну питну воду для населення.

SLYUZAR A.<sup>1</sup>, CHELYADYN L.<sup>2</sup>(UKRAINE, LVIV, IVANO-FRANKIVSK)  
**INVESTIGATION OF LEACHATE CLEANING OF THE SOLID DOMESTIC  
 WASTE LANDFILL IN IVANO-FRANKIVSK**

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University 79013, 12 S. Bandery str., Lviv,  
 Andrii.V.Siuzar@lpnu.ua

<sup>2</sup>Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 76019, 15 Carpatska str.  
 Ivano-Frankivsk

**Abstract.** Based on the analysis of the available impurities in the solid household waste landfill of Ivano-Frankivsk, it is proposed to use the technology of physical-electrochemical wastewater treatment for the purification of the infiltrate, which includes their purification in electrocoagulators and the separation of coagulated impurities in a thin-layer settling tank. Our studies have shown that during the purification of the infiltrate, the normative indicators of its discharge into the treatment facilities are not reached, and it is worth applying additional treatment of the infiltrate with oxidizing agents. As a result of laboratory studies, it is proposed to carry out additional treatment with hypochlorite ions, which can be obtained during the electrolysis of chloride ions from the infiltrate on an inert anode.

The municipal solid waste landfill of the territorial community of Ivano-Frankivsk is located in the area of the village Rybne, Tysmenytsky district, Ivano-Frankivsk region. The results of studies of the composition of the infiltrate showed that the infiltrate is strongly colored, has a saturated brown color, and is characterized by a high content of organic substances, among inorganic substances sodium chloride dominates (up to 3 g/dm<sup>3</sup>), which is a significant part of the amount of dissolved mineral salts. The chemical oxygen demand (COD) indicator of the infiltrate (up to 7000 mg/dm<sup>3</sup>) is more than an order of magnitude higher than the permissible values for discharge into the sewer. The concentrations of ammonium and nitrate nitrogen, heavy metal ions, etc. were also exceeded.

To clean the infiltrate, it was decided to apply the physical-electrochemical technology of wastewater treatment using electrocoagulation. To improve this technology, complex studies of leachate purification using coagulation and oxidation were carried out. Infiltrate with the following indicators was used for research: COD 5934.3 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>; ammonium nitrogen 936.0 mg/dm<sup>3</sup>; chlorides 2372.6 mg/dm<sup>3</sup>; sulfates 808.6 mg/dm<sup>3</sup>.

Based on the previous results of the studies of the doses of the coagulant (5% FeSO<sub>4</sub>), the lime milk, and the oxidant (alkaline chloride-hypochlorite solution), a study of the sedimentation/clarification rate was carried out in parallel for two technologies of coagulation and coagulation-oxidative. Therefore, during coagulation with oxidation, a higher speed of clarification of the solution is observed, and the Color of the solution is much lighter than during coagulation without oxidation.

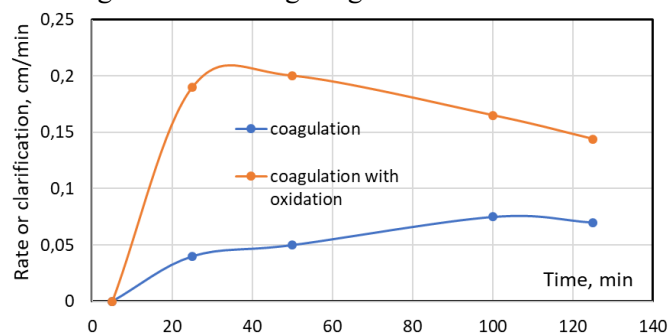


Fig. 1 The rate of clarification of the infiltrate by coagulation and coagulation-oxidative processes

The use of an oxidizer together with a coagulant makes it possible to achieve sufficient indicators of infiltrate purification. The analysis of the clarified layer showed that values lower than the normative 580 mg/dm<sup>3</sup> are reached according to the COD, which makes it possible to discharge the already cleaned infiltrate into the city sewer without disrupting the operation of the city treatment facilities. For this, in the physical-electrochemical technology, it is worth using an additional stage of electrochemical oxidation of the filtrate.

СТРІКАЛЕНКО Т.В. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

**ПРОБЛЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД***Одеський національний технологічний університет**вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039; alpha.water.55@gmail.com*

**Abstract** The paper analyzes the state of technological support for the bottling of mineral waters at enterprises of the relevant profile in our country and measures to improve it. The basis for this work was analytical materials from information sources and the results of our own surveys of a number of bottled mineral water. The necessity of developing modern technological instructions and training specialists in educational institutions of Ukraine is substantiated.

Мінеральна вода з природних підземних водойм є важливим джерелом необхідних для здоров'я людини мінералів, зокрема кальцію, магнію, натрію, мікроелементів тощо. Більшість європейських і вітчизняних оздоровчих і СПА-курортів традиційно включають пиття мінеральної води в свої програми оздоровлення, лікування чи реабілітації при різних захворюваннях. Ініціатива «Пиття для здоров'я» (2023р - Європейський конгрес з курортології та бальнеології, Карлові Вари) була досить швидко трансформована в ініціативу «Цілюща вода» (2024р - Міжнародний фестиваль води, Блед). Такий підхід співзвучний та відповідає цілям сталого розвитку - «розвитку, що задовольняє потреби теперішнього часу, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби». Актуальність, таким чином, задач збереження якості та безпечності мінеральних вод, впровадження надійних технологій розливу і використання мінеральних вод (зокрема, їх споживачами в закладах гостинності, на курортах тощо) не викликає сумнівів. Зважаючи, що фасують в Україні більше половини мінеральних вод і реалізують їх у торгівельній мережі, актуальною є задача забезпечення належного рівня якості розливу таких вод, тобто збереження лікувальних і смакових властивостей, якими наділила їх природа.

Мета роботи - аналіз стану технологічного рівня якості розливу мінеральних вод на підприємствах відповідного профілю в нашій країні та заходів щодо його покращення. В роботі використані аналітичні матеріали інформаційних джерел та результати власних обстежень низки підприємств розливу мінеральних вод. Критеріями розгляду були (1) відповідність використовуваних технологій вимогам ДСТУ 878-93 («Води мінеральні фасовані. Технічні умови») на всіх етапах процесу розливу мінеральної води: каптування, транспортування до місця безпосереднього розливу, зберігання до розливу, фільтрування, охолодження, сатурація чи стабілізація складу, розлив у пляшки і коркування тощо, а також (2) ефективність технології, тобто процесів, які забезпечують необхідну якість мінеральної води, (3) безпечність для об'єктів довкілля, (4) компактність та енергоефективність. Отримані результати дозволяють вважати, що найбільш технологічно проблемними є етапи (1) каптування (підйому води на поверхню), (2) транспортування мінеральних вод до місця їх безпосередньої обробки і розливу та (3) використання/невикористання ефективних сучасних засобів і способів оброблення/зnezараження технологічного обладнання, методик його проведення та засобів контролю ефективності. Інформацію щодо таких засобів і способів можна отримати лише з рекламних матеріалів (переважно закордонних фірм), що можуть містити малодостовірні дані. Заміну морально і фізично зношеного технічного устаткування на низці підприємств здійснено підбором обладнання, що орієнтоване лише на сумісність продуктивності окремих складових технологічної лінії (фільтрів, сатураторів тощо - згідно принциповій схемі комплектації лінії розливу) – без урахування фізико-хімічних особливостей конкретної мінеральної води, її мікробіоти та особливостей утворення, які визначають, зрештою, цілющу (оздоровчу, лікувальну) дію на організм споживача. Потребує розробки і сучасна технологічна інструкція з обробки та розливу мінеральних вод. Практично відсутня підготовка у ЗВО технологів питної води, здатних забезпечити на вітчизняних виробництвах виготовлення якісної продукції – фасованих мінеральних вод, що зберігають оздоровчі/лікувальні та смакові властивості, якими наділила їх природа. Таких фахівців потребує і санаторно-курортна галузь, що є складовою галузі гостинності на курортах і визначає, значною мірою, ефективність використання населенням фасованих мінеральних вод.

МУДРАК К.В., БЕРЕЗИНА Н.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ОПТИМІЗАЦІЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ПРОТИОЖЕЛЕДНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Національний транспортний університет,  
02000 вул. М. Омеляновича-Павленка 1, м. Київ, Україна; pkntu@ntu.edu.ua*

**Abstract.** All active substances that are effective against ice and snow cannot be called absolutely safe for people and the environment. In the conditions of Ukraine, it may be optimal, from the point of view of reducing the negative impact on the environment, to use combinations of different anti-icing materials (AIM). Periodic control of the content of aggressive AIM components prevents the destruction of concrete structures in the autumn and winter period. The most promising direction is the creation of road surface materials that already have anti-icing properties.

Якість дорожнього покриття в кліматичних умовах України в осінньо-зимовий період суттєво залежить від використання протиожеледних засобів. Утримання автомобільних доріг у зазначений період має негативний вплив на довкілля. Найбільш вживаним засобом боротьби із зимовою слизькістю на дорогах в Україні є хімічний. Профілактика та усунення ожеледиці хімічним засобом передбачає обробку покриття твердими або рідкими реагентами. При використанні хімічних протиожеледних матеріалів (ПОМ) існують технології, які спрямовані на забезпечення більш екологічного їх використання: застосування екологічно безпечних ПОМ, обмежене застосування ПОМ, мікрокапсульовані ПОМ, утилізація та переробка відпрацьованих матеріалів, попереднє розподілення ПОМ, використання альтернативних матеріалів, моніторинг та дослідження.

Наслідки зимового періоду пов'язані як з суттєвим збільшенням дорожньо-транспортних пригод, так і з необхідністю проведення профілактичних заходів, наступним ремонтом доріг, і особливо це стосується ремонту мостів, які найбільше серед дорожніх об'єктів потерпають в процесі експлуатації.

Інтенсивність обледеніння поверхні мостів значно більша за однакових погодних умов в порівнянні з автомобільною дорогою. Тому періодичний контроль вмісту агресивних складових ПОМ є необхідним саме в цементобетонних конструкціях мостів.

Було проведено визначення вмісту водорозчинних хлоридів у цементобетонній конструкції мостового переходу. Відбір проб цементобетону та їх консервування виконувались за стандартною методикою. Вміст іонів хлору в пробах визначали потенціометричним титруванням. Розрахунок процентної концентрації іонів проводився за формулою:

$$C_{\%} = (NVE/10g) \times (50/a) \quad (1),$$

де  $N$  – нормальність  $\text{AgNO}_3$ , моль/л;

$V$  – еквівалент хлорид-іону;

$E$  – об'єм титранту в точці еквівалентності, мл;

$g$  – наважка зразку, г;

$50$  – об'єм розчину, мл;

$a$  – аліквота, мл.

За даними випробувань по визначенню наявності хлорид-іонів в зразках цементобетону було зроблено висновок, що максимальна кількість іонів хлору знаходиться у захисному шарі.

Допустимість ступеню агресивності хлоридів в перерахунку на  $\text{Cl}^-$  для бетонів нормується ДСТУ БВ.2.6 – 145:2010.

Контроль вмісту хлоридів підвищує довговічність дорожніх покриттів. Застосування невеликих кількостей такого ПОМ є безпечним для довкілля. Використання хлориду натрію повинно бути поступово замінено на реагенти більш екологічно безпечні та менш агресивні щодо конструктивних матеріалів. Попередження утворення ожеледиці за рахунок створення матеріалів покриттів автомобільних доріг, які вже мають антиожеледні властивості, є найбільш перспективним напрямком.

КУПРІЯШКІНА О.В.<sup>1</sup>, КРУСІР Г.В.<sup>1,2</sup>, МАЛЬОВАНИЙ М.С.<sup>3</sup>  
(УКРАЇНА, ОДЕСА, ЛЬВІВ; ШВЕЙЦАРІЯ, МУТТЕНЦ)

### ІОНООБМІННІ ТА АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОЧАРУ З РИСОВОГО ЛУШПИННЯ

<sup>1</sup>*Одеський національний технологічний університет,  
вул. Канатна, 112, Одеса, 65039, Україна*

<sup>2</sup>*Інститут екопідприємництва, Школа наук про життя,  
Університет прикладних наук і мистецтв Північно-Західної Швейцарії,  
Хофакеритрассе, 30, 4132, Муттени, Швейцарія*

<sup>3</sup>*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна, 79000*

**Abstract.** Various methods have been proposed to purify water from oil products, including chemical methods such as coagulation, oxidation, membrane filtration, extraction with various solvents, and ion exchange. However, an urgent problem is the search for effective ecosorbents that can reduce environmental pollution from oil and oil products and meet the basic requirements - harmlessness and non-toxicity, high adsorption capacity, selective sorption of toxic compounds and complete absence of side effects. One of the promising areas is the production of carbon sorption materials (biofuels) from lignocellulosic waste. The use of new types of renewable raw materials, including agricultural waste, to produce sorbents for oil and oil products detoxification is relevant from both a scientific and practical point of view.

У зв'язку зі збільшенням обсягів видобутку морських нафтових ресурсів і транспортування нафтопродуктів морем, розливи нафти або аварії з витокami залишаються основною загрозою для стійкості морського середовища в усьому світі. Біологічний (біотехнологічний) метод розглядається як екологічно чиста і економічно ефективна технологія очищення морських нафтових розливів. Із забрудненого нафтою ґрунту нами було виділено велику кількість місцевих штамів, що володіють здатністю до деградації вуглеводнів, проте втрата мікроорганізмів і зниження мікробної активності є основними проблемами для біоаугментації в морському середовищі. Імобілізація цих мікробних клітин на міцних носіях може підвищити виживання і запобігти їх розмиванню у відкритому просторі. Оптимальний носій повинен мати відповідні фізичні та біологічні властивості для імобілізації мікроорганізмів, а також розміщуватись на поверхні біореактору, що виставляє також відповідні умови до конструктивних особливостей біореактору.

Одними з найбільш перспективних носіїв для імобілізації біологічно активних речовин є вуглецеві сорбційні матеріали (біопалива) з лігноцелюлозних відходів. Залучення нових видів відновлюваної сировини, таких як нових видів відновлюваної сировини, зокрема сільськогосподарських відходів, з метою отримання носіїв для імобілізації біологічно активних речовин є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору. Рослинні відходи, особливо рисова лузга, є пріоритетним природним відновлюваним матеріалом для еконосіїв. Перетворення цих відходів у сорбційно-активні речовини одночасно дозволяє отримувати життєво важливі матеріали, такі як активоване вугілля, і вирішує проблему забруднення навколишнього середовища сільськогосподарськими відходами сільського господарства.

В роботі досліджувались іонообмінні та сорбційні властивості біочарів, отриманих термічним піролізом та мікрохвильовим опроміненням, які свідчать про перспективність їх використання в якості носіїв для імобілізації мікроорганізмів з доцільністю подальшого використання імобілізованих мікроорганізмів як основного структурного елементу біофільтра для очищення морської води від нафтових забруднень.

ДЯК В., МАЛЬОВАНІЙ М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ТВАРИННИЦЬКИЙ КОМПЛЕКС ПО РЕПРОДУКЦІЇ СВИНЕЙ ІЗ УТИЛІЗАЦІЄЮ ВІДХОДІВ У БІОГАЗОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*Національний університет Львівська політехніка  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; office@lpnu.ua*

**Abstract.** The strategy of environmentally safe functioning of the pig reproduction complex is considered. An analysis of the environmental hazard from environmental pollution by pig manure is carried out. A review of promising technologies for manure utilisation was carried out. It is proposed to carry out utilisation at biogas plants by means of multicomponent fermentation, several types of substrates of plant and animal origin.

Забруднення довкілля у тваринництві багато в чому визначається складом гнойових стоків, які залежить від таких факторів як: вид сільськогосподарських тварин, їх чисельність, якість та кількість кормів, ріст, стать та маса тварин, напрям тваринництва, спосіб утримання та спосіб видалення гною. Рідкий гній містить значну кількість патогенних організмів, в процесі його анаеробного розкладу утворюються шкідливі гази (сірководень, аміак та ін.), а також жирні кислоти, аміни та інші сполуки із неприємним запахом. Тому за відсутності належного контролю за його збереженням та використанням створюється реальна загроза поширення інфекційних хвороб у зоні тваринницьких комплексів.

Свинарство дає більше третини загального виробництва м'яса. Розміщується воно повсюдно із найбільшою концентрацією у приміських зонах, що зумовлено характером кормової бази. У зоні свинарних комплексів основними проблемами, які мають екологічне значення, є евтрофікація водойм, можливе нагромадження патогенних мікроорганізмів, забруднення атмосферного повітря сірководнем, аміаком, молекулярним азотом та іншими сполуками. Цілий ряд цих проблем визначається проблемою гнійних стоків: їх кількістю, системою збору, особливістю локації, шляхами утилізації. Нами проводився аналіз технічної документації щодо будівництва тваринницького комплексу репродукції свиней (с. Куликів, Червоноградського району, Львівської області) з позиції мінімізації впливу на довкілля шляхом впровадження технологій утилізації гнійних стоків шляхом використання їх як сировини для виробництва біогазу. В процесі аналізу встановлено, що спроектована система гноевидалення – самопливна періодичної дії. Гній крізь отвори у решітках потрапляє у бетонні ванни, де накопичується деякий час, після цього зливається у резервуар (гноезбірник), що спроектований на території господарства, об'ємом 150 м<sup>3</sup> і перекачується в гноєсховище. Для концентрування виділених гнійних стоків передбачається будівництво двох плівкових гноєсховищ (лагун) закритого типу об'ємом V = 10000 м<sup>3</sup> кожне, які будуть побудовані за технологією компанії «Стінберген Інтернешнл БВ» (Голландія) для зберігання та біологічної анаеробної утилізації гною.

Гній худоби – це органічне добриво, що потребує уваги та відповідної підготовки, адже часто містить патогенне середовище, що спричиняє забруднення ґрунтових вод у разі внесення гною на поля, і ланцюгово чинить небезпеку здоров'ю людей і тварин. Згідно нормативів Європейського Союзу, гній худоби відноситься до відходів категорії 2, використання яких як добрив дозволяється виключно за погодження уповноважених осіб і за отримання екологічного сертифікату, який означає виконання ряду дій щодо знешкодження патогенного середовища у органічних відходах тварин.

Чисту гноївку свиней практично не використовують для виробництва біогазу. Причина полягає у дуже високому вмісті води – майже 95%. Тому оптимальним рішенням є багатокомпонентне зброджування, тобто зброджування декількох видів субстратів, рослинного й тваринного походження. В Україні досі відсутні приклади реалізації біогазових станцій промислового типу, що приймають органічні відходи навіть декількох фермерських господарств, тоді як в Європейському Союзі біогазові станції об'єднують до 100 ферм із обслуговуючим персоналом відповідної високої кваліфікації. Перевагою такого підходу є можливість економії за рахунок росту виробництва, а відповідно інвестування у інноваційні технології високої ефективності. Саме такий підхід ми рекомендуємо для планованого до будівництва комплексу репродукції свиней.

КВАС Є., МАЛЬОВАНІЙ М., СЛЮСАР В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## АДСОРБЦІЙНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВІД НАФТОПРОДУКТІВ СТІЧНИХ ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

*Національний університет Львівська політехніка  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; [coffice@lpnu.ua](mailto:coffice@lpnu.ua)*

**Abstract.** The state of surface water pollution by oil products is analysed. Sorption methods of purification of industrial oil-containing waters using adsorbents based on widespread carbonate-containing bentonite clays are proposed. To increase their efficiency, it is advisable to modify the sorbents. A set of measures has been developed to improve environmental safety against environmental pollution by oil products through the use of sorption methods.

Забруднення вод нафтопродуктами є однією з найактуальніших проблем сьогодення в галузі охорони навколишнього середовища. Джерелами втрат нафтопродуктів є сотні нафтобаз та автозаправних станцій, тисячі кілометрів нафтопроводів, видобувні та нафтопереробні підприємства. Зростаючі темпи видобування, транспортування та переробки нафти, спорудження нових потужних трубопровідних систем підвищують рівень екологічної небезпеки та збільшують екологічне навантаження на воду, повітря, ґрунти, рослинний та тваринний світ. Відомо багато методів очищення води від нафти та її похідних, кожен з яких має як переваги, так і недоліки. До недоліків слід віднести значні економічні та енергетичні витрати, дефіцитність матеріалів та складність технологічного процесу. Тому постає потреба у розробленні нових ефективних та доступних методів очищення, серед яких чільне місце посідають сорбційні. Перспективними є сорбційні методи очищення промислових нафтовмісних вод із використанням адсорбентів на основі широко розповсюджених карбонатомісних бентонітових глин. Для підвищення їх ефективності сорбенти доцільно модифікувати розчином хлориду заліза (III) – відходами, які утворюються в процесі хлорування феросиліцієвого сплаву на виробництві вискодисперсного пірогенного кремнезему ТОВ «Орісіл» (м.Калуш). Нами досліджувались процеси знешкодження тонких нафтових плівок природних водойм шляхом нанесення на них сорбційного матеріалу на основі бентонітових глин та черепашника, гідрофобізованих вискодисперсним кремнеземом. Перевагою пропонованих технічних рішень є те, що досліджувані сорбційні матеріали дозволяють ефективно ліквідувати нафтове забруднення, безпечні у використанні, їх складові є доступними матеріалами, а виготовлення не потребує значних матеріальних та енергетичних витрат.

Метою досліджень було розроблення комплексу заходів з ціллю підвищення екологічної безпеки від забруднення довкілля нафтопродуктами шляхом застосування сорбційних методів очищення стічних та поверхневих вод модифікованими дисперсними сорбентами на основі бентонітових глин та черепашнику. Проведено моніторинг забруднення, за результатами якого можна стверджувати, що водойми України є значно забрудненими нафтопродуктами, найбільш забрудненими річковими басейнами України щодо нафтопродуктів є басейни річки Сян, Дністер та басейн річки Сіверський Донець. Запропоновано нову методику модифікування природних сорбентів з метою покращення їх сорбційних та методику визначення фізико-хімічних властивостей природних та модифікованих сорбентів щодо нафтопродуктів. Шляхом модифікування можна отримати глинисті сорбенти із нанесеними на їх поверхню нерозчинних гідролізованих металоформ  $Fe^{3+}$ , які проявляють активність в процесах сорбції нафтопродуктів. Досліджено структурні особливості природних та модифікованих сорбентів. Проведено оцінку сорбційної ємності природних та модифікованих сорбентів щодо нафтопродуктів (дизельне паливо, сира нафта) в статичних умовах, яка становить для природної глини 25мг/г і 52мг/г, залізовмісного сорбенту 381мг/г і 151мг/г для дизпалива та сирі нафти відповідно. Аналогічні величини для черепашника складають 238 мг/г та 102мг/г відповідно для дизпалива та сирі нафти. Показано, що модифікування глинистої матриці значно покращує сорбційні властивості матеріалу.

Запропоновано принципові технологічної схеми очищення стічних вод від нафтопродуктів, а також технологію застосування гідрофобізованих сорбентів для очищення природних водойм від нафтопродуктів.



КРИСЮК В., МАЛЬОВАНІЙ М., ВРОНСЬКА Н. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ ДИСПЕРСНИХ СОРБЕНТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД БАРВНИКІВ

*Національний університет Львівська політехніка  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; vkrys@gmail.com*

**Abstract.** The analysis of promising technologies for wastewater treatment from dyes is carried out. The analysis has shown that the technology of adsorption wastewater treatment from organic dyes using natural sorbents (glauconite and palygorskite) allows solving the problem of protecting the hydrosphere. A basic technological scheme of the process of wastewater treatment from dyes by using natural dispersed sorbents has been developed.

Зі зростанням виробництва синтетичних продуктів та органічних речовин зростає і рівень забруднення ними стічних та поверхневих вод. Аби запобігти масштабному забрудненню навколишнього середовища цими продуктами, необхідно запроваджувати нові безвідходні технології та замкнені системи водокористування, комплексні технології очищення стічних вод підприємств різного профілю: машинобудівних, хіміко-фармацевтичних, хлорних виробництва барвників та інших виробництв, а також стічних та поверхневих вод населених пунктів. Тому для вирішення проблем очищення цих вод від забруднень розвиваються відповідні технології очищення від пестицидів та отрутохімікатів, нафтопродуктів, заліза, фтору та марганцю, сірковмісних сполук, синтетичних барвників та інших забруднень. Дослідниками для цих цілей пропонують технології флокуляції, обробки води електричним полем, зворотного осмосу, озонування, біохімічного очищення. На думку ряду дослідників для видалення із стічних вод низки органічних речовин перспективним є дво- чи тріступеневе біохімічне очищення. Ряд авторів вважають, що для очищення стоків від суміші органічних речовин (розчинників) ефективним є метод хроматографічного очищення.

Для зниження концентрації органічних речовин у стічних водах локальним очищенням дослідники пропонують використовувати зворотний осмос, ультрафільтрацію, іонний обмін, електродіаліз, адсорбцію. Так, за даними ряду дослідників окиснення стічних вод киснем та озоном дає змогу вилучити до 99% амінів та 75% меркаптанів. Деякі дослідники пропонують вилучати зі стічних вод смолисті речовини шляхом фільтрування через активоване вугілля або кокс. Зі стічних вод активованим вугіллям адсорбують такі органічні сполуки, як анілін, нафталін, фенол та інші. Для бензолу, толуолу, смол, альдегідів та парафінів часто використовують термічні методи очищення.

Усі відомі в літературі методи фізико-хімічного очищення стічних вод від барвників можна поділити на три основні групи. Перша група методів забезпечує вилучення забруднень перетворенням їх в осад шляхом сорбції на частинках гідроксидів металів, які утворюються в процесі реагентної обробки стічних вод.

Друга група об'єднує деструктивні методи, в основі яких є глибокі перетворення органічних молекул унаслідок редокс-процесів.

Третя група охоплює сепаративні методи, такі, як сорбція на активованому вугіллі та макропористих іонітах, інших видах сорбентів, у тому числі на природних сорбентах, зворотний осмос, ультрафільтрація, пінна сепарація, електрофлотація. Ці методи, окрім двох останніх, забезпечують високий ступінь очищення стічних вод.

Проведеним нами аналізом встановлено, що технологія адсорбційного очищення стічних вод від органічних барвників із застосуванням природних сорбентів (глауконіту та палигорськіту) дає змогу вирішити актуальну проблему захисту гідросфери від особливо небезпечних забруднень через їхній комплексний вплив та непрогнозовані наслідки. Проведений моніторинг стоків, забруднених барвниками активним алим 4ЖТ та аніонним червоним 8С, в результаті аналізу даних якого встановлено, що тільки для фарбувально-обробних підприємств України їхній щогодинний обсяг становить 4800 м<sup>3</sup>.

ГУБАРИК В., ЗІНЧУК Д., БУНЯК В., КОМПЛІКЕВИЧ С.,  
 МАСЛОВСЬКА О., ГНАТУШ С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**ВЛАСТИВОСТІ ІЗОЛЯТІВ ВИДІЛЕНИХ З ЕНДОСФЕРИ *COLOBANTHUS QUITENSIS* (Kunth) Bartl. ТА *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* E. Desv.**

Львівський національний університет імені Івана Франка  
 вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна, valentyu.hubaryk@lnu.edu.ua

**Abstract.** The work aimed to study the properties of bacteria isolated from the endosphere of *Colobanthu quitensis* (Kunth) Bartl. And *Deschampsia antarctica* E. Desv. And to determine the iron fluence on the growth parameters of seedlings of wheat *Triticum aestivum* cultivar Tubalt. As a result of the work, the plant-growth-promoting properties of halotolerant and heavy metal-resistant bacteria, isolated from the endosphere of *D. antarctica* and *C. quitensis*, were elucidated.

Зменшення орних земель вимагає більш ефективного використання сільськогосподарських угідь. Одним із перспективних рішень є застосування ендofітних бактерій як біодобрих. Ці бактерії підвищують врожайність і стійкість рослин до несприятливих умов завдяки синтезу вторинних метаболітів, які сприяють стійкості рослин до біотичних і абіотичних стресів. Оскільки в помірному кліматі весна часто буває холодною, психрофільні бактерії з Антарктики можуть бути ефективними для стимуляції росту рослин у цей період. Дослідження мікроорганізмів з Антарктиди допоможуть розробити нові біологічні препарати для сільського господарства, які будуть працювати в екстремальних умовах.

Метою роботи було дослідити властивості бактерій виділених з ендосфери *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. та *Deschampsia antarctica* E. Desv. та визначити їхній вплив на показники росту ярої пшениці *Triticum aestivum* сорту Tubalt.

У роботі використовували ізоляти мікроорганізмів, які були виділені співробітниками кафедри мікробіології ЛНУ імені Івана Франка із зразків *D. antarctica* (о. Кінг-Джордж, Південні Шетландські острови, Оазис Пойнт Томас, біля могили В. Пухальського, -62.163491, -58.468756) і *C. Quitensis* (о. Десепшен, -62.982130, -60.518980). Зразки рослин були відібрані під час сезону у 27-й Українській антарктичній експедиції. У роботі були використані стандартні мікробіологічні методи (визначення росту за різних температур, концентрацій NaCl (2,0–30,0 %), сполук важких металів (MnCl<sub>2</sub>×4H<sub>2</sub>O (1,0–20,0 мМ), CuCl<sub>2</sub>×2H<sub>2</sub>O (1,0–6,0 мМ), K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (0,1–10,0 мМ), CdCl<sub>2</sub>×2,5H<sub>2</sub>O (0,002–0,5 мМ), CoCl<sub>2</sub>×6H<sub>2</sub>O (0,5–5,0 мМ), FeSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O (0,5–20,0 мМ)). Здатність ізолятів синтезувати сидерофори визначали, використовуючи середовище із хромазуолом S і гексадецилтриметиламоній бромідом. Вміст ауксиноподібних сполук у середовищі визначали методом Сальковського. Вплив ізолятів на параметри росту пшениці визначали за схожістю насіння пшениці, обробленого ізолятами, довжиною пагонів і коренів рослин і вмістом хлорофілу у листках.

Усі ізоляти з ендосфери *C. quitensis* та *D. antarctica* були помірними галофілами. Найбільш стійкими серед ендofітів *C. quitensis* були ізоляти DR315 і DL311, а серед ендofітів *D. antarctica* – найбільш стійкими були ізоляти E94, E104, E114. Ізоляти з ендосфери *C. Quitensis* відрізнялися за стійкістю до важких металів, порівняно із ізолятами з ендосфери *D. antarctica*. Серед ендofітів *C. quitensis* та *D. antarctica* виявлено ізоляти, стійкі до сполук важких металів. Ізолят DL379 рiс за впливу MnCl<sub>2</sub>×H<sub>2</sub>O, FeSO<sub>4</sub>×6H<sub>2</sub>O, CuCl<sub>2</sub>×2H<sub>2</sub>O, CdCl<sub>2</sub>×2,5H<sub>2</sub>O, CoCl<sub>2</sub>×6H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

Серед 35 досліджених ізолятів *C. quitensis* 18 ізолятів продукували сидерофори, а серед 16 досліджених ендofітів *D. antarctica* їх продукували 10 ізолятів. Усі досліджені ізоляти з ендосфери *C. quitensis* та *D. antarctica* синтезували ауксиноподібні сполуки. Найвищий вміст ауксиноподібних сполук виявлено у середовищі культивування ізоляту DR317.

Ізоляти, які були стійкими до натрій хлориду, солей важких металів, синтезували сидерофори і ауксиноподібні сполуки, обрали для дослідження їхнього впливу на показники росту пшениці. Серед досліджуваних ізолятів, ізолят DR320 зумовлював зростання сухої маси рослини, довжини кореня і пагонів та вмісту хлорофілу у листках.

ТИТОВА А.О., ШМАНДІЙ В.М., ХАРЛАМОВА О.В., РИГАС Т.Є.,  
БЕЗДЄНЄЖНИХ Л.А. (УКРАЇНА, КРЕМЕНЧУК)

## ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м.  
Кременчук, вул. Університетська, 20, office@kdu.edu.ua*

**Abstract.** Based on the results of research, we have proposed a scenario for handling waste generated under martial law (demolition waste) using the example of the city of Kremenchuk. The place of waste removal and its capacity have been investigated, the possibility of disposal at the landfill of destruction waste has been considered. It is proposed to improve the monitoring system for the state of the environment in the zone of influence of the landfill. Also, waste compaction measures are proposed. This will make it possible to extend the operational life of the landfill and ensure safe handling of waste in wartime conditions.

В результаті бойових дій утворюються відходи руйнувань, які потребують особливої уваги. Вони відрізняються від звичайного будівельного сміття, їх склад неоднорідний, часто різний за структурою й походженням. Найбільш складними є відходи, які були термічно деформовані. Часто походження таких відходів візуально встановити не можливо. Поводження з ними передбачає комплекс організаційно-технічних заходів та робіт, що здійснюються з метою забезпечення екологічно безпечного збирання, перевезення, сортування, зберігання, оброблення (відновлення, видалення), знешкодження.

Проаналізувавши склад відходів, які утворились під час руйнації об'єктів інфраструктури в м. Кременчук (промислові підприємства, торгівельний центр, приватні будинки), ми зробили висновок що основну масу складають стінові та металеві відходи. Хоча, відходи скла є характерними для всіх категорій об'єктів пошкодження, вони не становлять значної маси у зв'язку із труднощами, що виникають при збиранні битого скла, дрібні осколки якого перемішуються з іншими відходами та землею. Відсортувати дрібні фракції на місці утворення відходів практично неможливо. Переважна більшість відходів від пошкодження нафтопереробного заводу термічно деформована. Із-за великих розмірів металевих конструкцій їх сортування та складування можливе лише із застосуванням спецтехніки.

За результатами проведеного дослідження, встановлено що відходи руйнації, які подібні за своїми фізичними властивостями до будівельного сміття та відходи подібні до побутових, підлягають захороненню на полігоні для відходів, що не є небезпечними. При цьому, відходи обов'язково мають проходити попередній радіаційний контроль. Уламки будівель можливо використовувати в якості ізолюючого матеріалу, або для прокладання доріг на полігоні. Таким чином може бути вирішена проблема ущільнення полігону. Для відходів руйнації, що не мають тимчасового застосування і не є небезпечними, пропонується виділити майданчик для тимчасового зберігання.

Оцінивши технічний стан та потужність міського полігону для побутових відходів, провівши аналіз матеріалів звіту інженерно-геологічних вишукувань, нами запропоновано облаштувати тимчасове місце для тимчасового зберігання відходів руйнації на території полігону. Для цього необхідним є виділення ділянки близько 1 га та улаштування протифільтраційного захисту, використовуючи геомембрану або ґрунтовий екран з коефіцієнтом фільтрації не більше 10<sup>-9</sup> м/с. Для збирання та відведення стічної води с території майданчика вважаємо доцільним обладнати локальну мережу зливової каналізації з бетонними колодязями для збирання та відстоювання зливової води. Так як майданчик буде знаходитись на території полігону, додаткового освітлення і охорони не потребується. Враховуючи наявність на полігоні вагів, буде можливим здійснювати точний контроль за об'ємами відходів, що надходять на тимчасове зберігання.

Не менш важливим етапом у підготовці місця для тимчасового зберігання відходів є розроблення системи моніторингу за станом навколишнього середовища. Враховуючи специфіку відходів руйнувань, нами було розглянуто існуючу систему моніторингу на полігоні та запропоновано доповнити перелік показників, що підлягають контролю, такими речовинами як нафтопродукти, марганець та фенол.

ШЕВЧЕНКО А.О.<sup>1</sup> (ПОЛЬЩА, ГДАНСЬК), ШЕВЧЕНКО Т.О.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

### ВАЖЛИВІ ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ОСАДАМИ СТИЧНИХ ВОД

<sup>1</sup> LPP S.A., ul. Łąkowa 39/44, Gdańsk, Poland, 80-769; andrii.a.shevchenko@gmail.com

<sup>2</sup> Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
61002, вул. Чорноглазівська, 17, Харків, Україна; tamara.shevchenko@kname.edu.ua

**Abstract** It has been established that the management of sewage sludge is a critically important problem. The authors considered the purpose and main goals of sewage sludge management. The main stages of sewage sludge management are given. Problems in the management of sewage sludge are analyzed.

Управління осадами, що утворюються на різних етапах очищення побутових та / або промислових стічних вод, є критично важливим компонентом очищення стічних вод. Основна увага зосереджується на ефективному поводженні з відходами, обробці та утилізації осаду, що утворюється як на муніципальних очисних спорудах, так і на промислових підприємствах. Мета управління осадами полягає в мінімізації впливу на навколишнє середовище, зменшенні обсягів і, де це можливо, відновленні цінних ресурсів, а саме: енергії, поживних речовин або води.

Основними цілями управління осадами стічних вод є:

- зменшення об'єму: за допомогою таких процесів, як зневоднення та сушіння, об'єм осаду можна значно зменшити, зменшуючи витрати на транспортування та утилізацію;
- відновлення ресурсів: багато методів управління мулом спрямовані на відновлення цінних ресурсів, таких як біогаз з анаеробного зброджування або поживні речовини для сільськогосподарського використання;
- захист навколишнього середовища: належна обробка гарантує видалення або стабілізацію забруднюючих речовин в осаді, запобігаючи шкідливому впливу на ґрунти, водні об'єкти та повітря.

Управління осадами зазвичай складається з наступних етапів:

1. Згущення: осад концентрується шляхом видалення частини вологи, зменшуючи його загальний об'єм.
2. Стабілізація: такі процеси, як анаеробне зброджування або хімічна обробка, зменшують запах, вміст патогенів та органічних складових осадів.
3. Зневоднення: механічні або хімічні процеси ще більше зменшують вміст вологи в осаді, створюючи більш керований твердий матеріал.
4. Остаточна утилізація або повторне використання: після обробки осад може бути викинутий на звалище, спалений або повторно використаний у сільському господарстві чи будівництві, залежно від його складу та санітарно-гігієнічної безпеки.

Проблеми в управлінні осадами:

1. Проблеми з навколишнім середовищем: без належної обробки осад може забруднювати ґрунт та водні об'єкти, поширюючи патогени та важкі метали. Це робить обробку осаду надзвичайно важливою, щоб уникнути негативного впливу на довкілля.
2. Вартість: обробка осадів дороговартісна, вимагає інвестицій в інфраструктуру, витрат на енергію та реагенти. Все більше пріоритетів надається економічно ефективним та енергоефективним методам, щоб зробити управління мулом більш сталим.
3. Відповідність нормативним вимогам: уряди різних країн встановлюють суворі правила щодо обробки та утилізації мулу, щоб забезпечити безпеку для довкілля та здоров'я населення. Ці норми впливають на вибір технологій очищення та методів утилізації.

Підводячи підсумок можна стверджувати, що управління осадом стічних вод передбачає обробку осадів як муніципального, так і промислового виробництва для зменшення їхнього об'єму, відновлення ресурсів і забезпечення екологічно безпечної утилізації або повторного використання. Вибір технології залежить від таких факторів, як походження осаду, вміст забруднювачів та токсичних речовин та нормативна база регіону.

ЛОПУШАНСЬКИЙ О.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
ДИНАМІКА АДСОРБЦІЇ ВУГЛЕЦЕВОГО ДІОКСИДУ  
ЗА ДОПОМОГОЮ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК

*Національний університет "Львівська політехніка"  
79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12, Україна*

**Abstract.** This study explores the adsorption of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) using multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) in a fluidized state. Experiments at different temperatures (20°C, 50°C, 100°C) show that adsorption efficiency decreases with higher temperatures, with the best results at 20°C. Surface modification of the nanotubes, through defects and functional groups, enhances adsorption. The research highlights the potential of MWCNTs for industrial CO<sub>2</sub> capture, offering opportunities for optimization in future applications, including nanotube regeneration and reuse.

Однією з основних проблем сучасної екології є зменшення викидів парникових газів, зокрема CO<sub>2</sub>, що негативно впливає на кліматичні зміни. Вуглецеві нанотрубки, завдяки своїй унікальній структурі, великій питомій поверхні та високій хімічній стійкості, є перспективним матеріалом для використання у промислових системах очищення газових потоків.

Дослідження має на меті вивчити динаміку адсорбції CO<sub>2</sub> в умовах псевдозрідженого шару при різних температурних режимах і швидкостях потоку газу. У рамках експерименту було проведено серію тестів із використанням багатошарових вуглецевих нанотрубок, які були піддані впливу різних температур (20°C, 50°C, 100°C). Результати показали, що адсорбційна ємність нанотрубок знижується зі збільшенням температури, що пояснюється швидшою десорбцією газу при вищих температурах. Максимальна ефективність адсорбції спостерігалася при температурі 20°C, тоді як при 100°C процес десорбції відбувався значно швидше.

Експерименти також вказують на можливість підвищення адсорбційної здатності нанотрубок за рахунок створення дефектів на їх поверхні та додавання функціональних груп, що дозволяє збільшити кількість активних центрів для зв'язування молекул CO<sub>2</sub>. Окрім того, було досліджено вплив швидкості газового потоку на процес адсорбції. Виявлено, що при певних швидкостях процес адсорбції відбувається більш ефективно, що дає можливість оптимізувати технологічні параметри для промислових систем очищення викидів.

Наукова новизна полягає у детальному дослідженні впливу температури та швидкості газового потоку на динаміку адсорбції вуглекислого газу у псевдозрідженому стані. Робота підкреслює перспективність використання вуглецевих нанотрубок для ефективної адсорбції CO<sub>2</sub>, що відкриває нові можливості для зменшення викидів парникових газів у промисловості.

Подальші перспективи дослідження включають розробку методів відновлення та повторного використання нанотрубок після їх насичення CO<sub>2</sub>, а також можливість масштабування процесу для реальних промислових установок. Це дослідження є кроком до створення нових екологічно безпечних технологій очищення промислових викидів та зменшення впливу парникових газів на навколишнє середовище.

САБЛІЙ Л.А., ЖУКОВА В.С., КОЗАР М.Ю., ГРИНЕВИЧ А.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БІОПЛІВКИ РІЗНИХ ТИПІВ НОСІЇВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського», Україна, zhukova.veronika@lil.kpi.ua*

**Abstract.** Одним із шляхів інтенсифікації роботи споруд біологічного очищення стічних вод є збільшення в об'ємі споруди концентрації біомаси мікроорганізмів. Було встановлено, що концентрація біомаси, іммобілізованої на поверхні носіїв різних форм та розмірів, становить від 5425 мг/дм<sup>3</sup> до 138 мг/дм<sup>3</sup>.

Одним із шляхів інтенсифікації роботи споруд біологічного очищення стічних вод є збільшення в об'ємі споруди концентрації біомаси мікроорганізмів – очисників стічної води. З цією метою в технологіях біологічного очищення стічних вод все частіше використовують носії з іммобілізованими мікроорганізмами як спосіб покращення очисних властивостей аеротенків. При вдалому виборі носія для іммобілізації мікроорганізмів з урахуванням конкретних умов процесу мікробної трансформації органічних речовин, які містяться у стічних водах, він може активно впливати на навколишнє середовище, стимулювати мікробний метаболізм, захищати клітини від дії несприятливих факторів і сприяти довготривалому збереженню їх біохімічної активності. Біологічна плівка – це біоценоз мікроорганізмів, що складається з бактерій, найпростіших, грибів, що живуть спільно на твердій поверхні. Ці мікроорганізми виробляють позаклітинні полімерні речовини (ППР), які стабілізують мікробну спільноту, а також адсорбують і накопичують органічні та неорганічні речовини (наприклад, пестициди, хлорфеноли, поліароматичні вуглеводні, йони важких металів). Основні компоненти ППР, такі як ліпіди, нуклеїнові кислоти, білки та полісахариди, визначають метаболічну активність, еластичність, міцність, дифузійну здатність, пористість та щільність біоплівки.

Було досліджено наступні характеристики носіїв біоплівки: концентрація біомаси, іммобілізованої на поверхні носія, та питома біомаса на одиницю площі поверхні для різних типів завантаження для очищення господарсько-побутових стічних вод.

Нарощування біомаси на носіях проводили з використанням мікроорганізмів активного мулу із забезпеченням їх повітрям (система аерації) і біогенними речовинами (підживлювальний розчин). Було проведено дослідження характеристик біоплівки на пластикових елементах – носіях для прикріплення біоплівки чотирьох різних форм та розмірів: сферичної діаметром 47,09 мм; дискової – 125,93 мм; колісної діаметрами 9,95 мм і 9,34 мм за однакових умов.

В результаті було отримано, що для носіїв усереднена концентрація біомаси, іммобілізованої на поверхні, була від 5425 мг/дм<sup>3</sup> (для колісної форми діаметром 9,95 мм) до 138 мг/дм<sup>3</sup> (для дискової форми). Питома біомаса на одиницю площі поверхні носія становила від 0,83 мг/см<sup>2</sup> (для носія діаметром 9,95 мм) до 0,11 мг/см<sup>2</sup> (для дискової форми). Найбільшу концентрацію біомаси на пластиковому носії можна пояснити високорозвиненою зовнішньою поверхнею носія (найбільшу площу має носій колісної форми діаметром 9,95 мм – 20,83 см<sup>2</sup>), складною конфігурацією елемента носія (багато перегородок, ребрення поверхонь), малими розмірами та великою кількістю елементів в об'ємі біореактора (350 шт.). Перевага такого носія колісної форми також зумовлена інтенсивним рухом окремих елементів носія в товщі води «зверху-вниз» і навпаки під дією бульбашок повітря, за рахунок чого вони добре омиваються активним мулом, що сприяє інтенсивнішому контакту мікроорганізмів активного мулу з поверхнею носія та швидкому утворенню й наростанню шару біоплівки на носії. Таким чином, носії колісної форми діаметром 9,95 мм можуть бути влаштовані в системах MMBR для ефективного очищення стічних вод, а також використані для вдосконалення роботи аеротенків шляхом їх модернізації – створення в них зон з носіями для підвищення ефективності очищення стічних вод від органічних речовин, сполук азоту, особливо на стадії нітрифікації, сполук фосфору та інших забруднювальних речовин.

ЧЕРНИШ Є.Ю. (УКРАЇНА, СУМИ)

## СТАЛИЙ ПІДХІД ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ФОСФОГІПСУ В БІОПРОЦЕСАХ

Сумський державний університет

40007, вул. Харківська 116, м. Суми, Україна; [y.chernysh@ecolog.sumdu.edu.ua](mailto:y.chernysh@ecolog.sumdu.edu.ua)

Чеський університет природничих наук в Празі

16500, Камицька 129, м. Прага, Чеська Республіка

**Abstract.** An overview of phosphogypsum (PG) utilization within the framework of the Sustainable Development Goals (SDGs) was provided. It is determined that an important area is the extraction of useful PG components and its environmentally friendly processing in biotechnologies for environmental protection in the SDGs context. This will expand the possibilities for processing PG dump and reduce the anthropogenic impact on the environment in places of PG storage and in the environment.

Насьогодні в усьому світі обговорюються можливості рециклінгу та утилізації фосфогіпсу (ФГ), що є відходом хімічної промисловості, для зменшення негативного впливу на екосистемні компоненти. Адже традиційно відбувається його складування на значних площах у відвалах. Він містить ультрадисперсні частки сульфату кальцію, фториду кремнію, натрію й калію, фосфатів полуторних оксидів, сполук сірки, різних агрегатів, адсорбованих на поверхнях різних його частинок, які проявляють коагулюючі властивості при поєднанні цих відходів з органічними субстратами. Досліджують різні напрями його використання в системах ремедіації ґрунтів та біопроесах переробки відходів. Зокрема такі аспекти є важливими: утворення органіно-мінеральних комплексів за рахунок зв'язування лабільних органічних речовин у стійкі агрегатні утворення з мікрочастинками колоїдів ФГ; ФГ є джерелом макро- і мікроелементів для розвитку різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів; кисла реакція ФГ створює сприятливі умови для руйнування поверхнево-активні речовини, вуглеводні та інші речовини, що дозволяє компостувати його з відходами; анаеробне збродження органічних відходів в умовах сульфатредукції разом із ФГ значно покращує санітарно-епідеміологічну ситуацію в поєднанні з виробництвом біо-основних продуктів.

Огляд засад утилізації ФГ в межах реалізації цілей сталого розвитку (ЦСР) наведено на рис.1.

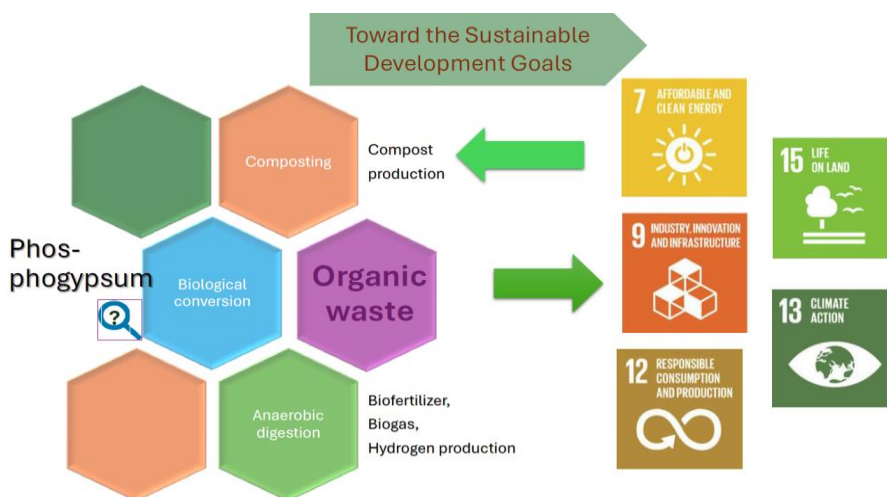


Рис. 1. Сталый підхід до напрямів утилізації фосфогіпсу із залученням біопроесахів

Отже, першочерговим завданням розвитку сталого підходу щодо вилучення корисних компонентів ФГ є реалізація екологічно безпечної його переробки в біотехнологіях захисту довкілля в контексті ЦСР, що дозволить розширити можливості для переробки та зменшення техногенного впливу на довкілля в місцях його складування та накопичення в довкіллі.

Acknowledgement. This project has received funding through the MSCA4Ukraine project, which is funded by the European Union.

ФЕДІВ І.С., СТЕПОВА К.В., КОНАНЕЦЬ Р.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЦЕОЛІТИ ТА ГЛИНИ ЯК АДСОРБЕНТИ ПОВЕРХНЕВО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ЗІ СТІЧНИХ ВОД

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
79007, вул. Клепарівська, 35, Львів, Україна, ldubzh.lviv@dsns.gov.ua*

**Abstract.** The issue of cleaning water resources from surfactants (SAs) is becoming increasingly relevant due to their harmful effects on aquatic ecosystems. SAs cause foaming, eutrophication, and increase the solubility of pollutants, negatively impacting biodiversity and water quality. Particularly dangerous are perfluorinated compounds that accumulate in the environment and human bodies. Effective removal of SAs from water requires the use of natural sorbents such as glauconite and zeolites. To enhance their efficiency, sorbent modification techniques are employed, significantly improving cleaning results and reducing the toxicity of pollutants. These findings are crucial for developing environmentally safe wastewater treatment technologies.

Для забезпечення сталого розвитку та екологічної безпеки необхідно не лише раціонально використовувати природні ресурси, своєчасно проводити демінералізацію та рекультивацію порушених земель, фітомеліорацію, але й впроваджувати ефективні технології очищення стічних вод. Особливо перспективним є використання природних сорбентів, таких як кліноптилоліт і глауконіт. Це дозволить знизити викиди забруднюючих речовин в навколишнє середовище, покращити якість води та забезпечити стабільність екосистем.

За даними Михайлова та ін., глауконіт є одним із перспективних неметалічних мінералів України, важливих для промисловості. Натомість цеоліти відносяться до мінералів з невизначеними перспективами, що вимагає додаткових досліджень. Це підкреслює необхідність подальшого вивчення цеолітів для виявлення можливих напрямків їх ефективного використання, наприклад, у технологіях очищення води.

Поверхнево-активні речовини (ПАР) є шкідливими сполуками, які дестабілізують водні екосистеми. Вони спричиняють піноутворення в річках, що веде до евтрофікації озер, а також підвищують розчинність деяких забруднювачів, що негативно впливає на планктонні види. Надмірна присутність ПАР знижує якість води, спричиняє неприємний запах і викликає довгострокові зміни в екосистемах. ПАР також працюють синергічно з іншими токсичними речовинами у воді. Європейська директива 2006/122/ЕС заборонила використання перфторованих ПАР після виявлення їх у воді та крові людини.

Цеоліти є ефективними адсорбентами для видалення ПАР зі стічних вод. Наприклад, природний вірменський цеоліт має високу адсорбційну здатність до катіонної ПАР.

Експериментальні результати здійснені нами підтверджують, що модифікація природних сорбентів, таких як кліноптилоліт і глауконіт, суттєво впливає на їх здатність адсорбувати поверхнево-активні речовини. Модифікація за допомогою різних металів, зокрема заліза та міді, значно підвищує ефективність адсорбції ПАР, що робить ці матеріали перспективними для використання в технологіях очищення стічних вод. Цей підхід розширює можливості застосування як цеолітів, так і глауконітових глин у практичних екологічних рішеннях.

Кліноптилоліт, модифікований залізом і міддю, демонструє найвищу адсорбційну здатність до ПАР, перевершуючи не оброблені зразки. Це підвищення здатності пояснюється введенням металевих іонів, які створюють додаткові активні центри для адсорбції. Однак термічна та мікрохвильова обробка, які часто використовуються для модифікації структури адсорбентів, не призводять до значних змін у адсорбційній здатності кліноптилоліту, що свідчить про те, що ці методи не поліпшують його ефективність у видаленні ПАР.

Адсорбційна здатність глауконіту до ПАР має інший характер: зразки, модифіковані залізом, показують найкращі результати, за ними слідують мікрохвильові оброблені, природні, модифіковані міддю та кальциновані глауконіти. Природний глауконіт виявляється більш ефективним сорбентом для ПАР, ніж кліноптилоліт, і його продуктивність значно підвищується завдяки модифікації сполуками, що містять залізо, що підвищує його здатність захоплювати та утримувати ПАР з водних розчинів.



МАЦУСЬКА О.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## КІНЕТИКА СЕЧОВИНИ НА ТОРФІ ПРИ РІЗНИХ ШВИДКОСТЯХ ПЕРЕМІШУВАННЯ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнології імені С.З. Гжицького, 79000 Львів, вул. Пекарська, 50, kasanam@meta.ua

**Abstract.** The efficiency of urea extraction by peat of the Vereshchytsia-Yanivskoye deposit from aqueous solutions at different speeds of their mixing at certain intervals of time was studied and compared. Kinetic curves of changes in urea in solutions versus time were obtained, which show better dynamics of reducing its content at 200 rpm, where a decrease in urea content by 46% was observed in 20 minutes of contact of the solution with the sorbent.

Агропромислові комплекси (АПК) є одними з головних водокористувачів, які несуть значний негативний вплив на довкілля. Стоки АПК представляють собою складні багатокомпонентні системи, де перевищення ГДК спостерігається за багатьма показниками. Зокрема, вміст сечовини у цих стоках коливається від 1500 до 7200 мг/л. Існує безліч способів очистки даних стічних вод, серед яких – адсорбція із використанням природних сорбентів.

Метою роботи було дослідити та порівняти ефективність вилучення сечовини торфом Верещиця-Янівського родовища із водних розчинів при різних швидкостях їх перемішування (100 об/хв та 200 об/хв) за певні проміжки часу.

Основа органічної складової торфу становлять гумінові речовини, які спричиняють до сорбційних та іонообмінних властивостей торфу. Макромолекули гумінових речовин за рахунок водневих зв'язків та полівалентних йонів можуть «зшиватися» з утворенням просторових структур, які здатні поглинати та утримувати велику кількість води з розчиненими в ній речовинами, що підкреслює їх адсорбційні властивості.

Попередньо спостережено, що низинний вид торфу даного родовища має кращу сорбційну здатність до сечовини ніж верховий вид торфу. У результаті сушіння низинної проби торфу ( $T=60\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) втрата вологи сягає до 70%. Для досліджень взято два розчини із початковими концентраціями сечовини – 1306,23 мг/л та 1406,4 мг/л, до яких додано однакові наважки попередньо висушених проб торфу (по 10 г). В результаті експериментальних досліджень одержано залежності зміни сечовини у розчинах від часу при різних швидкостях перемішування розчину із пробами сорбенту: 100 об/хв та 200 об/хв (рис. 1).

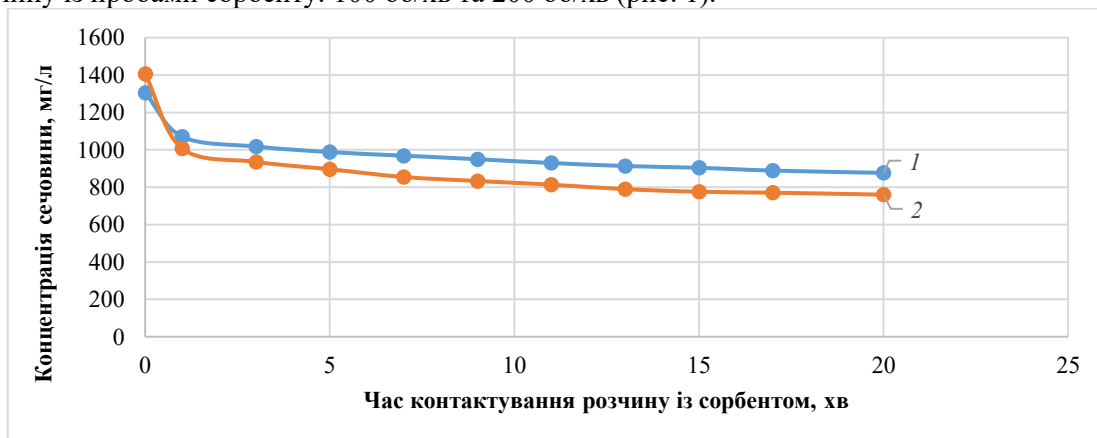


Рис. 1. Кінетика сечовини на торфі (Верещиця-Янівського родовища) при різних швидкостях перемішування розчинів із сорбентом: 1 – 100 об/хв; 2 – 200 об/хв.

Аналізуючи дані кінетичні криві процесу адсорбції (рис. 1), спостерігається динаміка зниження вмісту сечовини у досліджуваних розчинах, причому значна кількість сечовини знижується уже за перші інтервали часу (5-7 хв) та поступово зменшується її вміст за наступні досліджувані проміжки часу. За 5 хв контактування розчинів із пробами сорбенту при 100 об/хв та 200 об/хв концентрація сечовини знизилась відносно початкової на 24 % та 36 % відповідно. За 20 хв – дані показники збільшились до 33 % та 46 %.

МОЛЧАНОВ Л.С., ГОЛУБ Т.С. (УКРАЇНА, ДНІПРО)

## МЕТОДИ ФІЗИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ДОВКІЛЛЯ

*Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України  
49050, пл. Ак. Стародубова, 1, Дніпро, Україна; office.isi@nas.gov.ua*

**Abstract.** The possibility of reducing the negative impact on the environment at the stage of implementation of innovative technological operations of metallurgical production due to the use of modeling methods is analyzed. It is shown that the methods of high-temperature physical modeling are the most successful for complex technological processes.

В сучасних умовах металургійні процеси є одним з найбільших джерел забруднення довкілля. Таке забруднення носить системний характер і дається взнаки на рівні літосфери, атмосфери, гідросфери та біосфери. Найбільше забруднення здійснюється за умов освоєння інноваційних технологічних процесів або вдосконалення існуючих поки режим роботи промислових агрегатів не стабілізується.

В зазначених умовах суттєво знизити негативний вплив на довкілля можливо за рахунок впровадження методів моделювання технологічних процесів. Загальна схема технологій моделювання технологічних процесів, що застосовується у металургії представлена на рис. 1.

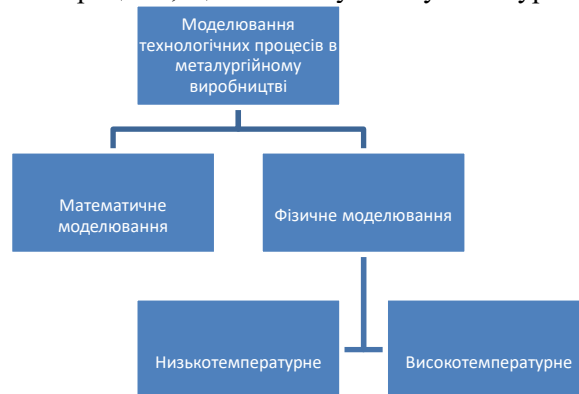


Рис. 1. Загальна схема класифікації технологій, що застосовуються для моделювання технологічних процесів в металургійній промисловості

Математичне моделювання не потребує повного відтворення технологічного процесу, том чинить найменший негативний вплив на довкілля, проте, його результати для умов складних технологічних процесів є здебільшого якісними і не можуть у повній мірі бути перенесені на реальні виробництва. Це призведе у подальшому до пікового зростання негативного впливу на довкілля виробництва, хоча і в меншій ступні ніж у випадку прямого відпрацювання інноваційних технологій в умовах реального металургійного виробництва. Узагальнений ступінь негативного впливу на всі складові довкілля буде складати на рині 30% у порівнянні з прямим відпрацюванням на виробництві.

З метою отримання більш точних результатів відтворення технологічних операцій металургійного виробництва використовуються методи фізичного моделювання, причому в залежності від температури модельного середовища їх поділяють на низькотемпературне (здебільшого використовуються рідкі фази при нормальних умовах) та високотемпературне (використовуються рідкі металеві та шлакові розплави). Зазначені методи моделювання базуються на відтворенні технологічного процесу у меншому масштабі у порівнянні з реальним. Узагальнений ступінь негативного впливу на всі складові довкілля для випадку низькотемпературного та високотемпературного моделювання буде складати на рині 20% та 10 % відповідно у порівнянні з прямим відпрацюванням на виробництві.

ГОЛУБ Т.С., МОЛЧАНОВ Л.С., АРЕНДАЧ Н.А. (УКРАЇНА, ДНІПРО)

**ПРОЦЕС ОКИСЛЕННЯ ВУГЛЕЦЮ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СТАЛІ ЗА РАХУНОК ПРОДУВКИ СУМІШШЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ГАЗІВ СИСТЕМИ «КИСЕНЬ – НЕЙТРАЛЬНИЙ ГАЗ», ЯК ЗАПОРУКА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ**

*Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України  
49050, пл. Ак. Стародубова, 1, Дніпро, Україна; office.isi@nas.gov.ua*

**Abstract.** A high temperature laboratory study of the process of carbon oxidation in steel during blowing with a 30/70 O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> mixture in a steel ladle was conducted. It was established that the use of this carbon removal technology below 0.12% reduces the amount of metallurgical slag by 25-30%.

Поширені в сучасному світі технології виробництва сталей масового сортаменту базуються на окисленні надлишкових домішок, зокрема вуглецю, у вихідній металошихті (металевий брукхт та рідкий чавун) та досягнення розплавом заданої технологічним регламентом виплавки сталі температури. При цьому у якості основного агенту для здійснення процесів окислення використовується газоподібний кисень. З практики сталеплавильного виробництва відомо, що введення у металеву ванну газоподібного кисню приводить до тотального окислення всіх домішок, зокрема і заліза. Відповідно до зазначеного механізму відбувається формування металургійних шлаків.

Металургійні шлаки є однією зі складових, яка чинить негативний вплив на довкілля. Виходячи з практики сталеплавильних процесів для виробництва сталі в кисневих конвертерах з верхньою продувкою кількість металургійного шлаку оцінюється у 10-15 % від маси сталі, що виробляється. При цьому основними складовими шлаку є оксиди кальцію, заліза та марганцю. Вміст оксидів заліза та марганцю в шлаци обернений до вмісту вуглецю в розплаві. При видаленні вуглецю з розплаву нижче 0,12% вміст зазначених оксидів складає більше 50%.

З метою дослідження технологічних параметрів процесу окислення вуглецю в сталерозливному ковші було проведено високотемпературне моделювання з урахуванням параметрів реального процесу та з повною відповідністю співвідношення параметрів обробки реального промислового процесу продувки металу у стальковші до модельного. Воно передбачало розплавлення 500 г вуглецевої сталі в індукційній печі і подальшу продувку сумішшю технологічних газів системи «кисень – нейтральний газ» співвідношенням кисню до нітрогену 30% на 70% та витратою 0,075 л/хв, які попередньо змішувалися у камері спеціальної конструкції й отримана суміш газів вводилася безпосередньо у розплав на рівень – дно тигля за рахунок пристрою погрузного типу, що імітував канал донного продувального блоку промислового зразка. Камера для змішування технологічних газів була розроблена на основі попередньо проведених лабораторних досліджень з урахуванням забезпечення повного змішування двох газових потоків із розташуванням каналів введення газів у камеру під кутом до вертикальної вісі в межах 25- 40°, а сама камера – змішувач повинна мати відношення висоти до діаметру 1:1. Кожні 40 секунд продувки відбиралася проба металу. Візуально контролювався характер розплаву на поверхні та наявності на ньому шлакової складової.

Відповідно до проведених лабораторних досліджень здійснення процесу зневуглецювання розплаву у сталерозливному ковші за рахунок донної продувки сумішшю технологічних газів системи «кисень – нейтральний газ» встановлено, що при співвідношенні O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> = 30/70 та витратою 0,075 л/хв спостерігається видалення вуглецю з розплаву 547·10<sup>-6</sup>%/с. При цьому кількість марганцю та кремнію залишається незмінною, що відображається на пропорційному збільшенні їх концентрацій в розплаві.

Таким чином, можна спрогнозувати що впровадження на металургійних підприємствах двостадійної технології окислення вуглецю при виплавці сталі (окислення до концентрації 0,15% мас. у кисневому конвертері та подальше окислення у сталерозливному ковші за технологією донної продувки сумішшю технологічних газів, що включає кисень та нейтральний газ) дозволить знизити загальний вихід металургійних шлаків приблизно на 25-30% по відношенню до класичної технології виплавки сталі у кисневих конвертерах.

ЧЕРНЯВСЬКИЙ Б. (ПОЛЬЩА, КОНІН)

## ІННОВАЦІЙНА МОДЕЛЬ РЕМЕДІАЦІЇ ПОСТРАЖДАЛИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ: ІНТЕГРАЦІЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ

*Академія Прикладних Наук у Коніні*

*62-510, вул. Пишяжні, 1, Конін, Польща; bohdan.cherniavskyi@konin.edu.pl*

**Abstract.** The author's research presents an innovative remediation model for war-affected territories of Ukraine, which integrates modern technologies for effective environmental restoration. The model focuses on an adaptive approach that allows for the selection of optimal methods and tools depending on the nature and scale of contamination, as well as the composition of contaminants. The article explores in detail the possibilities of implementing such innovative approaches as bioremediation, phytoremediation, nanotechnology, the use of drones, and GIS for maximum cleanup and ecosystem restoration. Special attention is given to the importance of a comprehensive approach for the rapid recovery of natural resources and sustainable environmental development of the country.

Актуальність наукових досліджень сфокусованих на винайденні оптимальних методів і способів ремедіації забруднених результатами військової діяльності територій зростає з кожним днем все більше. Так, оприлюднені данні свідчать про те, що внаслідок дій агресора території України було завдано значної шкоди довкіллю. Станом на початок 2024 р., міжнародні експерти вказують на те, що більше ніж 30% території країни забруднено через військову діяльність. Мова йде про забруднення ґрунтів важкими металами, такими як свинець і кадмій, хімічними речовинами, зокрема тринітротолуолом (TNT), який має канцерогенні властивості, та інші вибухові речовини, що забруднюють воду і ґрунт (<https://www.kyivpost.com/post/39949>). Крім вище наведеного, було пошкоджено значну частину екологічно важливих об'єктів. Особливо слід зазначити про факт екоциду, пов'язаний з підривом Каховської ГЕС. Руйнування дамби стало катастрофою для біоценозу Дніпра та його прибережної зони. За даними національної влади, внаслідок катастрофи постраждали десятки тисяч тон риби, включно з промисловими видами, причому більшість із них - унаслідок висихання Каховського водосховища. Невиправної руйнівної шкоди довкіллю завдали також пожежі. Так, понад 183,000 гектарів лісів згоріли через воєнні дії агресора, що спричинило викид шкідливих речовин в атмосферу. Окрім цього, через військові удари та руйнування інфраструктури, у водойми було скинуто біля 20,7 мільярдів кубометрів забруднених стічних вод, що спричинило серйозні проблеми з доступом до чистої води для приблизно 6 мільйонів людей (<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>).

Все вище наведене вказує про загрозу не лише екосистемі, але й здоров'я населення. Тому, вже зараз необхідно концентрувати увагу і зусилля відповідних владних структур, осередків наукової та практичної діяльності діяльності на пошуку оптимальних моделей ремедіації постраждалих територій. Модель ремедіації, яку пропонує автор, дозволить обирати оптимальні рішення на основі аналізу конкретних умов, комбінуючи елементи, які найбільш підходять для конкретної забрудненої території. Комплексний адаптивний підхід забезпечить максимальну ефективність як у короткостроковій перспективі (швидка ліквідація забруднень), так і в довгостроковій (стійке відновлення екосистем). Крім того, модель може включати найкращі світові практики та технології, що були вже успішно апробовані в подібних ситуаціях, що забезпечить швидке отримання результатів і дозволить мінімізувати ризики.

Зазначимо, що ефективність впровадження моделі ремедіації безпосередньо залежить від імплементації в неї інноваційних підходів та технологій з метою досягнення оптимального рівня відновлення, таких як: методи «зеленої» ремедіації (біоремедіації, фіторемедіації), застосування нанотехнологій, використання геоінформаційних систем (ГІС), дронів та безпілотних літальних апаратів, роботизованих систем та адитивних технологій (3D-друк) (<https://www.rand.org/pubs/articles/2024/postwar-ukraine-planning-for-a-successful-and-secure.html>).

Таким чином, Україна, спрямовуючі свої зусилля до європейської інтеграції, має дбати про екологічну безпеку та відповідальність. Саме тому, використання передових інноваційних технологій імplementованих в модель ремедіації, допоможуть досягти її поставлених цілей, відновити ефективний і стійкий розвиток постраждалих від війни територій.

КІКА Л.С., САБЛІЙ Л.А. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДАЛЕННЯ ХЛОРАМФЕНІКОЛУ ЗІ СТІЧНИХ ВОД В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД БІОМАСИ *LEMNA MINOR*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 03056, Берестейський проспект, 37, Київ, Україна;  
mail[at]kpi.ua, webmaster[at]kpi.ua

**Abstract.** The article is dedicated to studying the effectiveness of wastewater treatment contaminated with chloramphenicol using *Lemna minor* with a specific biomass of 36 and 50 g/L. Purification of model solutions with an antibiotic concentration of 2-20 mg/L continued for 1-72 hours. According to the obtained results, the rational parameters of the cleaning process were established: time 48 hours and specific biomass 36 g/L allowed to achieve 29.4% efficiency of chloramphenicol removal from wastewater at its initial concentration of 10 mg/L.

Фармацевтичні підприємства щорічно скидають у водойми мільйони кубометрів стічних вод, що містять різноманітні лікарські засоби: антибіотики, гормональні препарати тощо. Це несе загрозу екосистемам та призводить до розвитку стійких мікроорганізмів. З літературних джерел відомо, що для очищення стічних вод від антибіотиків використовують фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні методи, які часто неефективні, дорогі та складні. Останнім часом дослідники приділяють значну увагу біологічному методу очищення стічних вод від різних забруднень (сполук азоту, фосфору, йонів металів тощо) з використанням водних рослин, зокрема ряскових. Метою роботи є визначення ефективності очищення стічних вод від антибіотика – хлорамфеніколу, за допомогою *Lemna minor* в залежності від початкової концентрації антибіотика, тривалості процесу та питомої біомаси ряски.

Для досліджень використовували модельні розчини, які імітували стічні води, з концентраціями хлорамфеніколу 2, 5, 10 і 20 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрації хлорамфеніколу в очищених розчинах визначали за допомогою рідинної хроматографії та калібрувальної кривої. Процес очищення модельних розчинів досліджували в статичному режимі в біореакторах з питомою біомасою *Lemna minor* – 36 та 50 г/дм<sup>3</sup>, з відбором проб очищеного розчину через 1, 2, 4, 6, 21, 24, 48 та 72 години.

Отримані результати показали зниження вмісту хлорамфеніколу з часом від початку процесу за питомої маси *Lemna minor* 36 і 50 г/дм<sup>3</sup>. Встановлено, що ефективність видалення антибіотика залежить від тривалості очищення розчинів, початкового вмісту антибіотика та біомаси *L. minor*. Найбільше зниження вмісту антибіотика спостерігали протягом 24-48 годин, після чого процес сповільнюється, і вміст стає практично незмінним протягом 72 годин очищення. При нижчих концентраціях антибіотика 2 та 5 мг/дм<sup>3</sup> ефективність очищення за питомої біомаси *L. minor* 36 г/дм<sup>3</sup> поступово зростає протягом перших 24 годин і досягає максимуму, відповідно, 23,2 та 26,8% через 72 години, а за 50 г/дм<sup>3</sup> досягає 17 та 19%. Для вищих концентрацій антибіотика 10 та 20 мг/дм<sup>3</sup> за питомої біомаси *Lemna minor* 36 г/дм<sup>3</sup> також спостерігали поступове зростання ефективності, яка через 72 години досягла максимуму 33% за вмісту хлорамфеніколу 10 мг/дм<sup>3</sup> та 29,5% – за вмісту 20 мг/дм<sup>3</sup>. Для питомої біомаси 50 г/дм<sup>3</sup> ступінь видалення антибіотика становив 23,6% для 10 мг/дм<sup>3</sup> та 21% – для 20 мг/дм<sup>3</sup>. Таким чином, використання *L. minor* з питомою біомасою 36 г/дм<sup>3</sup> сприяє більш ефективному процесу очищення. Збільшення біомаси ряски до 50 г/дм<sup>3</sup> очевидно призводить до зниження адсорбції антибіотика через малу площу контакту коренів верхніх шарів ряски з поверхнею розчину. Також збільшення щільності ряски пригнічує фотосинтетичну активність в нижніх її шарах.

У результаті встановлено раціональні параметри очищення: тривалість – 48 год та питому біомасу *Lemna minor* 36 г/дм<sup>3</sup>, що дозволяють досягти ефективності видалення хлорамфеніколу зі стічних вод – 29,4% за його початкової концентрації 10 мг/дм<sup>3</sup>.

ТИМЧУК В.С., МАЛЬОВАНІЙ М.С., ТИМЧУК І.С.,  
СЕРЕДА А.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## РОЗВИТОК КОМПОСТУВАННЯ В УКРАЇНІ: ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна.*

**Abstract.** Waste management in Ukraine is a growing issue, driven by increasing population and urbanization. Composting offers a sustainable solution for organic waste by converting it into valuable fertilizer. Each year, Ukraine generates approximately 13 billion tons of municipal solid waste, a significant portion of which is organic. Composting reduces the need for landfill space, cuts greenhouse gas emissions, and enhances soil fertility without chemical fertilizers. Successful local projects, like Lviv's composting station, demonstrate the viability of this approach. However, challenges remain in waste sorting and managing emissions. Expanding composting infrastructure could be crucial for sustainable development and environmental protection in Ukraine.

Проблема управління відходами в Україні стає все більш гострою через зростання кількості населення та інтенсифікацію міського життя. Одним із найбільш перспективних рішень для утилізації органічних відходів є компостування – процес перетворення органічних матеріалів на цінний продукт. Компостування в Україні може стати вирішальним кроком на шляху до сталого управління відходами та розвитку циркулярної економіки. За оцінками, щороку в Україні утворюється близько 13 мільярдів тон твердих побутових відходів (ТПВ), значна частка яких є органічними. Сучасні технології компостування дозволяють перетворювати ці відходи на високоякісний компост, який може бути використаний для відновлення ґрунтів та підвищення врожайності сільськогосподарських культур. При цьому, компостування значно знижує викиди парникових газів, зокрема метану, що утворюється при традиційному захороненні органіки на полігонах. Одним з прикладів успішної реалізації компостування в Україні є перша компостувальна станція у Львові, створена в рамках проекту ЛКП "Зелене місто". Це підприємство займається переробкою органічних відходів міста, демонструючи, що компостування може бути ефективним і в умовах українських реалій. Технології, які використовуються на таких станціях, дозволяють виробляти екологічно чистий компост, збагачений поживними речовинами для ґрунтів.

Основні екологічні переваги компостування включають:

- Зменшення кількості відходів на сміттєзвалищах. Компостування значно знижує обсяги органічних відходів, що підлягають захороненню, що дозволяє зменшити навантаження на сміттєзвалища та уникнути шкідливого впливу на довкілля.
- Скорочення викидів парникових газів. Компостування є аеробним процесом, при якому не утворюється метан, що є одним із найпотужніших парникових газів. Це сприяє зниженню негативного впливу на клімат.
- Покращення родючості ґрунтів. Компост збагачує ґрунти поживними речовинами, такими як азот, фосфор та калій, що позитивно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Важливо, що компостування не потребує використання хімічних добрив, що робить його більш екологічно безпечним для природи.

Однак, існують і виклики, пов'язані з компостуванням. Наприклад, однією з проблем є необхідність належного сортування відходів на ранніх етапах. Без якісного попереднього відбору органіки ефективність процесу компостування знижується. Також необхідно вирішувати питання неприємних запахів та контролю викидів парникових газів на компостних підприємствах. Інноваційні технології, такі як використання біовугілля та мембранного покриття, можуть значно знизити ці негативні фактори.

Таким чином, компостування має значний потенціал для вирішення проблеми органічних відходів в Україні. Впровадження компостувальних станцій на національному рівні дозволить не лише зменшити негативний вплив на довкілля, але й створити додаткові ресурси для сільського господарства. З урахуванням світового досвіду, Україна може розвинути власну інфраструктуру компостування, що стане важливим кроком до сталого розвитку країни та захисту її екологічного балансу.

ІВАНІВ Ю.П., ТИМЧУК І. С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ТАНЕННЯ ЛЬДОВИКІВ ЯК ГЛОБАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна.*

**Abstract.** Glaciers play a vital role in regulating Earth's climate and providing freshwater. However, due to global warming, they are rapidly melting, losing 335 billion tons of ice annually. This contributes to rising sea levels, altered ocean currents, and other environmental changes. Key drivers include atmospheric and oceanic warming. The impacts include biodiversity loss, freshwater shortages, and methane release from melting permafrost, which worsens global warming. Addressing glacier melt is critical and requires immediate action to reduce emissions and limit its environmental effects.

Льодовики, як ключові складові глобальної кліматичної системи, є індикатором кліматичних змін і одночасно важливим фактором їх модифікації. Льодовики забезпечують важливу роль у підтримці екологічної рівноваги на нашій планеті, регулюючи кліматичні умови та забезпечуючи прісною водою мільйони людей по всьому світу. Проте глобальне потепління, викликане підвищенням концентрації парникових газів в атмосфері, в результаті до підвищення температури, що спричиняє стрімке танення льодовиків. В середньому, кожного року на Землі розтає приблизно 335 млрд т льоду. Згідно з результатами досліджень науковців, основними причинами танення льодовиків стали: потепління атмосфери, яка за десятиліття нагрілася на 0,26°C; нагрівання океанів в середньому на 0,12°C щороку. Вчені також дійшли висновку, що у піднятті рівня світового океану на 22 сантиметри за останні 100 років винні не лише розтоплені льодовики, а й сам факт нагрівання атмосфери. Річ у тім, що океани поглинають частину надлишкового тепла, викликаного парниковим ефектом, і розширюються самостійно. Наслідки танення льодовиків дійсно катастрофічні не тільки для планети, а й для самих людей.

Пришвидшення танення передбачає:

*Підвищення рівня Світового океану.* Окрім збільшення рівня світового океану, також змінюється температура, рух течій, положення тектонічних плит. У результаті це все може призвести до того, що рівень моря підніметься майже на 2 м до кінця століття. Таким чином, люди, які мешкають на прибережних територіях, залишаться без даху над головою.

Танення льодовиків змінює солоність океанської води, що впливає на густину води і, відповідно, на рух океанічних течій. Це може призвести до порушення кліматичних патернів, зміни розподілу опадів та екстремальних погодних явищ.

Підвищення температури землі. Льодовик як своєрідне дзеркало, яке відбиває сонячні промені. Тому коли зменшується площа кріосфери, водночас зменшується здатність землі відбивати сонячні промені. Земля починає поглинати більше тепла, активніше віддавати його в атмосферу, і таким чином температура зростає швидше.

Зменшення біорізноманіття. Танення льодовиків змінює температуру води, солоність та доступність їжі в океані, що порушує харчові ланцюги. Багато видів тварин, які залежать від льоду для розмноження або полювання, можуть зникнути. Крім того, втрата біорізноманіття може призвести до втрати цінних генетичних ресурсів та потенційних лікарських засобів.

Дефіцит питної води. У льодовиках міститься 85 % прісної води. У зв'язку з таненням збільшується кількість прісної води, що активніше змішується із морською. Це не лише поступово позбавляє мільйони людей питної води, а й руйнує баланс морських екосистем.

У вічній мерзлоті містяться великі запаси метану у вигляді газових гідратів, які підвищенням температури стають нестабільними і починають розкладатися, вивільняючи метан.

Поява нових бактерій та вірусів. Вчені зі США виявили невідомі віруси віком майже 15 000 років в двох зразках льоду, взятих з Тибетського плато в Китаї. Вивільнення цих мікроорганізмів може призвести до непередбачуваних наслідків, таких як виникнення нових інфекційних захворювань

Танення льодовиків, спричинене зміною клімату, є однією з найсерйозніших екологічних проблем сучасності, яка вимагає негайних заходів на всіх рівнях, від глобальних до місцевих. Розвиток стратегій адаптації до зміни клімату та зменшення викидів парникових газів є важливими кроками у збереженні льодовиків і мінімізації їх впливу на навколишнє середовище та людство.

КВАС М.В., МАТВІЙ П.В., ТИМЧУК І.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**БІОВІДХОДИ ЯК РЕСУРС: ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна.*

**Abstract.** The issue of organic waste disposal is becoming increasingly relevant in Ukraine due to the rise of urbanization and waste production. Traditional disposal methods, such as landfilling, pose environmental risks, creating the need for more sustainable approaches. Promising alternatives include biological methods like anaerobic digestion and composting. Anaerobic digestion breaks down waste in oxygen-free conditions, producing biogas as an energy source and digestate for fertilizer. Composting, involving aerobic microorganisms, generates high-quality fertilizer. While these methods offer environmental and economic benefits, challenges such as inadequate infrastructure and high investment costs hinder implementation. Nevertheless, these technologies could significantly improve waste management and renewable energy production in Ukraine.

У сучасному світі проблема утилізації органічних відходів набуває все більшої актуальності, зокрема в Україні, де розвиток міських агломерацій призводить до збільшення кількості відходів. Традиційні методи їх утилізації, такі як захоронення на полігонах, завдають значної шкоди довкіллю, а отже виникає необхідність у впровадженні більш екологічно безпечних підходів. Одним із найбільш перспективних напрямів є біологічні методи утилізації органічних відходів, зокрема анаеробне зброджування та компостування.

Анаеробне зброджування – це процес розкладання органічних речовин у безкисневих умовах, що призводить до утворення біогазу (суміш метану і вуглекислого газу) та дигестату – побічного продукту, який може бути використаний як органічне добриво. Однією з ключових переваг цього методу є можливість не лише зменшити кількість органічних відходів, але й отримати альтернативне джерело енергії. Наприклад, за результатами досліджень, спільне зброджування осаду стічних вод з органічними відходами, такими як солома чи побутові відходи, може значно підвищити ефективність процесу та вихід біогазу.

Компостування – інший біологічний метод утилізації органічних відходів, що базується на їх розкладанні за участю аеробних мікроорганізмів (в умовах доступу кисню). У результаті процесу утворюється компост – високоякісне органічне добриво, яке покращує структуру ґрунту і його родючість. В Україні все більше уваги приділяється компостуванню, оскільки цей метод є не лише екологічно безпечним, але й економічно доцільним. За даними наукових досліджень, процес швидкого компостування органічних відходів можна значно прискорити за рахунок оптимізації температурного режиму та використання спеціальних реакторів.

Проте, незважаючи на перспективність біологічних методів утилізації, їх впровадження в Україні стикається з низкою викликів. Одним з головних бар'єрів є недостатній розвиток інфраструктури для переробки органічних відходів та брак сучасних технологій. Крім того, економічна доцільність застосування цих методів вимагає ретельного аналізу, оскільки, наприклад, процес анаеробного зброджування вимагає значних інвестицій у створення та обслуговування біогазових установок. Водночас, розвиток біологічних методів утилізації органічних відходів має значний потенціал для створення нових робочих місць та розвитку сектору відновлюваної енергетики. Так, у країнах ЄС такі технології вже активно використовуються, що дозволяє зменшити залежність від викопних джерел енергії та забезпечити сталий розвиток.

Згідно з дослідженнями, розвиток технологій мікробної ферментації органічних відходів в Україні може стати ключем до вирішення національної проблеми управління відходами. Сучасні технології ферментації дозволяють отримувати високоякісні біопродукти, які можуть бути використані в різних галузях промисловості, а також для виробництва біопалива, що значно покращить екологічну ситуацію та сприятиме економічному розвитку. Таким чином, впровадження біологічних методів утилізації органічних відходів в Україні має стати одним із пріоритетних напрямів екологічної політики. Це дозволить не лише знизити негативний вплив відходів на довкілля, але й створити нові можливості для виробництва екологічно чистої енергії та добрив.



КОВАЛЬОВА С.О., ГОЛУБ Н.Б. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ВПЛИВ СПЕКТРІВ СВІТЛА ТА РІЗНИХ СПОЛУК ЗАЛІЗА НА РІСТ І БІОМАСУ МІКРОВОДОРОСТЕЙ *CHLORELLA VULGARIS*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» 03056 Берестейський проспект, 37, Київ mail@kpi.ua

**Abstract.** This study examines the effects of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  on the growth and biomass production of *Chlorella vulgaris* under various light spectra. Results show that cultivation with 20 mg/L  $\text{Fe}^{3+}$  under bright natural light and red-blue LEDs significantly improved cell count and biomass yield compared to the control, indicating that iron in  $\text{Fe}^{3+}$  is more effective for enhancing microalgae growth.

Метали, зокрема залізо, є одним із ключових мікроелементів для росту мікроводоростей. Різні форми заліза ( $\text{Fe}^{2+}$  та  $\text{Fe}^{3+}$ ) по-різному впливають на біологічні процеси у клітинах мікроводоростей, а світло регулює фотосинтез і також впливає на компонентний склад клітин. Вивчення впливу спектру світла та металів на біомасу мікроводоростей є важливим для оптимізації біотехнологічних процесів.

Культивування *Chlorella vulgaris* проводили у трубчатих фотореакторах, культуральному середовищі BG-11 з надлишковим вмістом сполук заліза  $\text{Fe}^{2+}$  (залізо (II) бісгліцинат) і  $\text{Fe}^{3+}$  (залізо (III) цитрат) за вмісту феруму: 0 (контроль) та 5, 10, 20 мг/л при різних джерелах освітлення: природному яскравому, природному приглушеному, білих та червоно/синіх світлодіодах 2:1 (режим: 4 години світло – 4 години темрява), за температури  $20 \pm 2$  °C з використанням  $\text{CO}_2$  як джерела карбону.

При культивуванні з  $\text{Fe}^{2+}$ , найбільший приріст біомаси та клітин (в 2 рази по відношенню до контролю) спостерігали при освітленні природним яскравим світлом і вмістом феруму 20 мг/л. За умов червоно-синього освітлення збільшення кількості клітин було у 1.5 рази відносно контролю. При цьому приріст біомаси підвищився у 1.1 рази, що свідчить про більш дрібні розміри клітин по відношенню до освітлення природним світлом. При освітленні білими світлодіодами кількість клітин підвищилась у 1.2 рази, а біомаса відповідала показникам контрольного дослідження. Освітлення природним приглушеним світлом в усіх концентраціях показало аналогічні контрольні ростові характеристики.

Для  $\text{Fe}^{3+}$  найбільші прирости біомаси та клітин спостерігали також при вмісті феруму 20 мг/л за освітлення природним яскравим світлом. Кількість клітин зросла в 2 рази, а біомаса – в 2.5 рази по відношенню до контролю. За використання червоно-синього освітлення вищі показники були отримано за вмісту феруму 10 мг/л  $\text{Fe}^{3+}$ . Кількість клітин і біомаса були вищі за контроль у 1.1 рази. Під дією білих світлодіодів за вмісту 10 мг/л  $\text{Fe}^{3+}$  кількість клітин збільшилася на 1.1 раз, а суха біомаса – на 1.5 рази. Природне приглушене світло також показало результати, подібні до контролю для  $\text{Fe}^{3+}$ .

Підвищення сухої біомаси *Chlorella vulgaris* та кількості клітин під дією природного яскравого і червоно-синього освітлення при підвищеній концентрації іонів феруму зумовлене участю заліза в фотосинтезі та його синергетичним ефектом з інтенсивним освітленням. Збільшення біомаси за використання комплексу трьохвалентного феруму можна пояснити більшим розміром клітин, що підтверджують дані, одержані за використання лічильника клітин Countess 2 FL. Оскільки сполуки феруму вводили у фотореактор періодично, то під час культивування відбувалось окиснення двовалентного феруму киснем, який виділяли мікроводорості. Це впливає на процес надходження іонів в клітини, механізми яких характерні для трьохвалентного феруму.

Можна стверджувати, що для розробки біотехнології отримання підвищеного приросту біомаси мікроводоростей і, відповідно, компонентів клітин (наприклад, каротиноїдів) необхідно підвищувати вміст іонів феруму в культуральному середовищі та застосовувати природне освітлення разом з освітленням червоними та синіми світлодіодами.

МОЗГОВИЙ В.В., БАРАН С.А., КУЦМАН О.М. (УКРАЇНА, КИЇВ)  
**ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТЕЦ ДЛЯ ЗАМІНИ  
 КОНДИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ МІНЕРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ  
 БІТУМОМІНЕРАЛЬНИХ СУМІШЕЙ**

*Національний транспортний університет,  
 01010, Україна, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1. tozgoviy@gmail.com*

**Absrtact.** One of the ways to utilise ash and slag mixtures is to replace the mineral part of bitumen-mineral mixtures with CHP waste as conditioning materials. However, for the use of such materials, it should be taken into account that the particles of ash and slag mixtures have lower strength compared to traditional aggregates for bitumen-mineral mixtures. On the basis of the conducted studies, it is possible to ensure the required quality of bitumen-mineral mixtures using waste from CHP plants by means of targeted adjustment of formulation and technological parameters.

Загальновідомо, що суттєве екологічне навантаження на території України створено золошлаковими відходами ТЕЦ. На даний час у відвалах їх накопичено більше 1,5 млрд. тон. При цьому рівень утилізації таких матеріалів знаходиться на рівні лише 10%. Зусилля, направлені на використання золи та шлаків дає економію матеріальних ресурсів та вирішує проблему зростаючого забруднення навколишнього середовища. Одним із ефективних шляхів багатотоннажної утилізації золошлакових відходів могло б бути дорожнє будівництво. На даний час існує значний обсяг отриманих зарубіжних і вітчизняних результатів наукових досліджень і практичного впровадження при будівництві і ремонті автомобільних доріг. Останніми роками такі роботи продовжуються вітчизняними науковцями з використанням результатів позитивного практичного досвіду минулих років, застосуванням новітніх знань, технологій і матеріалів. а також з урахуванням зміни клімату, зростання інтенсивності руху і транспортного навантаження.

В НТУ на кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів і хімії проводились дослідження стосовно можливості часткової заміни дефіцитних мінеральних складових асфальтобетонних і бітумомінеральних сумішей на золошлаки, отримані гідровидаленням.

Враховуючи, що частинки золошлакових сумішей мають нижчу міцність в порівнянні з традиційними заповнювачами для бітумомінеральних сумішей, додавали гранітний щебінь для створення каркасу. При цьому, базуючись на результатах досліджень, отриманих професором Б.С Радовським при вирішенні задачі про щільність упаковки випадково розташованих полізернистих дисперсних частинок, було враховувати, що об'ємна частка міцного щебеню, при якій з'являється просторовий каркас, здатний передати зовнішнє вертикальне навантаження, рівномірно розподілене по всій верхній межі нижче розташованого шару, повинна бути більше відповідного порогового значення. Для забезпечення водо- та морозостійкості асфальтобетону з таких бітумомінеральних сумішей використовували відповідні гідрофобізуючі матеріали. Розроблено ряд рецептур для практичного впровадження. За основними фізико-механічними характеристиками (табл. 1) такі матеріали відповідають вимогам нормативних документів: ДСТУ Б В.2.7-305:2015 Суміші бітумомінеральні дорожні. Загальні технічні умови, ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови та ДСТУ-Н Б В.3.2-5:2016 Настанова з ліквідації вибоїн покриття нежорсткого дорожнього одягу автомобільних доріг.

*Таблиця 1*

**Фізико-механічні властивості ущільненої бітумомінеральної суміші гранулометричного типу В і Б з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на бітумі БНД 70/130**

Тип гранулометрії	В	Б
Вміст в'язучого, %	7	6,3
Пористість, %	3,1	2,17
Водонасичення, %	2,14	2,99
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20°C	3,9	3,7
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50°C	1,15	0,98
Коефіцієнт водостійкості/ Коефіцієнт довготривалої водостійкості	0,92/0,99	0,97/0,85

KRYŁÓW M. (POLAND, CRACOW),  
POPENDA A., WIŚNIEWSKA E (POLAND, CZESTOCHOWA)

## **THE OCCURRENCE OF PER- AND POLYFLUOROALKYL (PFAS) COMPOUNDS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT AND METHODS OF THEIR REMOVAL**

*Cracow University of Technology, Faculty of Environmental Engineering and Energy,  
Department of Environmental Technologies,  
ul. Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland; malgorzata.krylow@pk.edu.pl*  
*Częstochowa University of Technology, Faculty of Infrastructure and Environment,  
Department of Sanitary Networks and Installations  
ul. J.H. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa, Poland*

**Abstract.** EU Directive 2020/2184 of 16 December 2020 on The quality of water intended for human consumption introduces concentration limits for organic substances that are not included in the current Minister of Health Regulation (item 2294 of 7 December 2017) on the quality of water intended for human consumption. Due to their widespread occurrence in the natural environment and recognized toxicity, per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are included in the directive.

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are pervasively utilized in both industrial and domestic products. The physicochemical properties of PFAS and their pervasive use are the primary factors responsible for the presence of these compounds in all environmental compartments. The majority of per- and polyfluoroalkyl compounds are estrogenic, toxic and exhibit cytotoxic properties. These compounds are referred to as 'perennial chemicals' due to their inability to degrade under natural conditions or the slowness of their degradation process.

This paper presents an overview of current knowledge regarding the content and transformations of PFAS, including PFOS (perfluorooctanesulfonic acid) and PFOA (perfluorooctanoic acid) in surface and groundwater. The contamination of surface and groundwater by per- and polyfluoroalkyl compounds can be attributed to a number of sources, including industrial facilities such as firefighting ranges, military bases and airports, municipal landfills and sewage treatment plants. A literature review revealed that the concentration of PFOA and PFOS in the surface water is several times higher than the recommended limit for drinking water (70 ng/L). As a consequence of the Stockholm Convention, the utilization of long-chain PFAS, including PFOS and PFOA, has been diminished. In contrast, the deployment of short-chain PFAS, such as perfluorobutanoic acid (PFBA) and perfluorobutanesulfonic acid (PFBS), has increased markedly. Furthermore, the article offers a concise overview of the efficacy of the current methods employed to remove these compounds from water during treatment, along with an examination of the recent research developments in this field.

ЧЕРНЮК Г.В. (УКРАЇНА, КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ)  
**ОЦІНКА КОМФОРТНОСТІ КЛІМАТУ І ПОГОДИ ПОДІЛЛЯ**

*Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка  
 32300, вул. Огієнка, 61, Кам'янець-Подільський, Україна, heography@kpmu.edu.ua*

**Abstract.** The climate maps of Podolia composite for the analyses and appraisalment of the climate influence at the human organism. The maximum number of days with comfortable weather is observed in July. The comfortable period is not only in summer, but also in autumn and spring. In summer, there are days of hot subcomfortable and uncomfortable weather. Cool subcomfortable weather has recurrence maxima in fall and spring.

До актуальних проблем раціонального використання природних ресурсів належить аналіз та оцінка клімату і погоди для рекреації. З цією метою були побудовані кліматичні карти, схеми розподілу сонячної радіації, тривалості сонячного сяння та середньої швидкості вітру для території Поділля, Тернопільської та Хмельницької областей.

Для оцінки ступеня фізіологічної комфортності клімату введені поняття про ефективну температуру, яка визначається на основі температури і вологості повітря та швидкості вітру. На території Поділля середньомісячна відносна вологість повітря зростає від 61-69% влітку до 80-90% взимку, що майже не впливає на теплові умови. Комфортні умови тут залежать головним чином від температури повітря і швидкості вітру. Вони відсутні, як правило, з жовтня по квітень, що обумовлено в основному силою вітру. Зимом переважає слабо морозна та помірно морозна погода, а також перехідна хмарна вдень погода. Влітку найбільшу повторюваність має малохмарна і хмарна помірно тепла і тепла погода. Повторюваність хмарної дощової погоди на заході Поділля зростає до 30%, а на сході зменшується і спостерігається до 10-15% випадків комфортної помірно-посушливої погоди з температурою понад 22°C та деколи можлива суховійна погода (1-2%). Взимку на сході Поділля можлива дискомфортна сильно морозна погода, а на заході до 50% днів з хмарною погодою, відлигами та опадами. Сезонні види діяльності людини вимагають неоднозначної оцінки ступеня сприятливості клімату.

До геофізичних ресурсів клімату належать освітленість, сумарна та ультрафіолетова радіація, обумовлені висотою сонця, сніговий покрив та хмарність. На території Поділля найбільші висоти сонця спостерігаються в полудень 20-24 червня (64-66°), а найменші – 20-24 грудня (16-19°). Тривалість дня змінюється від 16 і 16год.30хвил. в червні до 8 і 8год.24хвил. в грудні. Тривалість сонячного сяння збільшується від 1800 годин на півночі до 1950 годин на півдні Поділля, від 42-34 години за грудень до 259-294 години за липень. Максимальна повторюваність хмарної погоди (8-10 балів) спостерігається в грудні (75-81%). У липні повторюваність такої погоди найменша, від 40-43% на заході до 39-40% на сході Поділля. Сумарна сонячна радіація збільшується від 4000 до 4300 МДж/м<sup>2</sup> з північного заходу на південний схід. За літні місяці пряма сонячна радіація зростає від 1200-1300 до 1500-1700 МДж/м<sup>2</sup> з північного заходу на південний схід. На території Поділля ультрафіолетова радіація поступає протягом всього року, а період геліотерапії триває 5-6 місяців. Граничну дозу опромінення влітку можна отримати в полудень за 1 годину, а оптимальну дозу за півгодини. Недостача УФ радіації буває на протягом грудня і січня, а надлишок з червня по серпень.

На Поділлі максимум днів з комфортною погодою спостерігається в липні. Камфортний період буває не тільки літом, але й в осені і навесні. Літом бувають дні спекотливої субкомфортної і дискомфорчної погоди. Прохолодна субкомфортна погода має максимуми повторення в осені та весною. Купальний сезон триває 70-80 днів. Оцінка погоди для зимових видів рекреації повинна враховувати теплий одяг. Головним показником для оцінки дискомфорту вважають приведену температуру повітря при відсутності вітру, при якій теплообмін відкритих частин тіла такий же, як при сполученні певної температури повітря, швидкості вітру і радіаційного балансу. Так, приведені температури при -10°C відповідають при швидкості вітру 4м/с - -26°C; 9 м/с - -34°C; 16 м/с - -43°C. Для зимових видів спорту і відпочинку має значення стійкість снігового покриву висотою понад 10 см. На Поділлі спостерігається в середньому 80-90 днів зі сніговим покривом. На заході Поділля до 15-25% зим бувають без стійкого снігового покриву. Слід відмітити, що на самопочуття людей, особливо хворих, сильно впливають зміни погоди при проходженні атмосферних фронтів.

КУДРЯШОВА К.О., ГУМЕННА В.В., ХЛОПИЦЬКИЙ О.О.,  
КЛИМОВА Н.А.(УКРАЇНА, ДНІПРО)

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ ЯК ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

*Український державний університет наук і технологій. Навчально-науковий інститут  
Український державний хіміко-технологічний університет, просп. Науки, 8, м. Дніпро,  
49005; kseniakudryashova2003@gmail.com*

**Abstract.** The text delves into the challenges of efficient natural resource utilization and the management of technological waste. It places particular emphasis on the significance of waste recycling, especially of slag and ash materials, and the enrichment of mineral resources such as iron ore. The text underscores the imperative of integrating economic, social, and environmental aspects into production processes to ensure sustainable development. Additionally, it proposes potential solutions to existing problems, such as developing government programs, investing in scientific research, and implementing advanced technologies.

Ефективна переробка техногенних відходів та раціональне використання мінеральних ресурсів, зокрема залізних руд, є ключовими факторами для забезпечення сталого розвитку суспільства. Інтеграція економічних, соціальних та екологічних аспектів у процеси виробництва та споживання дозволить зменшити тиск на довкілля, створити нові робочі місця та забезпечити стабільний розвиток економік.

Техногенні відходи – актуальна проблема. Оскільки великі об'єми техногенних відходів, зокрема золошлакових матеріалів та шлаків металургійних комбінатів, створюють екологічні загрози та вимагають термінового вирішення.

Економічний потенціал та екологічні переваги: Переробка відходів може стати додатковим джерелом доходів для підприємств та сприяти розвитку економіки. Утилізація відходів дозволяє зберегти довкілля, зменшити об'єми захоронення та знизити ризик забруднення.

Перешкоди для ефективної утилізації: Відсутність сучасних технологій, низька обізнаність підприємств, недостатнє законодавство та високі початкові інвестиції.

Шляхи вирішення та Потенціал використання Розробка державної програми, інвестиції в наукові дослідження, створення сприятливих умов для інвесторів, посилення контролю та просвітницька робота. Золошлаки можуть бути використані у будівництві, виробництві цементу, рекультиватії земель та навіть для виробництва енергії.

Збагачення заліза. Збагачення залізних руд дозволяє підвищити концентрацію заліза, знизити витрати на подальшу переробку та отримати цінні побічні продукти.

Існує багато методів збагачення, вибір яких залежить від властивостей руди.

Залізо та його сплави є основою для багатьох галузей промисловості, включаючи металургію, будівництво, автомобілебудування та енергетику. Постійний розвиток технологій збагачення та нових матеріалів на основі заліза.

Сучасна промислова діяльність створює значні обсяги техногенних відходів, які становлять як екологічну, так і економічну проблему. Нераціональне використання природних ресурсів призводить до виснаження родовищ корисних копалин та забруднення довкілля.

Переробка техногенних відходів є перспективним напрямом, який дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля, отримати цінні компоненти та забезпечити стале постачання ресурсів для економіки, особливо в умовах воєнних конфліктів.

Збагачення руд, зокрема залізних, є необхідним процесом для підвищення ефективності використання мінеральних ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля. Застосування сучасних технологій дозволяє оптимізувати цей процес та знизити витрати.

Таким чином, раціональне використання природних ресурсів, переробка відходів та вдосконалення технологічних процесів є ключовими факторами для забезпечення сталого розвитку суспільства.

КУЛІШ-ПЕЛЕНСЬКА Б.І., КЕЧУР Д.І., КАТРУК Д.С.,  
 МАСЮК А.С., ЛЕВИЦЬКИЙ В.Є. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## БІОДЕГРАДАБЕЛЬНІ ПОЛІЛАКТИДНІ МАТЕРІАЛИ ЯК ІННОВАЦІЙНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
 вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна, 79013 andrii.s.masiuk@lpnu.ua*

**Abstract.** Biodegradable composites based on polylactide modified with native starch and epoxidized soybean oil were developed. On the basis of instrumental methods of analysis, physico-chemical interactions between components and morphological changes in the structure of polylactide were established. The influence of modifiers on the physico-mechanical, thermophysical and elastic-deformation properties of polylactide was investigated. The influence of the nature and content of additives on water absorption, chemical resistance and biodegradability of the developed composites was revealed.

Сьогодні підвищений інтерес викликають полімерні матеріали із зниженим екологічним навантаженням на навколишнє середовище які здатні до біодеградації. Полілактид (ПЛА) є найбільш дослідженим та має значне практичне застосування серед таких матеріалів. У цей же час, серед методів отримання полімерного матеріалу з необхідними властивостями найбільш поширеними є створення полімерних композиційних матеріалів у результаті модифікування вихідного полімеру добавками різної природи. В даній роботі для одержання біодеградабельних матеріалів використовували крохмаль – як активний наповнювач, регулятор біодеградації та здатності ПЛА до гідролізу в навколишньому середовищі та епоксидовану соєву оливу (ЕСО) як пластифікатор компатибілізатор.

Встановлено, що рівноважне водопоглинання ПЛА матеріалів є значним і становить 3,3-4,4 % мас, а процес водопоглинання відбувається у дві стадії. Розраховано коефіцієнти дифузії та енергію активації процесів водопоглинання полілактидних матеріалів. Виявлено вплив компонентів системи на хімічну стійкість ПЛА композитів, зокрема, після 13 діб експозиції в 0,5 % і 5 %-му розчині  $H_2SO_4$  ПЛА матеріали відзначаються двостадійною дифузійною поведінкою і коефіцієнт набрякання зразків становить 1,0-1,5 % мас. Введення крохмалю сприяє незначному зростанню хімічної стійкості у кислому середовищі, що, ймовірно, пов'язано зі змінами в морфології полілактиду: зростанням ступеня його кристалічності та ущільненням структури. Встановлено, що не залежно від компонентного складу під час експозиції ПЛА композитів у 0,5-5% розчині NaOH для всіх зразків характерна значна втрата маси 20-80 % мас., що, очевидно, обумовлено вилугуванням наповнювача та водорозчинних продуктів із композиту під час деградації полілактиду у лужному середовищі.

За допомогою ІЧ-спектроскопії виявлено зміни в інтенсивності смуг поглинання, що підтверджує взаємодію між компонентами, зокрема ПЛА з крохмалем та ЕСО, що, очевидно, є наслідком зміни стереохімії полімеру і формування нових фізико-хімічних зв'язків.

Відзначено зміну поверхневої твердості, теплостійкості за Віка і термомеханічних характеристик полілактидних матеріалів, зокрема, максимальні значення поверхневої твердості і теплостійкості спостерігаються для зразків з максимальним наповненням. При цьому, на термомеханічних кривих модифікованих і наповнених полілактидних матеріалів спостерігається широке плато високоеластичності, що пов'язано з особливостями процесу одержання виробів і як

Встановлено, що морфологія поверхні зразків полілактиду, ПЛА з 5% мас. крохмалю та ПЛА з 5% мас. крохмалю і 10% мас. ЕСО демонструє різні ступені біодеградації після витримки в ґрунті. Зокрема, ПЛА має гладку і однорідну поверхню, що свідчить про його підвищену крихкість. Відзначається, що введення в полілактид крохмалю та ЕСО сприяє прискоренню процесу біодеградації та більш глибокому її проходженню.

Отримані результати відкривають можливість створення полімерних матеріалів та виробів на їх основі, що будуть мати зменшений негативний вплив на навколишнє середовище після закінчення їх життєвого циклу.

КВАТЕРНЮК С.М., МАНДЕБУРА С.В., ЛАТУША Д.Р., МАКСИМЕНКО М.П.,  
МИХАЛЬЧУК О.В. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНИХ ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ДРЕНАЖНИХ ВОД

*Вінницький національний технічний університет*

*вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, E-mail: kvaternuk@vntu.edu.ua*

**Abstract.** Constructed wetlands are wastewater treatment systems that consist of one or more treatment chambers in a facility built for wastewater treatment. Wetlands are classified into two types: Free-surface wetlands (also known as surface-flow wetlands) closely resemble natural wetlands because they contain aquatic plants rooted in the soil layer at the bottom of wetlands. Water flows through the leaves and stems of plants. Subsurface flow wetlands, known as vegetated submerged bottom systems, are unlike natural wetlands because they do not have a free water surface.

Штучні водно-болотні угіддя (ШВБУ) – це системи очищення стічних вод, які складаються з однієї або кількох очисних камер у споруді, побудованої для очищення стічних вод. ШВБУ класифікуються на два типи: водно-болотні угіддя з вільною водною поверхнею (також відомі як водно-болотні угіддя з поверхневим потоком) за зовнішнім виглядом дуже нагадують природні водно-болотні угіддя, оскільки вони містять водні рослини, які вкорінені в шарі ґрунту на дні водно-болотних угідь, і водні потоки через листя і стебла рослин. ШВБУ з підповерхневим потоком або відомі як системи зануреного дна з рослинністю не схожі на природні водно-болотні угіддя, оскільки вони не мають вільної водної поверхні. Вони містять шар середовища (наприклад, гравій, пісок), який засіяний повітряно-водними рослинами. При правильному проектуванні та експлуатації стічні води залишаються під поверхнею середовища, течуть у контакт з корінням повітряно-водних рослин.

Погіршення якості води у водних об'єктах внаслідок забруднення нітрогенними сполуками вимагає пошуку нових способів економічно ефективних методів очищення води. ШВБУ є природним і економічно ефективним процесом очищення та покращення якості води і зменшення загальної евтрофікації. ШВБУ використовуються з 50-х років і забезпечують крашу очистку різних видів стічних вод, таких як міські стоки, муніципальні стічні води, промислові стічні води, сільськогосподарські відходи та дренаж кислотних шахт, при цьому, імітуючи біологічні, фізичні та хімічні процеси, які відбуваються в природних водно-болотних угіддях. Використання штучних водно-болотних угідь для очищення стічних вод різко зросло за останні роки. ШВБУ вважаються екологічною системою для заміни традиційних вторинних та третинних муніципальних та промислових процесів очищення стічних вод.

ШВБУ для очищення стічних вод замінили звичайні процеси очищення стічних вод і створили надійну систему очищення на основі складної природної екосистеми. ШВБУ як нетрадиційна технологія очищення стічних вод мають великий потенціал у країнах, що розвиваються, що забезпечує деяку перевагу перед звичайними, механізованими процесами очищення і є економічно доцільним.

ШВБУ належать до нещодавно продемонстрованих технологій, які мають великий потенціал для ефективного очищення та управління стічними водами в сільській місцевості. При правильному проектуванні та експлуатації ШВБУ мають великі переваги перед звичайними очисними системами через їх відносно низьку вартість, легкість експлуатації та обслуговування.

Властивість водоочищення водно-болотних угідь використовує взаємозв'язки між певними рослинами та макрофітами рослинності, мікроорганізмами та ґрунтом у систематичному процесі. Це залежить від таких факторів, як природний контекст, місцевий клімат, дизайн проекту, типи рослин і мікробні функції. У процесі очищення рослинні макрофіти поглинають різні забруднюючі речовини зі стічних вод, накопичуючи їх у своїх тканинах. Одночасно це підтримує відповідне середовище для росту мікроорганізмів, які відіграють значну роль у видаленні забруднюючих речовин. Крім того, коріння рослинних макрофітів переносить кисень через воду, покращуючи аеробні умови, необхідні для процесу очищення. У результаті цих комбінованих процесів якість стічних вод покращується, щоб відповідати стандартам повторного використання води.

В результаті проведеного дослідження можна зробити висновок, що ШВБУ дають можливість забезпечити невеликі громади власними системами очищення стічних вод. При цьому такі громади, як правило не мають на даний час ефективних систем очищення стічних вод та не підключені до централізованих систем каналізації. Загалом використання ШВБУ дає можливість створити децентралізовану систему очищення стічних вод, яка менш вразлива до надзвичайних ситуацій як під час військових дій, так і у мирний час.

ЖДАНЮК Н.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЗАЛІЗОВМІСНИХ СОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ МОНТМОРИЛОНІТУ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, Берестейський Проспект, 37, Київ, Україна; zhdanyukn.kpi@gmail.com

**Abstract.** The paper examines one of the most promising methods of processing sorbents based on clay raw materials - high-temperature processing with the formation of ceramic materials with increased physical and mechanical properties and high chemical resistance and resistance to leaching of heavy metals - chromium(VI) and cobalt(II). It has been proven that at 950-1000 °C, a three-dimensional frame is formed, which ensures strong fixation of heavy metal ions in the ceramic matrix.

У дослідженні використовували відпрацьований сорбент на основі шаруватого силікату – монтморилоніту Черкаського родовища (Україна) з структурною формулою  $(Ca_{0.12}Na_{0.03}K_{0.03})_{0.18}(Al_{1.39}Mg_{0.13}Fe_{0.44})_{1.96}(Si_{3.88}Al_{0.12})_{4.0}O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ . Поверхню мінералу додатково модифікували шляхом нанесення нанорозмірного нуль-валентного заліза (nZVI). Сорбенти використовували для вилучення іонів важких металів хром(VI) та кобальту(II).

Для утилізації відпрацьованих сорбентів використано високотемпературну обробку із використанням керамічної технології. За даними термічного аналізу (рис. 1) було підтверджено, що за температури вище 700 °C спостерігається руйнування кристалічної решітки мінералу і залишається тільки деяка впорядкованість в розміщенні іонів.

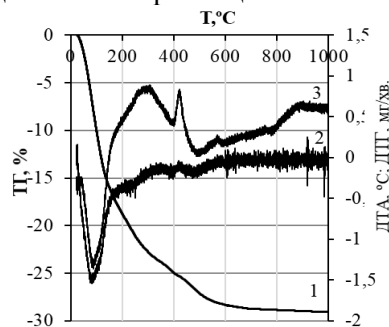


Рис. 1. Результати термічного аналізу сорбенту: 1 – крива ТГ; 2 – крива ДТГ; 3 – крива ДТА

У інтервалі температур 850-960 °C присутній екзотермічний ефект, що відповідає початку кристалізації нових фаз: утворення Mg-Al-силікату з певною кількістю кліноенстатиту ( $MgSiO_3$ ) та утворення  $\beta$ -кристобаліту з деякою кількістю кордієриту. При температурі вище 950 °C відбувається зміна структури мінералу, що приводить до виникнення нових фаз: кварцу, кордієриту, енстатиту, периклазу, шпінелі. Також утворюються залізовмісні фази – гематит ( $Fe_2O_3$ ) та егіриніт ( $Na_2O \cdot Fe_2O_3 \cdot 4SiO_2$ ) що підтверджено результатами РФА.

Відпрацьовані сорбенти були піддані термічній обробці (рис. 2) та піддані випробуванням.



Рис. 2. Термооброблені зразки відпрацьованого сорбенту: 1- 950 °C; 2 - 1000 °C; 3- 1050 °C; 4 - 1100°C

Значення міцності на стиск зразків, випалених при 950-1000 °C перевищували 45 МПа. Зразки випалені за вищих температур показали нижче значення міцності, так як відбулося спучування кераміки та утворилася велика кількість відкритих і закритих пор.

У роботі також було досліджено вплив на процеси вимивання з матриці іонів Cr(VI) та Co(II) під дією води, кислот (0,1 М HCl) та лугів (0,1 М NaOH). Дослідження підтвердили, що вилуговування іонів важких металів у зразках термооброблених при температурах 950-1000 °C не перевищує 0,1%.

Таким чином, утилізація відпрацьованих сорбентів по керамічній технології дає змогу міцно зафіксувати іони важких металів в силікатній матриці і не допустити їх вилуговування навіть під дією достатньо агресивних середовищ.



## **СЕМІНАР 4**

### **ОСВІТА ТА ВИХОВАННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

СКИБА В.П., ГАНЧУК М.М., АЮБОВА Е.М. (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ)  
**РОЛЬ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ У ВПРОВАДЖЕННІ ОСВІТИ ДЛЯ  
СТАЛОГО РОЗВИТКУ (ОСР)**

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного  
69063, вул. Університетська, 66, м. Запоріжжя, Україна; office@tsatu.edu.ua*

**Abstract.** Higher Education Institutions (HEIs) play a fundamental role in the implementation of environmental education and the shift of educational paradigms within Education for Sustainable Development (ESD). HEIs are foundational in preparing the intellectual workforce for the country's development, as their primary functions focus on teaching, research, and the dissemination of information. HEIs not only contribute to the training of professionals across various sectors of the economy but also create, preserve, and transmit cultural and scientific heritage, which is essential in shaping societal values. ESD represents a modern process of lifelong learning and is an indispensable part of quality education.

Провідні наукові та освітні установи світу разом з ЮНЕСКО визначають вищу освіту як критично важливий сектор для досягнення ЦСР. Задля досягнення певних успіхів ставка робиться саме на систему вищої освіти, досягнення цієї мети потребує неабияких зусиль, креативності, розвитку нових знань і різноманітних стратегічних підходів, особливо в країнах зі слабо розвинутою економікою. Це також вимагає повної залученості усіх учасників освітнього процесу. Примітно, що цей зв'язок є двостороннім (рис. 1): з одного боку ЗВО є рушійним інструментом реалізації Концепції сталого розвитку; з іншого боку, фактичні етапи досягнення ЦСР в межах конкретної країни впливають на управління університетом, викладання, дослідження та залучення громади.

Важливість освіти та досліджень чітко виокремлена в переліку ЦСР, ЗВО відіграють чи не найважливішу роль в реалізації цих завдань. Прикладами внеску ЗВО в реалізацію ЦСР є: навчання та викладання; наукові дослідження; внутрішнє управління, культуру та діяльність університетів в цілому; ключова роль ЗВО в системі формування суспільних цінностей (рис.1).

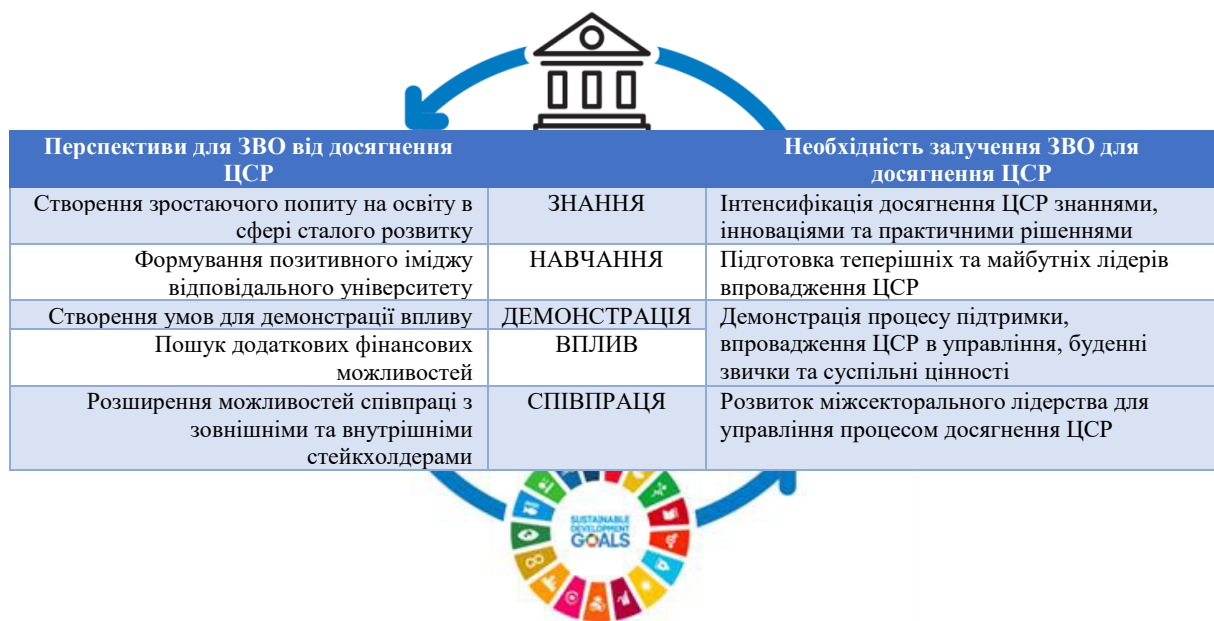


Рис.1. Залученість та зацікавленість університетів до впровадження ЦСР

SAIENKO T., DUDAR T. (UKRAINE, KYIV)

## UKRAINE IS FACING ENVIRONMENTAL AND ETHICAL PROBLEMS OF THE WORLD

*National Aviation University*

*03058, Lubomir Huzar avenue, 1, Kyiv. Ukraine; [dudar@nau.edu.ua](mailto:dudar@nau.edu.ua)*

**Abstract.** It is pointed out the expediency of the transformation of the system of upbringing, education, thinking of people, especially young people, to anticipating and predicting the future; the confirmed role of environmental education, noospheric education for the conscious implementation of the Laws of Nature, the provisions of the Pedagogical Constitution of Europe, the Code of New Civilization, where awareness of the ecology of the soul, the inner world of man, the spiritual sphere in general, leads to a harmonious, environmentally safe, nature-compliant existence and development.

After two years of war, we can say for sure, without exaggeration: Ukraine is in the center of attention of the whole world thanks to the stability, courage, and professionalism of the soldiers of the Armed Forces of Ukraine. The country suffers from shelling, the loss of the economy, infrastructure, the flower of the nation - young patriots who have been defending their country from the Russian invasion for 10 years. **At the same time, Ukrainians are confident in Victory and are actively thinking about the future!** They are closely connected with Nature, aware of their place in the Universe, created according to the program of the Creator (generating center - *gecen*). This network is wave and wave Mechanics states that we are able to influence the World, manage our development by making **Choices** through the definition of **Goals**, and harmonize our progress. The goal of the country is to preserve itself as an element of the anthroposphere; the goal of the nation is to carry its national idea; the goal of the elite (real) is to reflect the will of the nation, the people and their hopes, belief. The vector of the movement will depend on the dominance of honest people devoted to the national cause. The people of Ukraine desire justice in the distribution of natural wealth, profits, spiritual and physical flourishing, conscious freedom, creative expression of will, an optimally modern, scientific, traditionally balanced system of upbringing and education, health care for **noospheric development with ecological thinking, consciousness, worldview, ethics, culture in general.**

Thus, Ukraine joined a new planetary process that began with the Age of Aquarius, where a new, "spiritual person", new relations in society for the prosperity of morality and rights should be formed; establish a new socio-cultural process with a new management mechanism, a system of political, state power under the leadership of national highly professional elites of high culture, a new noospheric worldview that reflects the synthesis of science and religion, which was dreamed of by the enlighteners of the past, in particular G.S. Skovoroda and V. I. Vernadsky. On this basis, the ideas of G.S. Skovoroda echo the teaching of V.I. Vernadsky about the noosphere and noospherogenesis, in which the academician indicates the transformation of man into a "powerful geological force" that changes the planet and the nearby Cosmos with the "power of thought".

A person lives in the World of waves and is, first of all, a wave structure, and only then the atomic-molecular and carbon-oxygen structure of his biobody - the space suit of the soul. The basic law of the wave environment (**the Law of Resonance**) is reflected in the ancient proverb "As you shout, you will receive such an echo", that is, communication concerns the **moral sphere, ethics - the core of human health.** At the same time, 3 strategies are implemented, based on: 1) deception, lies and violence; 2) freedom, respect and love; 3) "reasonable egoism" - a mixed form. Currently, a critical mass of new people is accumulating in society, after which there will be a leap to a new state and understanding of the World. Unfortunately, modern education does not always ensure the harmonious development of the individual, providing only professional training for specific social activities. It is spirituality that "makes" a person a person, civilization - a humanity, educates a personality in the dimensions of a social ideal. Higher education, in particular, should be based on the processes that will determine the image of the 21st century: globalization, ethno-renaissance, digitalization, the development of qualitatively new technologies, the formation of a world culture: reasonable limitation of consumption and mechanization. **Noospheric education should form such consciousness, thinking, worldview,** which will contribute to the transition of the individual and society to a new level of existence.

ЯЦИШИН Я.Р., КАЙДАНОВСЬКА О.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЕКОЛОГІЧНА ЗБАЛАНСОВАНІСТЬ ТА ІНКЛЮЗИВНІСТЬ МІСЬКОГО ПРОСТОРУ НА ПРИКЛАДІ М. МЮНХЕН (НІМЕЧЧИНА)

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. С.Бандери, 12, Львів, Україна; Yaryna.Yatsyshyn.AR.2024@lpnu.ua;*

*olena.o.kaidanovska@lpnu.ua*

**Abstract.** Modern urban planning concepts integrate ecological and social functions, as exemplified by the district along Ruth-Drexel-Straße in Munich, Germany. In this area, biodiversity zones have been preserved, and eco-efficient solutions such as solar panels and underground parking have been implemented. A key feature is the preservation of natural conditions to support the development of local flora and fauna. This is an example of integrating sustainable development with architectural solutions for the harmonious coexistence of humans and nature.

У повоєнному відновленні міської інфраструктури України важливим є врахування прогресивних світових тенденцій проектування та дизайну громадських та житлових просторів, зокрема у оновленні озелених територій. Задачею фахівців є наповненість зелених просторів змістом та функцією, забезпечення пішохідної доступності для мешканців міста. Важлива роль зелених насаджень у здатності підтримувати провітрювання міської забудови. Міський простір повинен створювати умови для поширення свідомого природокористування та екологічної освіти.

Сучасні концепції розвитку міських територій поєднують різноманітні функції. Прикладом сучасного планування є новий район міста Мюнхен (Німеччина), що знаходиться вздовж вулиці Ruth-Drexel-Straße. Характерною особливістю є низькоповерхова забудова, гармонійно інтегрована із зеленою зоною громадських просторів. (рис.1).



Рис. 1. Територія досліджень (Мюнхен, Німеччина):

а - загальний план території досліджень (фото з відкритого ресурсу Google Map);

б – дитячий майданчик з природних матеріалів (фото автора);

в – тротуари з врахуванням потреб інклюзії (фото автора);

1, 3 – зони збереження біорізноманіття; 2 - дитячий майданчик з природних матеріалів.

Особливістю досліджуваної території є наявність недоторканих зон для розвитку біорізноманіття, позначених цифрами 1 і 3 на рис. 1а. Завдяки такому рішення, на цій території був зафіксований Дятел білоспінний (*Dendrocopos leucotos*) та окремі земноводні. Поруч розташована інформаційна таблиця з довідковим матеріалом про тваринний світ та рослини. Варто зазначити, що в даній зоні дерева та кущі не обрізаються, а трава не зістригається муніципальними службами. Також до екоефективних заходів житлового комплексу належать сонячні панелі на дахах і створені умови для роздільного сортування сміття.

Принципом цієї території є вільні від транспорту простори, завдяки підземному паркінгу для мешканців та додатковим паркомісцям для гостей. Усі території адаптовані для інклюзії різних категорій населення. Кожен етап створення житлового комплексу узгоджувався з майбутніми мешканцями, зберігаючи цілісну архітектурну концепцію. Цей житловий масив є прикладом архітектурного рішення, що враховує суспільні та природні потреби й відповідає принципам сталого розвитку.

BOBRO N. (UKRAINE, SWITZERLAND)

## DIGITAL UNIVERSITY IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

*Private higher education institution "European University"  
03115, Academician Vernadsky br., 16-B, Kyiv, Ukraine; nataliabobro787@gmail.com*

**Abstract.** The article considers the strategic role of universities in implementing the principles of sustainable development through the integration of digital technologies. The main focus is on five key concepts of a sustainable university, including environmental safety, rational use of resources, inclusiveness, and cultural diversity. It is established that the digital university helps to optimize educational processes and reduce environmental impact while expanding access to education and improving the quality of training to meet global challenges.

Universities play a strategic role in implementing the principles of sustainable development, in particular through the active integration of digital technologies into their curricula. The main elements of a sustainable university, i.e. a university operating on the principles of sustainable development, are five interrelated concepts: environmental safety through green initiatives, rational use of resources within a smart university, support for a healthy lifestyle, preservation and development of cultural and social diversity, and management of historical and cultural heritage.

A digital university is able to effectively integrate key concepts of sustainable development, providing wide access to knowledge and resources through the use of modern technologies. The introduction of digital tools will help to optimize important processes such as energy conservation, resource management, and automation of administrative operations, which not only increases the efficiency of the university but also reduces its environmental footprint by reducing energy and resource consumption.

It is important to note that one of the key advantages of a digital university in the modern world is the ability to expand opportunities for inclusive and equitable access to education. Digital platforms facilitate the integration of students from different cultural, social, and economic backgrounds, eliminating barriers caused by geographical distances. As a result, universities are able to effectively implement the concept of social diversity, developing an inclusive educational environment that meets the modern challenges of globalization.

Digital educational platforms can also contribute to the formation of new models of learning and professional development that meet the current needs of the labor market and the requirements of sustainable development. The integration of innovative educational technologies, such as artificial intelligence, big data analysis, and adaptive learning, will help prepare students for future challenges related to solving global environmental and social problems. Thanks to these approaches, the digital university will contribute to the growth of the quality of education and improve the level of professional training.

It is important that university management on the basis of sustainable development involves not only the implementation of environmental and digital initiatives but also a change in approaches to management and development strategy. Thus, universities that follow the principles of social and environmental responsibility contribute to improving the quality of life of society through active participation in solving social and environmental problems. This includes, in particular, contributing to the achievement of the UN Sustainable Development Goals (SDGs), which cover such aspects as inclusion, gender equality, education for all, and environmental protection.

So, today, a digital university is not only a tool for modernizing the educational process but also an important platform for implementing the principles of sustainable development. It can not only improve the quality of education and reduce environmental impact, but also create conditions for sustainable economic growth, social equality, and environmental sustainability. By integrating digital tools and innovations, such a university becomes an important participant in the global processes of society transformation, ensuring the training of new generations that will be able to meet the current challenges of sustainable development.

ХРУТЬБА В.О., КРЮКОВСЬКА Л.І., ПОЛЮХОВИЧ Т.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## УДОСКОНАЛЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В СИСТЕМІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Національний транспортний університет*

*01010, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, Київ, Україна; general@ntu.edu.ua*

**Abstract.** The relevance of the topic of sustainable development in the system of higher education was considered. Emphasis is placed on the need to develop environmental responsibility, financial literacy and the habit of rational use of natural resources in the younger generation. The importance of integrating elements of sustainable development into education for the formation of critical thinking and a responsible attitude towards nature is substantiated. The experience of Ukrainian and foreign higher education institutions in implementing the principles of sustainable development through energy-efficient technologies, the development of green transport, and research activities was analyzed.

Впровадження сталого розвитку є актуальним питанням не лише в Україні, але й в усьому сучасному світі. Людство постійно стикається з численними проблемами в соціальній, економічній та екологічній сферах. Перед майбутнім поколінням постає багато перешкод на шляху до гармонійного розвитку суспільства. Тому молодь необхідно привчати до екологічної відповідальності, фінансової грамотності та до раціонального використання природних ресурсів. Впровадження елементів сталого розвитку у вищу освіту сприятиме отриманню певних знань і навичок в молодого покоління критичного мислення, відповідальності, бережного ставлення до природних ресурсів, а також, з якими вони зможуть будувати стале майбутнє. Вивчення питання щодо впровадження принципів сталого розвитку в систему університету залишається актуальним та потребує дослідження.

Проведений аналіз міжнародного та вітчизняного досвіду демонструє успішну інтеграцію принципів сталого розвитку в освітній процес, дослідницьку діяльність та управлінські практики. Важливим елементом є широке залучення стейкхолдерів, міждисциплінарний підхід до досліджень, а також прозорість та популяризація сталих практик. Навчальних закладів України активно впроваджують принципи сталого розвитку у свою діяльність, сприяючи формуванню якісного та справедливого освітнього середовища та розвитку людського капіталу високого рівня, зокрема користуючись досвідом і допомогою іноземних партнерів. Досвід іноземних університетів служать прикладом для українських закладів вищої освіти, підкреслюючи важливість системного підходу до сталого розвитку та інтеграції екологічних, соціальних і економічних аспектів у свою діяльність.

На першому етапі досліджень щодо впровадження елементів сталого розвитку в систему вищої освіти університету запропоновано проведення анкетування здобувачів, яке допоможе визначенню існуючого стану їх обізнаності з питань сталого розвитку та сприятиме розробленню конкретних рекомендації щодо вдосконалення нормативно-правової бази, підвищенню рівня обізнаності та компетенції викладачів, студентів та співробітників, покращенню матеріально-технічної бази університету, а також розширенню співпраці з іншими зацікавленими сторонами. Важливими заходами є впровадження енергоефективних технологій, раціональне використання природних ресурсів, стимулювання розвитку зеленого транспорту та активізація науково-дослідницької діяльності у сфері сталого розвитку.

Спільна робота студентів, викладачів та адміністрації, а також тісна співпраця з державними органами, бізнесом та громадськими організаціями, є запорукою успішного впровадження принципів сталого розвитку в освітню систему університетів. Такий підхід не лише підвищить екологічну свідомість університетської спільноти, але й сприятиме формуванню позитивного іміджу як соціально відповідального закладу вищої освіти, здатного впливати на сталий розвиток суспільства в цілому.

Отже, запропонований підхід щодо впровадження елементів сталого розвитку в систему вищої освіти університету сприятиме обізнаності здобувачів освіти з питань сталого розвитку та більш зацікавленими у тому, щоб впроваджувати його елементи у своє повсякденне життя, що в свою чергу наближає суспільство до досягнення цілей сталого розвитку.

AHNERT M. (GERMANY, DRESDEN)

## SCRIPT LANGUAGES FOR EDUCATION IN URBAN WATER MANAGEMENT

*Dresden University of Technology  
Institute for Urban Water Management  
01062 Dresden, Germany; markus.ahnert@tu-dresden.de*

### Problem description

Teaching involves different levels of complexity. Simple facts can be explained directly and communicated verbally. This can be supported by simple visualisations, such as slides and presentations. As soon as the content becomes more complex, other educational methods can be used. In these cases in particular, direct and individual student engagement with the subject matter is more likely ensure learning success. This also applies to contexts that play a significant role in the field of urban water management.

Various software tools can be used for this purpose, such as simulation programmes or material flow balances. Most of these tools are subject to a licence fee, require a special installation or can only be used in computer university labs. A PC or notebook is often a prerequisite. All of this makes it difficult for students to easily access and use the tools.

### Digital extensions in urban water management university education

The problems described can be solved by using open source software in general and scripting languages in particular. The use of specialised software is not recommended, especially for getting started with dynamic simulation topics, but rather distracts from the actual focus of learning. Therefore, tools that actually support the learning experience should be used. These include scripting languages such as Python or R (to name but a few). These languages are easy to use and at the same time offer a wide range of possibilities for a variety of educational applications.

A special feature is that they can be used not only locally on your own computer, but also for developing web applications. These are platform independent and can be used regardless of the device (e.g. smartphone or tablet). By hosting them on a server (either locally or in the cloud; see Fig. 1), the application can be used by many students at the same time, at any time of day and from any location with internet access.

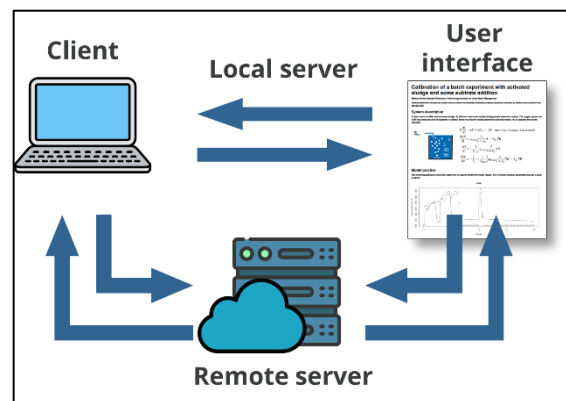


Figure 1: scheme of app deployment and use on local or remote server

### Practical example

A possible application scenario is illustrated below using the example of modelling biodegradation in a batch reactor.

The model is based on a system of differential equations. It is difficult to convey the complexity of the subject to students with a purely verbal explanation of the equations. The direct insights that can be gained are also rather limited. It would be possible to use a simulation programme. However, this requires not only installation but also an introduction to the software. This can distract from the actual learning task. These disadvantages can be avoided by a combination of content-based explanation and direct dynamic calculation in a web-based tool. The scripting language R (R Core Team 2024) is used for this example. The code is written in the special structure of a Quarto document (Allaire et al. 2022; see Figure 2). This document combines descriptive text, images, videos and the actual code. This document can be stored and

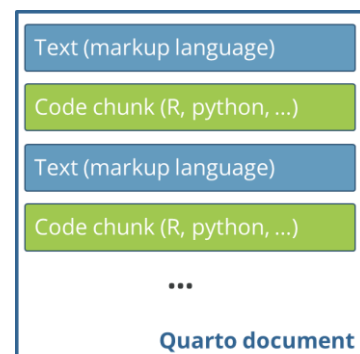


Figure 2: structure of a Quarto document as base of a web app

used directly as a standalone web application on your own computer as a local server or in a cloud repository. The shiny library (Chang et al. 2024) available in R is used for this purpose.

The example application shown in Figure 3 can be found at <https://swwdigit.de/BATCH/>. At the top of the application, which can be accessed in a browser without installing any additional software, there is an explanation of the following calculations and visualisations.

The model parameters can be actively changed and the effects directly evaluated. In this case, the model parameters must be adjusted manually to achieve the best possible agreement with the measured values. The entire document is only 145 lines long and includes the model code and visualisation as well as the full text. This means that the document can not only be used directly as an application, but can also be analysed in source code if required or if there is interest in learning how to create such applications.

The use of such applications in university teaching is conceivable across the curriculum. Complex relationships can be taught in a practical way in undergraduate lectures. They can also be easily used for self-study, with appropriate introduction and explanation.

In more advanced courses, the theory behind biological or chemical processes can be explained in detail by jointly creating the apps. Finally, the development of new models can be integrated into traditional teaching.

## Conclusions and Outlook

This example shows the possibilities of using web-based tools to support teaching in the field of urban water management. The application in other subject areas is easily possible. The barrier to use is estimated to be very low. The low technical hurdles mean that even less IT-oriented students and lecturers can use the tool.

## References


- Allaire, J.J., Teague, C., Scheidegger, C., Xie, Y. and Dervieux, C. (2022). Quarto. 10.5281/zenodo.5960048 <https://github.com/quarto-dev/quarto-cli>, version = 1.2.
- Chang W, Cheng J, Allaire J, Sievert C, Schloerke B, Xie Y, Allen J, McPherson J, Dipert A, Borges B (2024). shiny: Web Application Framework for R. R package version 1.9.1.9000, <https://github.com/rstudio/shiny>, <https://shiny.posit.co/>.
- R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing., R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria - <https://www.R-project.org/>.

### Calibration of a batch experiment with activated sludge and some substrate addition

Markus Ahnert, Dresden University of Technology, Institute for Urban Water Management  
markus.ahnert@tu-dresden.de (mailto:markus.ahnert@tu-dresden.de) (mailto:markus.ahnert@tu-dresden.de) (mailto:markus.ahnert@tu-dresden.de)

**System description**

A batch reactor is filled with activated sludge. At different times some readily biodegradable substrate is added. The oxygen uptake rate OUR was measured until all substrate is utilised. Below you find the model parameters and initial states. Try to calibrate this model manually.



$$V \frac{dC}{dt} = rV + QC_{in} - QC \quad (\text{no mass transport assumed})$$

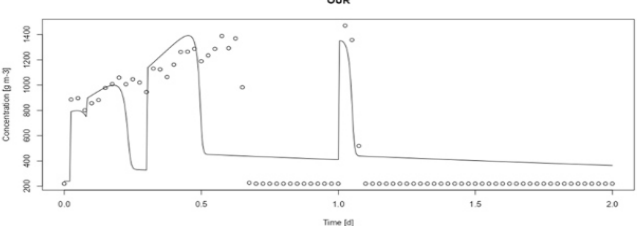
$$\frac{dXH}{dt} = \mu_{max} \frac{S}{S + K_S} X - b_H XH$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{1}{Y_{H,SS}} \mu_{max} \frac{S}{S + K_S} XH$$

$$\frac{dSO}{dt} = -\left(1 - \frac{1}{Y_{H,SS}}\right) \mu_{max} \frac{S}{S + K_S} XH - b_H XH$$

**Model practice**

The following parameters and initial states can be used to modify the model results. Try to find the sensitive parameters and get a good model fit.



**Model parameters:**

max. growth rate of biomass  $\mu_{max}$  [d<sup>-1</sup>]:

Yield  $Y_{H,SS}$  [-]:

half saturation conc.  $K_{H,S}$  [g m<sup>-3</sup>]:

end. respiration rate  $b_H$  [d<sup>-1</sup>]:

**Initial values:**

initial substrate conc.  $S_0$  [g m<sup>-3</sup>]:

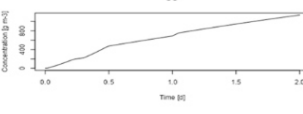
initial biomass conc.  $X_0$  [g m<sup>-3</sup>]:

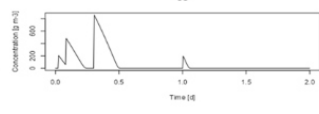
**Simulation period:**

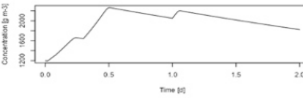
start time [d]:

end time [d]:

This plots show the dynamics of all state variables of the model. Remark: The oxygen is only modelled for OUR calculation and the state variable SO shows accumulated consumed oxygen.







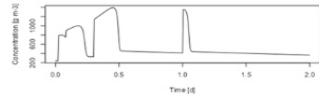


Figure 3: example of a web app with description text, pictures and dynamic diagrams with real time calculation based on parameter modifications



ДЖУРА Н.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## СТАЛИЙ РОЗВИТОК І ЕКООСВІТНЯ ДІЯЛЬНІСТЬ

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
79005, вул. Саксаганського, 1, Львів, Україна; nataliya.dzhura@lnu.edu.ua*

**Abstract.** Sustainable development is impossible without «greening» education, shaping environmental awareness, gaining both theoretical knowledge and practical skills. Such competences are necessary to be developed throughout life. Master's degree is aimed at deepening students' knowledge and making it hands-on and relevant for the jobs. The abstract provides examples of activities used in the process of studying the subject «Sustainable Development and Environmental Education» of the educational programme «Ecology».

Екологічну безпеку суспільства тісно пов'язують з рівнем освіченості, культури та виховання. Глобальні екологічні проблеми у світі спонукали до проголошення Стратегії сталого розвитку (Конференція ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро, 1992). Сталий розвиток необхідно розглядати як процес узгодження і гармонізації соціальної, економічної та екологічної складових з метою задоволення потреб сучасних і майбутніх поколінь. У рамках Концепції сталого розвитку реалізуються основні напрями сучасної екологічної політики України до 2030 року. У вересні 2017 року уряд України представив Національну доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна», де було задекларовано 17 глобальних цілей з урахуванням специфіки національного розвитку. Стержень, який проходить через усі цілі – якісна освіта (Ціль 4), – це інструмент, який дозволяє впроваджувати в життя інші цілі. Українське суспільство висуває нові вимоги до сучасної освіти, оскільки потребує особистостей, здатних самостійно розв'язувати різного роду проблеми, приймати відповідальні рішення у ситуаціях вибору, співпрацювати з іншими. Саме якісна освіта може надати інструментарій і механізм переходу до сталого розвитку суспільства.

Екологічна освіта у вищій школі має бути диференційованою, різноплановою, враховувати потреби особистості, регіону, держави та світу. Найефективнішою є змішана модель, у якій екологічний зміст необхідно представляти у кожній навчальній дисципліні, спеціалізованих курсах, виховних природоохоронних заходах тощо.

Відповідно до освітньо-професійної програми підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 101 «Екологія» у Львівському національному університеті імені Івана Франка на кафедрі екології біологічного факультету студенти вивчають нормативну навчальну дисципліну «Сталий розвиток і екоосвітня діяльність». Зміст дисципліни розроблено таким чином, щоб надати здобувачам необхідні знання головних засад концепції, цілей і принципів сталого розвитку, підходів і способів переходу до сталого розвитку у світовій практиці та в Україні, а також методів, засобів і форм організації екоосвітньої діяльності для формування екологічної свідомості молодого покоління; знання про екологічну освіту як інструмент для прийняття рішень, формування екологічного світогляду і мотивації до дій в інтересах сталого розвитку для збереження довкілля.

Здобувачі освіти набувають компетентностей знаходити нові творчі підходи до вирішення професійних завдань, проблем взаємодії людини і довкілля згідно з принципами сталого розвитку на глобальному, регіональному і локальному рівнях; усвідомлення глобальних (у тому числі екологічних) проблем людства і можливостей власної участі у їх розв'язанні; усвідомлення важливості екологічної культури для гармонійного розвитку суспільства та особистості.

Отже, екологічна освіта для сталого розвитку має на меті виховати особистість, зорієнтовану на систему екологічних цінностей, яка вмє приймати рішення і діяти в інтересах збереження довкілля.

## **СЕМІНАР 5**

**ЕКОНОМІКО-УПРАВЛІНСЬКИЙ СУПРОВІД  
РОЗРОБЛЕННЯ, ВПРОВАДЖЕННЯ І  
КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ ЕКОІННОВАЦІЙ  
У СИСТЕМІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

ПЕТРОВСЬКИЙ С.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНОГО МАРКЕТИНГУ У ПРОСУВАННІ ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ

*Національний університет імені Івана Франка*

*79000, вул. Університетська, 1, Львів, Україна; sv.petrovskiy@gmail.com*

**Abstract.** The knowledge about organic products and the general values of the target audience was found out. The benefits of environmental certification and labelling are highlighted.

Основна мета екологічного маркетингу – просувати продукти чи послуги, які сприяють охороні довкілля та суспільного благополуччя, і при цьому створювати конкурентні переваги для бренду. Як відомо, частка органічних продуктів на ринку України не перевищує 0,1 %. Для порівняння, на американського ринку – 3 % від загального обсягу, а в європейських країнах – 1–7 %. За даними дослідження Євробарометру у 2016 році 26% європейських виробників пропонували екологічно сертифіковані товари й послуги, а 77% споживачів були готові платити більше за них, якщо вони матимуть відповідний сертифікат і маркування. У міру інтеграції України до європейської спільноти, розвитку екологічної свідомості споживачів буде посилюватись усвідомлення ролі екологічного маркетингу, як інструменту підвищення рівня екологічної безпеки.

Ключовими проблемами розвитку ринку органічної продукції залишаються низький рівень поінформованості цільових споживачів і відсутність гарантій високої якості органічних продуктів харчування в місцях продажу, незважаючи на популяризацію здорового способу життя та харчування в сучасному суспільстві. Цю думку підтверджують проведені маркетингові дослідження. У дослідженнях ГС «Органічна ініціатива» у травні 2024 року ключовими цінностями є сім'я у 72%, людяність, здоров'я, діти і родина – по 64% опитаних. Турбота про довкілля належить до другорядних цінностей і становить 39% на рівні з патріотизмом. У тренді залишаються здоровий спосіб життя і харчова поведінка – один з головних його проявів. Майже половина цільової аудиторії стабільно декларує, що дотримується його (47%). Найчастіше це проявляється в правильному харчуванні (66%), активному способі життя (66%), відсутності шкідливих звичок (62%), відмові від «нездорових продуктів» (54%). Не дотримуються здорового способу життя 27% опитаних, решта (25%) – важко сказати. Порівняно із довоєнним часом почали більше піклуватися про своє здоров'я і купувати натуральні / органічні / екологічні продукти 45% респондентів. Знання про органічні продукти обмежуються розумінням про відсутність шкідливих хімічних речовин, а друга їхня складова – сертифікація та інспектування – не актуалізована у свідомості опитаних. Про органічну сертифікацію знають 27 %, а про органічне маркування – 43% опитаних. Кожен п'ятий декларує недовіру до сертифікації (22%).

З іншого боку прагнення до економічного розвитку супроводжується пошуком шляхів зменшення викидів вуглекислого газу, поширенням альтернативних джерел енергії, впровадженням нових методів виробництва та розподілу, а також стимулюванням змін у способі життя та споживанні. Саме екологічний чинник здатний об'єднати інноваційність і якість. Хоча споживачі часто висловлюють позитивне ставлення до сталого розвитку та екологічних продуктів, і відчувають стурбованість станом природного середовища, це не завжди відображається на їхній купівельній поведінці. Дослідження свідчать, що понад 30% українських споживачів готові обирати екологічно сертифіковані продукти, позначені українським знаком екологічного маркування «Зелений журавлик». Корисним інструментом для підвищення довіри виробника, адже демонструє, що продукція відповідає потребам споживача, є сертифікація. Українське законодавство, що регулює сферу сертифікації, зокрема екологічної, приведено у відповідність до міжнародних та європейських норм. Екологічне маркування в Україні є одним з інструментів державної екологічної політики згідно з законом України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», що реалізує Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, і впроваджується за єдиною з ЄС схемою міжнародного стандарту I типу ДСТУ ISO 14024. Виробники, чиї товари пройшли екологічну сертифікацію або марковані екологічними знаками, користуються конкурентною перевагою на українському, європейському та міжнародному ринках; мають можливість брати активну участь у зеленому переході, сприяючи досягненню амбіцій України як кандидата у члени ЄС щодо нульового забруднення тощо.

Отож, екологічний маркетинг є перспективним інструментом еколого-економічного управління, зокрема у просуванні органічної продукції з урахуванням екологічного чинника.

ДЯЧЕНКО В.К. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ЦИРКУЛЯРНЕ ПОСТАЧАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ

*Національний університет «Києво-Могилянська академія»  
04655, вул. Григорія Сковороди, 2, Київ, Україна; vkd@ukma.edu.ua*

**Abstract.** For Ukraine's future development, it is essential to separate economic growth from the unlimited resource consumption. Today the issue of environmental pollution and the significant generation of waste is a real concern. One of the solutions to these problems is proposed through the promotion of a business models based on "circular supply". Such enterprises have demonstrated positive results in domestic businesses.

Повномасштабне вторгнення Росії в Україну вплинуло, зокрема, на стрімке збільшення обсягів утворених відходів, серед яких можна виділити обсяги руйнації, та особливо небезпечні: уламки снарядів та медичні відходи. Водночас, за сучасних умов, унеможлиблюється дотримання правил утилізації таких матеріалів, що ще більше загострює проблему забруднення навколишнього середовища.

За даними Державної служби статистики України, протягом 2020 року в Україні було утворено понад 462,4 млн тонн відходів. За даними Міндовкілля та Мінфраструктури, на 2023 рік, загальний обсяг відходів від руйнування, становив близько 607 тис. тонн, та, на жаль, з кожним днем продовжує зростати. Одним з варіантів ефективного управління відходами, може стати їх повторне використання.

Сьогодні, важливим стало залишити позаду лінійну економічну модель, зміст якої полягає в тому, щоб «виробити – використати – викинути», та здійснити перехід до циркулярної моделі, яка дасть можливість повністю уникнути, або мінімізувати створення відходів, а також подовжить використання ресурсів, отримуючи з них максимальну цінність. З'являється необхідність переосмислити життєві цикли продуктів, що, в свою чергу, вимагає інновацій та змін. Як відповідь на виклики, відкриваються нові можливості ведення бізнесу, наприклад, створення бізнес-моделі «циркулярне постачання». Для України, імплементація таких бізнес-моделей, є одним з рішень ефективного управління відходами.

Основні ідеї циркулярних ланцюгів постачання полягають:

- 1) у зменшенні ланцюга постачання, за рахунок ремонту;
- 2) у використанні відновлювальних матеріалів, або вторинних ресурсів;
- 3) у створенні лише «потоків цінностей», за рахунок перетворення відходів в нові джерела прибутку через інноваційне використання ресурсів;
- 4) в утворенні взаємопов'язаної системи між цифровими технологіями і циркулярною економікою для ефективнішого управління матеріалами (Circular Supply Chain Network).

Імплементація циркулярних ланцюгів постачання, дозволить підприємствам стати більш стійкими, та не залежати від видобутку первинних ресурсів і коливань їх цін, окрім того, зменшиться тиск на природні ресурси.

В Україні, вже існує успішний досвід впровадження ідей циркулярного постачання у бізнес-модель, до прикладу, КП «Добробут», яке знаходиться на території Іллінецької ОТГ. Основною діяльністю підприємства є сортування сміття, проте додатково виготовляється тротуарна плитка, з подрібнених поліетиленових пакетів та піску. Робота КП вирішує проблему накопичення відходів, та водночас забезпечує громаду більш дешевим матеріалом для виконання робіт на місцевому рівні (ЮНІДО, 2024).

Циркулярне постачання має перспективи у майбутньому економічному розвитку України, адже дає змогу бути незалежним від імпорту сировини, первинного видобутку, сприяє ефективному використанню ресурсів та зменшенню обсягів утворення відходів. Не зважаючи на певний досвід українських підприємств, цього все ще не достатньо, тому залишається актуальною популяризація циркулярних ідей серед населення. Ключову роль має виконати держава, через фінансове стимулювання домогосподарств сортувати відходи та здавати їх у спеціально створені пункти. На рівні місцевої влади має бути організована відповідна інфраструктура та заохочення бізнесів, які б займалися переробкою сміття.

ПЕТРЯШЕВ І.І., ХАРЛАМОВА О.В. (УКРАЇНА, КРЕМЕНЧУК)

## ОЦІНКА СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЗОНИ

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул.  
Університетська, 20, Кременчук, 39600, Україна; office@kdu.edu.ua*

**Abstract.** In order to implement the components of sustainable development, the city of Kremenchuk was considered as a separate socio-economic zone (SEZ). Using modern methods of information analysis, modeling and forecasting, we determined the dynamics of changes in indicators in various areas of the region's development over a certain period of time, as well as cause-and-effect relationships among the set of factors that form, in particular, environmental hazards for the Kremenchug SEZ. Based on the received data, we have developed a strategy to include the components of sustainable development and increase the level of environmental safety in the region.

Концепція сталого розвитку зумовлена загальною необхідністю встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і збереження безпечного довкілля для майбутніх поколінь. Політика розвитку Кременчука, як модернового європейського міста, спрямована, зокрема, на забезпечення сталого розвитку регіону.

На території Кременчуцької СЕЗ розміщуються промислові підприємства, будівельні організації різних форм власності та суб'єкти підприємницької діяльності. Структура промисловості включає різні галузі господарювання.

Нами визначені та проаналізовані у динаміці зміни значень базових показників (БП) рівня розвитку регіону у економічній, соціальній та екологічній сферах, таких як обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг); кількість зареєстрованих безробітних; загальні обсяги утворюваних та накопичених відходів та ін.

У результаті аналізу для кожної зі сфер розвитку були згруповані в агреговані показники, що дало змогу спершу розрахувати інтегровані показники, а в подальшому й індекс соціо-еколого-економічного розвитку (ІСЕЕР) регіону, відповідно до уніфікованої шкали оцінювання (табл. 1) встановлено, що ІСЕЕР Кременчуцької СЕЗ відповідає незадовільному стану.

*Таблиця 1*

**Уніфікована шкала оцінювання**

Числове значення показника $n$	Стан показника
$X_n < 0$	Незадовільний
$0 < X_n < 1$	Задовільний
$X_n > 1$	Еталонний

Після встановлення основних проблемних питань, характерних для даного регіону, запропоновано рекомендації, які призвані поліпшити ситуацію у місті:

1) збільшення масштабів використання вітчизняної продукції шляхом виділення її на тендерах, конкурсах і т. п.

2) надання переваги молодим працівниками та спеціалістам, забезпечення працевлаштування студентів-випускників і т.д.

3) збільшити штрафи, або ж навпаки – пільги, для підприємств, які, відповідно, стабільно збільшують або намагаються зменшити кількість власних утворюваних відходів.

4) підвищення рівня екологічної свідомості громадян.

Коли мова йде про підвищення рівня екологічної безпеки важливо встановити причинно-наслідкові зв'язки між різними сферами розвитку. Розуміння таких аспекти взаємодії різних сфер між собою (наприклад, від яких показників певної сфери, залежать відповідні показники у сфері екологічної безпеки) являє собою не що інше як важіль впливу. Тобто змінюючи значення певних показники в одній сфері, ми автоматично змінюємо значення відповідних залежних показників у іншій сфері, з тим лише фактом, що ці зміни, потребують певну кількість часу на реалізацію.

РУДА М.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## РОЛЬ ЕКОІННОВАЦІЙ У ЗЕЛЕНІЙ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ

*Національний університет "Львівська політехніка"  
79013, вул. Бандери, 12, Львів, Україна; mariana.v.ruda@lpnu.ua*

**Abstract.** The role of eco-innovations in the process of green transformation of enterprises in terms of achieving the goals of sustainable development is substantiated. The main advantages and risks associated with the implementation of eco-innovations are highlighted. The research provides adaptation of circular economy principles in the management system of Ukrainian companies.

Екологічна криза, що охопила планету, вимагає від усіх нас термінових і кардинальних змін. Підприємства, як ключові гравці економіки, не можуть залишатися осторонь цього процесу. Саме тому концепція зеленої трансформації бізнесу набуває все більшої актуальності. Її ядром є екологічні інновації – нові технології, процеси та продукти, які сприяють зменшенню негативного впливу на довкілля та забезпечують сталий розвиток.

Екоінновації мають стати важливим фактором для зростання бізнесу, що прагне збалансувати екологічні та економічні переваги досягнення сталого розвитку. Екоінновації охоплюють широкий спектр напрямків діяльності підприємств: від розробки нових матеріалів з мінімальним впливом на природні ресурси до впровадження енергоефективних технологій. Вони дозволяють підприємствам оптимізувати виробничі процеси, знизити споживання енергії та води, мінімізувати кількість відходів та викидів шкідливих речовин.

Впровадження цілей сталого розвитку та перехід на засади циркулярної економіки шляхом впровадження екоінновацій важливі для зеленої трансформації підприємств, оскільки забезпечують:

1. Конкурентоспроможність: свідомі споживачі все частіше обирають продукти та послуги компаній, які дбають про навколишнє середовище. Впровадження екологічних інновацій дозволяє підприємствам завоювати довіру клієнтів та отримати конкурентну перевагу на ринку у перспективі.

2. Соціальна відповідальність: бізнес має брати активну участь у вирішенні глобальних проблем. Екологічні інновації демонструють соціальну відповідальність підприємств та їхню готовність до змін.

3. Економічна ефективність: на перший погляд, екологічні інвестиції можуть здаватися надто дорогими. Однак, довгострокова перспектива показує, що вони є економічно вигідними. Зменшення витрат на енергію, воду та сировину, а також уникнення штрафів за забруднення довкілля – це лише деякі з переваг екологічних інновацій.

4. Стійкість та резистентність бізнесу: зміна клімату та вичерпання природних ресурсів створюють значні ризики для бізнесу. Екологічні інновації допомагають підприємствам адаптуватися до нових умов та забезпечувати свою довгострокову стабільність.

Зелена трансформація підприємств – це не просто популярний тренд, а необхідність для виживання в сучасному світі. Екологічні інновації є рушійною силою цього процесу, адже дають змогу підприємствам не тільки зменшити свій негативний вплив на довкілля, але й істотно підвищити конкурентоспроможність, вийти на новий рівень розвитку.

Однак, впровадження екоінновацій – це складний і багатогранний процес, який вимагає значних інвестицій, зміни мислення та співпраці різних стейкхолдерів (зацікавлених сторін). Держава повинна створювати сприятливі умови для розвитку зелених технологій, надавати фінансову підтримку малому й середньому бізнесу, а також розробляти ефективні екологічні стандарти, гармонізувати їх з вимогами ЄС.

Підприємства, в свою чергу, повинні інвестувати в R&D (дослідження та розробки), залучати кваліфікованих фахівців, а також співпрацювати з науковими установами та іншими компаніями.

ЛЮБИНСЬКИЙ О.І., ЛЮБИНСЬКА Л.Г. (УКРАЇНА, КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ)

## ОСНОВНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОЇ МТГ

*Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,  
32300, вул.Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, Україна; post@kpnpu.edu.ua*

**Abstract.** The effective development of the countries of the world is based on the concept of sustainable development aimed at the integration of economic, social and environmental components of development. Cities are the largest consumers of all types of natural resources. The growth of the urban area leads to the reduction of valuable agricultural land, the hydrological regime of huge areas, the climate and atmospheric circulation are disturbed, and the influence on the lithosphere increases. Cities are increasingly the focus of biodiversity inventories.

Сучасний розвиток країн світу базується на концепції сталого розвитку, спрямованої на інтеграцію економічної, соціальної та екологічної складових розвитку. Міста – найбільші споживачі всіх видів природних ресурсів. Розростання міської території веде до скорочення цінних сільськогосподарських угідь, порушується гідрологічний режим величезних територій, клімат і циркуляція атмосфери, зростає вплив на літосферу. Міста все частіше перебувають у центрі уваги кадастрів біорізноманіття.

Кам'янець Подільська міська територіальна громада розташована в Кам'янець-Подільському районі Хмельницької області на заході України, в регіоні з історичною назвою «Поділля». Промисловий потенціал Кам'янець-Подільської міської територіальної громади формують 236 підприємств. Найбільшу питому вагу в обсязі реалізованої продукції складає переробна промисловість – 88,4 %. Найбільшу частку в структурі обсягу реалізації промислової продукції переробної промисловості займає металургійне виробництво (55,0 %). На території громади арахувалось 36 сільськогосподарських підприємств.

Переважає кількість усіх викидів в атмосферне повітря Кам'янець-Подільської МТГ формується пересувними джерелами, у першу чергу автомобільним транспортом. На території встановлено станції громадського моніторингу якості атмосферного повітря Air Fresh Max. Середня потужність експозиційної дози гамма-випромінювання у повітрі становила 11-13 мкР/годину. Шумове забруднення Кам'янець-Подільської МТГ обумовлено впливом таких основних джерел: автомобільний транспорт, промислові і комунальні підприємства, об'єкти будівництва і реклами та ін. Найбільший рівень шуму створюється транспортом (70-80 дБ). У межах селітебної забудови рівень шуму складає 45-60 дБ. Зміни клімату зумовлені атмосферними явищами і процесами, зокрема, змінами середньомісячної та середньорічної температури повітря, її мінімальними та максимальними показниками, проявом кліматичних аномалій і екстремальних явищ погоди; змінами кількості опадів продовж всіх сезонів, і зокрема в зимовий період; водним режимом річок, проявом надмірної посухи.

Місто забезпечують питною водою 25 артезіанських свердловин підземних водозаборів, а також поверхневе – р. Дністер. Комунальний водопровід міста підпорядковується органам місцевого самоврядування. Питною водою з міського водопроводу користується населення м. Кам'янець-Подільського та прилеглих населених пунктів.

Контроль за якістю води питної здійснюється відомчою лабораторією підпорядкованою КП «Міськтепловоденргія», а також проводиться Кам'янець-Подільським районним відділом ДУ «Хмельницький обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України».

Контроль за діяльністю суб'єктів господарювання на території Кам'янець-Подільської міської територіальної громади у сфері поводження з відходами здійснює відділ муніципальної інспекції Департаменту житлово-комунального господарства та КП «Спецкомунтранс».

ШЕВЧИК-КОСТЮК Л.З., РОМАНЮК О.І. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглекімії  
ім. Л. М. Литвиненка НАН України,  
79060, вул. Наукова, 3а, Львів, Україна; lesyashevchik@gmail.com

**Abstract.** An ecological-economic assessment of remediation of contaminated soils using sea buckthorn was carried out. The economic evaluation of the remediation site consists only of the costs of biological remediation, which in our case consist of the purchase of seedlings and the cost of work related to their planting in the prepared soil. Sea buckthorn plantations on contaminated soils perform anti-erosion, water protection, sanitary-hygienic, reclamation and soil restoration roles. The economic effect will be much higher if we take into account not only the above-mentioned roles of remediation plantations, but also the profit from the realization of plant biomass for fuel.

Значна частина земель України, внаслідок воєнних дій, зазнала біологічної, фізико-хімічної, структурної руйнації та комплексного забруднення шкідливими речовинами. Через пошкодження підприємств та складів металургійної, нафтової, хімічної, фармацевтичної промисловості в довкілля потрапили продукти та напівпродукти тонкого та багатонажного хімічного синтезу, пестициди, радіонукліди, важкі метали, відбулись аварійні витіки нафти, бензину, гасу, дизельного пального. Ремедіація порушених, забруднених земель України - актуальна проблема сьогодення. Еколого-економічна оцінка ремедіації забруднених ґрунтів – одне із важливих завдань на шляху розв'язання цієї проблеми.

В умовах війни, обмеження енергетичних і фінансових ресурсів, найбільш привабливою виглядає технологія фіторемедіації, яка забезпечує динамічне відновлення ґрунту без екскавації і може застосовуватись на великих площах. Попередніми нашими дослідженнями встановлено, що обліпиха крушиновидна (*Hippophae rhamnoides* L.) є ефективною культурою для фіторемедіації забруднених ґрунтів. Вона забезпечує високу ступінь очищення, зниження токсичності, покращення фізико-хімічних та біологічних показників ґрунтів, а також багаторічну пролонгацію фітомеліоративної дії завдяки утворенню куртин.

Здійснено еколого-економічну оцінку фіторемедіації за використання обліпихи крушиновидної. Економічна оцінка ремедіаційної ділянки складається лише з витрат на біологічну ремедіацію, які у нашому випадку включають витрати на придбання саджанців та вартість робіт, пов'язаних з їх висадкою у підготовлений ґрунт:

$$B_b = nc \cdot (C_c + C_n),$$

де  $nc$  - кількість саджанців, шт.;  $C_c$  – вартість саджанців, грн. / шт.;  $C_n$  - витрати на посадку дерева-саджанця у підготовлений ґрунт, грн. / шт.

Витрати на біологічну ремедіацію є незначними в порівнянні з іншими типами ремедіації. Обліпиха може використовуватись на різних типах ґрунтів в різних кліматичних зонах. Вона не потребує великої кількості посадкового матеріалу, завдяки самостійному розростанню. Це робить спосіб економічно-вигідним. Насадження обліпихи на техногенно порушених землях, виконують протиерозійну, водоохоронну, санітарно-гігієнічну, меліоративну та ґрунтовідновлюючу ролі. Економічний ефект від цих насаджень складається з наступних показників: скорочення збитків від забруднення повітря пилом та забруднюючими речовинами за рахунок пиловловлюваної здатності рослин; скорочення збитку від вітрової ерозії в результаті її припинення на площі, зайнятій рослинністю; скорочення збитку від замулення і забруднення річок і водойм продуктами водної та вітрової ерозії; поліпшення санітарно-гігієнічних умов місцевості в результаті збагачення повітря киснем і поліпшення його хімічного складу; покращення фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунтів на рекультивованій території та прилеглих до неї полях.

Очікуваний розрахунковий економічний ефект буде значно вищий, якщо враховувати не лише вищеперелічені ролі ремедіаційних насаджень, а також прибуток від реалізації рослинної біомаси на паливо, що дасть змогу отримати додатковий дохід з забруднених територій.

Отже, фіторемедіація є екологічно-ефективною та економічно-вигідною технологією для відновлення забруднених земель, а обліпиха крушиновидна – перспективний фіторемедіант.



НАГОРНИЙ П.В., ГНЕДИНА К.В. (УКРАЇНА, ЧЕРНІГІВ)

## **ДЕРЖАВНА ПІДТРИМКА ЕКОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ У КОНТЕКСТІ СТИМУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ В УКРАЇНІ**

*Національний університет «Чернігівська політехніка»  
14027, вул. Шевченка, 95, Чернігів, Україна; csttu@stu.cn.ua*

**Abstract.** The role of ecological innovations in ensuring the development of a green economy in Ukraine is described. The importance of the state support for the effective process of development and implementation of environmental innovations by representatives of the national business-sector is analyzed. The main directions of state support for ecological innovations in the context of stimulating the development of the green economy are determined.

Екологічна безпека країни є основою її стійкого та гармонійного розвитку у майбутньому, а її забезпечення є необхідною умовою для прискорення процесів євроінтеграції. Тому одним із ключових стратегічних пріоритетів України є екологічне відновлення в контексті стимулювання розвитку зеленої економіки. Враховуючи базові принципи процесів сталого відновлення та ініціатив BBB (Build Back Better), екологічне відновлення має ґрунтуватися на активному впровадженні екологічних інновацій. Водночас процеси впровадження таких інновацій уповільнюються через низку причин: високі витрати, невизначеність ефективності, невпевненість щодо ринкової віддачі, відсутність стандартів, технічні обмеження тощо. Чільне місце серед зазначених проблем посідає недостатня державна підтримка.

Активне впровадження екологічних інновацій у виробничо-промисловий комплекс може здійснюватися лише за умови наявності сприятливого середовища для розробки таких інновацій, а також застосування відповідних фінансово-фіскальних стимулів та правових інструментів для заохочення представників бізнесу інтегрувати зазначені екологічні інновації у свою господарську діяльність. Наявність та ефективність реалізації окреслених заходів стимулювання впровадження екологічних інновацій залежить від результативності державної підтримки. Органи державної влади спроможні активізувати та пришвидшити створення екосистеми стартап-центрів та інноваційних хабів для розробки екологічних інновацій, а також забезпечити сприятливі умови для впровадження таких інноваційних проєктів вітчизняними суб'єктами господарювання. Основні напрями державної підтримки екологічних інновацій у контексті стимулювання розвитку зеленої економіки в Україні є такими:

- фінансова підтримка (надання грантів розробникам екологічних інновацій, субсидіювання та пропозиція фіскальних пільг для підприємств, які впроваджують екологічні інновації тощо);
- розвиток науково-технічного потенціалу (підтримка наукових проєктів та наукоємних стартапів у сфері екологічних інновацій, діяльність при закладах вищої освіти екологічного профілю наукових центрів з розробки інноваційних екологічних рішень тощо);
- вдосконалення нормативно-правової бази (ухвалення законодавчих актів, які створюватимуть сприятливі умови ведення господарської діяльності еко-інноваційними підприємствами);
- формування партнерських відносин (активізація співпраці між державними установами, представниками бізнес-сектору та освітньо-науковими закладами, залучення міжнародної підтримки та врахування зарубіжного досвіду для впровадження екологічних інновацій тощо).

Державна підтримка екологічних інновацій сприятиме екологізації діяльності вітчизняних суб'єктів господарювання та розвитку зеленої економіки в Україні у післявоєнний період. Необхідним є визначення комплексу інструментів державної підтримки на етапах розробки та впровадження екологічних інновацій.

ТРОХИМЕНКО Г.Г. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

**НАПРЯМКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ПРИКЛАДІ ДП «СІЛЬПРОЄКТ»**

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,  
пр. Героїв України, 9, Миколаїв, 54006, university@nuos.edu.ua*

**Abstract.** As part of the international project «TransLearn», a survey was conducted on the sustainability of organisations and enterprises among stakeholder experts from the Department of Ecology and Environmental Technologies of the NUoS, including the management of the Silproekt enterprise. The main priorities for the company's sustainable development goals were identified. The results of the implementation of energy-efficient technologies were shown.

У рамках міжнародного проекту «TransLearn» проведено опитування щодо сталості розвитку організацій та підприємств серед експертів-стейкхолдерів кафедри екології та природоохоронних технологій НУК імені адмірала Макарова, серед яких було керівництво підприємства ДП «Сільпроєкт».

Підприємство «Сільпроєкт» діє на українському ринку обладнання для харчової та зернопереробної промисловості як виробник з 1994 року. З 1998 року працює й на зовнішньому ринку. Головним напрямком діяльності підприємства є розробка і виробництво універсального, енергозберігаючого круп'яного комплексу УКР-2 для переробки зернових культур на крупи і пластівці, а також супутні агрегати. Підприємство виробляє круп'яні лінії УКР-2: обладнання для виробництва крупи та пластівців із пшениці, гречки, проса, ячменю, кукурудзи, гороху, вівса, рису, полби (спельти), сочевиці.

Ринок круп'яної продукції, як і будь-який інший ринок, є сферою взаємодії суб'єктів попиту та пропозиції. Сформовані в Україні традиції харчування визначають значний попит з боку населення на різноманітні крупи, вироблені з зерна гречки, проса, рису, вівса, ячменю, пшениці, кукурудзи, гороху. Зовнішній попит на вітчизняну круп'яну продукцію має значний потенціал для нарощування, враховуючи загострення глобальної продовольчої проблеми.

Водночас розширення її пропозиції українськими товаровиробниками стримується значними коливаннями рентабельності та періодичними інтервенціями дешевих круп за заниженими цінами з країн-сусідів у випадках перевиробництва. В умовах військового стану та небезпечного місця розташування підприємства, говори про сталий розвиток здавалося б недоцільно. Однак, підприємство нагороджено багатьма нагородами, дипломами та сертифікатами на сільськогосподарських та виробничих виставках за технологічну продукцію, за кращу розробку для сільського господарства, за активне впровадження енергозберігаючих технологій, за найкращий проєкт з відновлення агротехнічного виробництва з 1994 по 2020 роки.

Наприклад, один оригінальний енергоощадний нюанс: під час пропарювання гречки як паливо використовується її ж лушпиння, а енерговитрати становлять 1 кВт на 100 кг оброблюваного зерна. Для порівняння: гідротермічна обробка зерна круп'яних культур аналогічної продуктивності, що працює за стандартною технологією, споживає 65 кВт на 100 кг оброблюваної гречки. Окупність круп'яних комплексів з урахуванням усіх витрат від 5 до 9 місяців при роботі у дві зміни.

Для удосконалення діяльності з урахуванням цілей сталого розвитку ДП «Сільпроєкт» приймало участь у програмі «Солар-енерджі» для встановлення сонячних батарей та обладнання, що переводить з трансформаторного типу роботу на інверторний. Відбувся перехід підприємства із загальної системи опалення з великими тепловтратами на власне pelletне опалення; переобладнання усього технологічного процесу на використання та переробку відходів виробництва; зниження встановленої потужності обладнання завдяки впровадженню новітніх технологій у виробництво, переобладнання виробництва та зниження енергоємності обладнання. І це ще далеко не все. Отже, навіть в умовах війни та знаходячись недалеко від лінії фронту можна впроваджувати енергоефективний менеджмент для подальшого досягнення цілей сталого розвитку.

ШИЯН Н.І. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СКОТАРСТВА В УКРАЇНІ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ У ВОЄННИЙ ПЕРІОД

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
вул. Курпичова, 2, Харків, Харківська область, 61000; Nataliia.Shyian@khpі.edu.ua*

**Abstract.** Attention is focused on the relevance of the problem of the development of cattle breeding in Ukraine in the context of sustainable development, on the steps to solve the problem of creating conditions for the implementation of the goals of sustainable development. The peculiarities of the development of the cattle breeding industry of Ukraine during the war period are considered. The priority directions for the implementation of the concept of sustainable development in the field of cattle breeding during the war period have been determined.

Галузь скотарства є однією із важливих галузей аграрної сфери економіки України яка чудово поєднує усі складові сталого розвитку: економічну, соціальну та екологічну. Розвиток галузі є важливим для забезпечення людини продуктами харчування тваринного походження. У той же час в ряді країн світу високі темпи зростання обсягів виробництва продукції галузі призвели до підвищення актуальності проблеми, пов'язаної із забрудненням навколишнього природного середовища, спричиненого викидами парникових газів, забрудненням ґрунту і води; широким використанням антибіотиків при виробництві продукції галузі тощо.

В Україні актуальність розвитку галузі скотарства в контексті сталого розвитку суттєво підвищується насамперед внаслідок широкомасштабної воєнної агресії, результатом чого стало знищення ряду аграрних підприємств, переміщення окремих із них із східних областей України в західні. Суттєво потерпають від воєнної агресії російської федерації малі та середні аграрні підприємства із невеликим поголів'ям худоби. Суттєво поглиблює сукупність проблем галузі скотарства України той факт, що до війни переважна кількість молока вироблялася в господарствах населення, які у воєнних умовах виявилися суттєво слабшими до пристосування, ніж аграрні підприємства, результатом чого стали більш високі темпи зменшення поголів'я і рівня продуктивності худоби саме в господарствах населення. Велика кількість фермерських господарств постраждала внаслідок воєнної агресії, що змусило їх згорти виробництво. То ж виникає проблема створення умов для їх повернення і розвитку галузі.

Не менш актуальними в даному аспекті є проблеми, які пов'язані із охороною навколишнього природного середовища. Внаслідок бойових дій аграрні підприємства на сході України (зокрема в Харківській області) не змогли обробляти до 30 % площ, що призвело до виведення частини із них, зокрема пасовищ та земельних площ під кормові культури із обігу, що також вплинуло на погіршення стану розвитку галузі скотарства, особливо у східних регіонах України.

Вирішення проблеми в умовах воєнного стану та у післявоєнний період функціонування галузі бачиться в підтримці із боку держави та місцевих органів влади малих фермерських господарств і господарств населення в утриманні великої рогатої худоби, нарощуванні його поголів'я шляхом використання програм розвитку галузі та використання грантової системи підтримки, доступу до сучасних технологій у розвитку галузі в малому і середньому аграрному бізнесу, що в економічному аспекті – призведе до підвищення доходності і прибутковості виробництва молока та м'яса великої рогатої худоби; в соціальному аспекті – до створення робочих місць в сільській місцевості; в екологічному аспекті - до захисту оточуючого середовища від забруднення.

САЛЮК-КРАВЧЕНКО О.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

**КОНЦЕПЦІЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ  
БЕЗПЕКОВИХ СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ***Міжрегіональна Академія управління персоналом  
03039, вул. Фрометівська, 2, Київ, Україна; iart@iart.edu.ua*

**Abstract.** The research highlights that the key elements of the energy system development paradigm in the context of contemporary global energy security strategy should include: resources required for achievement, timeframe for implementation, tasks and benchmarks for achieving tactical goals, and the ultimate overall goal of development.

Але кожна національна незалежність, яка виборювалась у світі, потребувала своїх зусиль і наполегливості та мала значні перепони на шляху забезпечення власної безпеки, в тому числі і енергетичної, так і вітчизняна енергетична галузь та її менеджмент відстоює та формує власну стратегію енергетичної незалежності.

В ході дослідження було виділено основні принципи та фактори втілення новітньої післявоєнної енергетичної стратегії розвитку України, такі як: декарбонізація, енергоефективність, енергозаощадження, науково-виробнича конгломерація, адаптивно-динамічні механізми енергетичної безпеки, новітні покоління енергетичної генерації автономного типу функціонування, реалістично прогнозований енергетичний баланс держави, трансформаційне-переформатування застарілих видів енергетичних генерацій.

І ще одним ключовим елементом прогресивного розвитку енергетики України запропоновано її технічний розвиток через механізм впровадження нових поколінь новітньої енергетичної генерації (до прикладу використання в майбутньому реакторів IV та V покоління в ядерній енергетиці), що дозволить вітчизняному паливно-енергетичному комплексу не здоганяти світові темпи розвитку енергетичної генерації, а задавати тренди на міжнародній арені з виробництва енергетичного продукту.



Рис. 1. Основні елементи сучасного енергетичного стратегування в контексті енергетичної безпекової системи

Отже, дослідження вітчизняного та закордонного досвіду в сучасному стратегуванні глобальної енергетичної безпеки показало, що парадигма розвитку енергетичної системи повинна включати основні елементи (зображено на рис. 1), такі як: ресурси досягнення, часовий проміжок здійснення, завдання та реперні точки виконання тактичних цілей та підсумкову генеральну мету розвитку.

Апофеозом дослідження є розуміння, що ґрунтовність та повноцінна реалізація новітньої післявоєнної енергетичної стратегії розвитку України є одним з пріоритетів державної політики у зміцненні та нарощенні незалежності держави під час реалізації етапу модернізації та реконструкції енергосистеми держави на нових безпекових принципах функціонування.

## **СЕМІНАР 6**

### **РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО ТУРИЗМУ В АСПЕКТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

ПАНЬКІВ Н.Є., ВДОВИЧЕНКО І.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КАПСУЛЬНИХ ГОТЕЛІВ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ (НА ПРИКЛАДІ ГОТЕЛЮ «CONSTELLATION 89»)

*Інститут сталого розвитку ім. В.Чорновола, Національний університет «Львівська політехніка», 79013 Львів, вул. С.Бандери, 12, pankiv.natalia@gmail.com*

**Abstract.** Капсульні готелі стали важливою складовою сучасного туристичного ринку, особливо в умовах швидкого розвитку урбанізації, потреби в оптимізації ресурсів та зростання екологічної свідомості серед споживачів. Це унікальна форма проживання, що поєднує доступність, компактність і мобільність, що робить її популярною серед молодих мандрівників та ділових туристів. На прикладі готелю "Constellation 89" проаналізовано, як капсульні готелі відповідають викликам сталого розвитку і забезпечують зниження негативного впливу на довкілля.

1. *Капсульні готелі як сучасний тренд у туризмі.* Капсульні готелі виникли в Японії наприкінці ХХ століття та швидко поширилися у світі як відповідь на зростаючий попит на економічне, мінімалістичне та функціональне житло в умовах великих міст. Основна ідея полягає в наданні туристам мінімально необхідного простору для сну та відпочинку. Ця концепція вдало вписується в сучасні тенденції раціонального використання ресурсів, оскільки такі готелі потребують менше простору, енергії та матеріальних ресурсів у порівнянні з іншими.

2. *"Constellation 89" як приклад сталого капсульного готелю.* Архітектура та функціональні рішення готелю акцентують увагу на зменшенні негативного впливу на довкілля. Наприклад, використання відновлюваних джерел енергії, енергоефективні освітлювальні системи. Капсули в готелі створені з перероблених матеріалів, а система управління ресурсами дозволяє контролювати споживання енергії та води, зводячи до мінімуму їхні витрати.

3. *Сталий розвиток та капсульні готелі.* Капсульні готелі вписуються в концепцію сталого розвитку, яка передбачає екологічний баланс, економічну вигоду та соціальну відповідальність. Вони сприяють зниженню споживання енергії та води, що є ключовими принципами сталого розвитку в туристичному секторі. Завдяки своїй невеликій площі та зменшеним потребам у ресурсах, капсульні готелі дозволяють ефективніше використовувати природні ресурси.

4. *Соціальна функція капсульних готелів.* Окрім екологічної складової, капсульні готелі виконують важливу соціальну функцію. Вони надають можливість доступного та комфортного проживання для різних категорій туристів, зокрема молоді, бюджетних мандрівників і тих, хто перебуває у місті лише на короткий час. Завдяки своїй доступності та мобільності, капсульні готелі сприяють інклюзивності в туризмі, роблячи його доступним для ширшого кола людей.

5. *Екологічна складова капсульних готелів.* Капсульні готелі є більш екологічними, ніж традиційні готелі, через менше споживання ресурсів. Готель "Constellation 89" застосовує низку заходів для зменшення негативного впливу на довкілля: від використання енергоефективних систем до скорочення кількості одноразових предметів. Прикладом можуть бути дозатори з гелями для душу, замість використання одноразових пакетів із засобами особистої гігієни.

6. *Економічна ефективність.* Капсульні готелі є економічно вигідними як для власників, так і для клієнтів. Їхня компактність дозволяє зменшити експлуатаційні витрати та витрати на обслуговування та утримання. Низькі витрати на створення та підтримку дозволяють готелям пропонувати конкурентні ціни, а ефективне використання простору сприяє більшій кількості доступних місць для проживання на меншій площі.

7. *Перспективи розвитку капсульних готелів у контексті сталого туризму.* Інноваційні рішення щодо управління ресурсами та дотримання екологічних стандартів сприятимуть подальшому розвитку капсульних готелів у світі. Отже, капсульні готелі, такі як "Constellation 89", є яскравим прикладом успішного поєднання економічної ефективності, соціальної інклюзивності та екологічної відповідальності. Вони вносять вагомий вклад у сталий розвиток туризму, забезпечуючи доступне, екологічне і комфортне проживання для сучасних мандрівників.

ПАНЬКІВ Н.Є., ПАЗДЕРСЬКА Л.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КУЛЬТУРНО-ПІЗНАВАЛЬНОГО ТУРИЗМУ НА ЗАХОДІ УКРАЇНИ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

*Інститут сталого розвитку ім. В.Чорновола, Національний університет «Львівська політехніка», 79013 Львів, вул. С.Бандери, 12, pankiv.natalia@gmail.com  
lidiia.pazderska.mtutd.2023@lpnu.ua*

**Abstract.** Ukraine is unlocking its multifaceted potential and actively integrating into the global economic and cultural space. And even under martial law, there is still a demand for cultural and educational tours that help citizens better understand their history, strengthen national unity, and support the region's economy. Ukraine has enormous potential thanks to a large number of unique historical and cultural monuments to develop inbound and domestic cultural and educational tourism. Unfortunately, some of them have been destroyed as a result of the full-scale invasion of Ukraine by Russian troops.

**Тенденції розвитку культурно-пізнавального туризму на заході України в умовах російсько-української війни в контексті сталого розвитку** мають кілька ключових напрямів, що забезпечують стабільне зростання галузі.

**1. Адаптування до умов війни:** *Зміни в маршруті:* Західна Україна стала відносно безпечним регіоном для подорожей. Сюди входять культурні пам'ятки, природні заповідники та етнічні місця, які сприяють розумінню історії та традицій країни. *Фокус на внутрішньому туризмі:* Війна обмежила можливості міжнародного туризму, що призвело до зростання внутрішніх подорожей. Під впливом російсько-української війни міжнародний туризм в Україні зазнав серйозних обмежень, що сприяло позитивному розвитку внутрішнього туризму, особливо туризму західного регіону. Люди шукають безпечніші місця для відпочинку, культурно-пізнавальних заходів та відновлення, що призводить до зростання інтересу до історичних міст, таких як Львів, Ужгород, Івано-Франківськ та інших регіональних центрів.

**2. Збереження культурної спадщини:** *Популяризація маловідомих об'єктів:* Туроператори розробляють маршрути, які включають відвідування маловідомих, але важливих культурних об'єктів та пам'яток, що сприяє їх популяризації та збереженню. *Культурно-етнографічні тури:* Війна підкреслила важливість збереження національної ідентичності. Культурно-пізнавальні тури допомагають зміцнювати зв'язки з культурною спадщиною, що сприяє її збереженню для майбутніх поколінь. *Підтримка культурної спадщини в умовах війни.* Західна Україна має багату культурну спадщину, яка є важливою частиною національної ідентичності. В умовах війни дедалі більше уваги приділяється збереженню історичних пам'яток, зокрема замків, музеїв, монастирів та ін., що приваблюють туристів і є символами єдності та стабільності українського народу.

**3. Сталий розвиток:** У контексті сталого розвитку культурно-пізнавальний туризм на заході України набуває особливого значення. Міські громади та організації працюють над збереженням культурної спадщини та природних ресурсів, одночасно розвиваючи інфраструктуру для туристів. Це включає в себе реставрацію історичних пам'яток, створення еко-маршрутів та підтримку місцевих ремесел і традицій.

**4. Розвиток інфраструктури:** *Покращення туристичної інфраструктури:* Незважаючи на війну, розширюється інфраструктура для обслуговування туристів: створюються нові готелі, покращуються дороги, організуються комфортні трансферні послуги.

Отже, культурно-пізнавальний туризм — явище багатогранне: це потужний чинник економіки, суспільного устрою та культури, здатний розширювати кругозір, поглиблювати світогляд, сприяти естетичному розвитку та духовному збагаченню.

*Культурно-пізнавальний туризм на заході України в умовах російсько-української війни* набуває нових тенденцій, орієнтованих на сталий розвиток. Внутрішній туризм, збереження культурної спадщини, розвиток місцевих громад і інноваційні підходи є ключовими аспектами цього процесу. Такий туризм не лише сприяє економічному зростанню регіону, але й допомагає зберегти культурну ідентичність, патріотизм та екологічний баланс.

СМИК І.Є., АРХИПОВА Л.М. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ ТА ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; smk.iryua@gmail.com*

**Abstract.** The article examines the impact of the growth of domestic tourism in Ivano-Frankivsk region under martial law on the environmental safety of the region. The main environmental risks associated with the intensification of tourism activities are analyzed, including water pollution, increased pressure on natural landscapes, and challenges related to waste management. Practical recommendations are offered on how to integrate sustainable practices into tourism development, including the introduction of environmentally friendly technologies, optimization of natural resource use, and raising environmental awareness among local communities and tourists.

У 2023 році Івано-Франківська область відчула значне зростання популярності серед туристів, особливо протягом літнього сезону. Водночас, розвиток туризму в регіоні ставить перед місцевою владою та громадою серйозні виклики щодо збереження природних ландшафтів та культурної спадщини. Додаткове навантаження на природне середовище, спричинене збільшенням кількості туристів, вимагає ретельного підходу до екологічних ризиків. На нашу думку, екологічні ризики в туризмі – це комплексні виклики, які включають потенційне негативне впливання на природне середовище та біорізноманіття в регіонах, що зазнають інтенсивного туристичного потоку.

Потоки туристів вимагають значних обсягів водних та енергетичних ресурсів. Важливим аспектом є ступінь використання відновлюваних джерел енергії у порівнянні з фосильними паливами, оскільки це безпосередньо впливає на викиди парникових газів.

В Івано-Франківській області основними забруднювачами поверхневих вод визнані Ворохтянська база «Заросляк», ТОВ «Полісмоли», ДП «Підприємство Долинського ВЦ 118», ТОВ «Уніплит», та інші. З 152 очисних споруд регіону, 148 працюють, але деякі потребують ремонту, особливо у Войнилівській ОТГ, с. П'ядики, с-ще Ворохта та м. Яремче. Зростання туристичних потоків в Івано-Франківській області підвищує екологічне навантаження, зокрема через викиди парникових газів та неефективне управління відходами.

Для підвищення рівня екологічної безпеки у сфері туризму в Івано-Франківській області рекомендується впровадження таких заходів: оптимізація використання водних ресурсів через встановлення систем збору дощової води для поливу зелених зон; зниження викидів парникових газів шляхом переходу на сонячні панелі та вітряні турбіни, а також використання екологічних видів транспорту, таких як електробуси й велосипедні маршрути. Управління відходами включає запровадження сортування та переробки, а також зменшення використання одноразового пластику на користь біорозкладних матеріалів. Для збереження біорізноманіття рекомендовано створення екологічних стежок і оглядових майданчиків, а також розробка планів управління екосистемами для відновлення ландшафтів і захисту рідкісних видів.

Таким чином, збільшення значення внутрішнього туризму у західній частині України, особливо в Івано-Франківській області, у контексті сучасного військового стану, вимагає особливої уваги до питань екологічної безпеки. Область, відома своїми природними та культурними ресурсами, стає ключовою дестинацією для туристів, що водночас створює додаткові виклики щодо збереження природного середовища. Необхідність ретельного підходу до екологічних аспектів розвитку туризму в регіоні посилюється з огляду на збільшення кількості відвідувачів, яке викликає зростання навантаження на природні ресурси. Важливо знайти баланс між стимулюванням розвитку туризму та збереженням унікальних природних та культурних цінностей регіону, інтегруючи сталі практики у галузь та активізуючи роль місцевого управління у сфері екологічної безпеки.



ЛЮБИНСЬКИЙ О.І., КАСІЯНИК І.П.,  
ЯКУБАШ Р.А. (УКРАЇНА, КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ)

## РОЗВИТОК ЕКОТУРИЗМУ НА ТЕРИТОРІЇ НПП «ПОДІЛЬСЬКІ ТОВАРИ»

*Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,  
32300, вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, Україна; post@kpmu.edu.ua*

**Abstract.** Legal and resource conditions, as well as geographical location, are favorable for the development of ecotourism within the territory of the Podilski Tovtry NPP. Activation of the development of ecotourism in the territory of the park is possible thanks to a targeted information policy and targeted advertising; creation of new effective ecotourism products and improvement of existing ones; development of specialized infrastructure; formation of tourist clusters. In the development of regional ecological and cognitive formats, the priority belongs to the geotourism direction, which most fully reflects the uniqueness of the territory of the Podilski Tovtry National Park, the authentic aspect of the implementation of recreational activities.

Розвиток екотуризму, як складової рекреації на території НПП «Подільські Товтри» визначає принципову можливість та формати його розвитку, а також пріоритетність порівняно з іншими видами природокористування. Аналіз наявної спеціалізованої екотуристичної пропозиції демонструє розвиток зеленого туризму у Придністерському регіоні та окремі прояви активних і освітньо-пізнавальних форматів. Потужні транзитні туристичні потоки сформовані на базі м. Кам'янець-Подільського, смт. Сатанова та «Бакоти», реалізуються як оглядові, культурно-пізнавальні, екскурсійні формати, або індивідуальне відвідування без використання гідів.

Потужний природоресурсний і господарський потенціал для розвитку екотуризму лише локально втілюється у практичні результати. Показники зростання відвідуваності демонструють Бакотський та Сатанівський рекреаційні центри завдяки зростанню транзитних туристичних потоків. У той час, як решта дестинацій із розробленими екологічними стежками чи спеціалізованими геотурами характеризуються одиничними відвідуваннями, переважно здобувачами освіти в межах навчальної програми, а зовнішніми туристами, лише завдяки активній цільовій пропозиції та потребі зайняти надлишок вільного часу. Структура та динаміка реєстрації суб'єктів зеленого туризму є ефектним параметром розвитку екотуризму. Підвищенню ефективності екотуристичних послуг сприяє співпраця суб'єктів, зокрема НПП зі спеціалізованими турагентами та туроператорами скерованими на досліджуваній регіон. Найефективніший формат співпраці – кластерний, заснований на досвіді співпраці і репутації учасників. Розвиток екотуризму залежить також від багатьох інших факторів: психологічних, культурних, технологічних умов, фінансової доступності території туристичної рецепції, наявності дестинацій, які демонструють геотуристичний та біоекологічний пріоритети розвитку пізнавального екотуризму. Слід відзначити зростання попиту на внутрішні туристичні послуги за період карантинних обмежень та повномасштабної військової агресії росії. Це явище формує нові вимоги до номенклатури та якості екотуристичних послуг, виступаючи одночасно викликом та умовою розвитку.

Отже, юридичні та ресурсні умови, а також географічне розміщення є сприятливими для розвитку екотуризму в межах території НПП «Подільські Товтри». Агротуристичний напрямок екотуризму демонструє найвищі темпи розвитку завдяки внутрішньотуристичному попиту та зацікавленості у оренді житла в населених пунктах придністерської частини. Активізація розвитку екотуризму на території НПП «Подільські Товтри» можлива завдяки цілеспрямованій інформаційній політиці, та цільовій рекламі; створення нових ефективних екотуристичних продуктів та удосконалення наявних; розвитку спеціалізованої інфраструктури; формуванню туристичних кластерів. Аналіз екотуристичної діяльності в їх межах сприятиме поширенню ефективних моделей роботи на аналогічні об'єкти. У розвитку регіональних еколого-пізнавальних форматів пріоритет належить геотуристичному напрямку як такому, що найкраще відображає унікальність території НПП «Подільські Товтри», відзначається наявністю автентичної пропозиції у цій сфері та позитивного досвіду реалізації.

ЛУЩИК М.В., ТЕРЕБУХ А.А. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ПРО ТУРИСТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БУЗЬКОГО ЛИМАНУ:  
 РЕАЛІЇ, ПРОБЛЕМИ, МОЖЛИВОСТІ**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
 79013, вул. Карпінського 2/4, кім.210, [turtarja@gmail.com](mailto:turtarja@gmail.com)*

**Abstract.** The tourism potential of Ukraine's natural, historical and cultural sites cannot be fully exploited in the face of a full-scale military invasion. And while cultural and historical sites are subject to an inventory or ranking of damage, it is much more difficult to assess the extent of damage to natural sites. The Bug Estuary has a high tourism potential and can be used for recreational, sailing, water, cruise, historical, cultural and adventure, photo and gastronomic, retreat and event tours. At the same time, repeated shelling of the estuary, the destruction of the Kakhovka Reservoir, coastal mining, and persistent domestic and industrial pollution have caused a range of environmental problems in the estuary and the surrounding area.

Дніпро-Бузький лиман – це відкритий лиман в північній частині Чорного моря, на теренах Херсонської і Миколаївської областей України. Складається з витягнутого в субширотному напрямку Дніпровського лиману (довжина 55 км, завширшки до 17 км), а також вузького (завширшки від 5 до 11 км) та колінчастого Бузького лиману (який, власне, і є територією нашого дослідження), витягнутого в субмеридіональному напрямку, довжиною 47 км. Середня глибина 6–7 м, найбільша – 12 м (т. зв. Станіславська яма). Бузький лиман утворився під час трансгресії морських вод Чорного моря у нижній течії Дніпра та Південного Бугу. З Чорним морем лиман з'єднується протокою 3,6 км завширшки (між Очаківським мисом та Кінбурнською косою). Південне узбережжя має низькі, піщані береги; північне – здебільшого, високі (до 20–35 м) обривисті береги, складені з глинисто-піщаних порід, на окремих ділянках зустрічаються піщано-мушлеві коси. Дно біля кіс піщане, на глибині вкрите суглинисто-піщаними мулами. Поверхневий стік у лиман складається зі стоку таких річок: Дніпро – 93,5 %; Південний Буг – 5,7 %; Інгул – 0,5 %; Інгулець – 0,3 %.

Середня солоність води Бузького лиману становить 3,6 ‰ (до побудови Каховського водосховища – близько 2 ‰). Після підриву Каховського водосховища російськими загарбниками 6 червня 2023 року, коли каховська вода увійшла до лиману, то вода стала тимчасово прісною. Зараз, в різних районах лиману, в залежності від переважання прісних річкових чи морських водних мас, солоність відрізняється. У межах лиману коливається від 2 до 6 ‰.

Лиман має важливе сільськогосподарське, транспортне та рибпромислове, а також – туристичне, значення. Водночас, це породжує суттєві екологічні проблеми.

Зазначимо, що води лиману (в середньому по Миколаївській області – близько 25–30 % річного стоку Південного Бугу) використовувалися на зрошення та водопостачання. Це те, що додатково обумовлювало збільшення солоності води лиману. А також, внаслідок цього погіршуються умови життя та нересту окремих видів промислових риб, а також життя річкових видів фіто- і зоопланктону.

Лиман має і багато інших екологічних проблем. Відбувається погіршення хімічного складу води. Воно спричиняється некерованим і невідомим скидом неочищених або погано очищених промислових і комунальних (побутових) стоків, які значно погіршують газовий режим водойми.

Військові реалії породили додаткові проблеми. Бузький лиман неодноразово обстрілювався російськими військовими. Берег річки, а також води лиману, є небезпечною зоною через можливе розміщення там вибухонебезпечними матеріалів та їх уламків.

Для збереження та відновлення природи лиману необхідні комплексні заходи із розмінування територій, а також укріплення урвистих берегів та озеленення узбережжя.

У післявоєнний час, Бузький лиман має шанси стати точкою росту туристичного потенціалу громади. Ландшафт узбережжя – це унікальне та неповторне диво природи. Він вражає своєю неймовірною красою. Берегова лінія лиману майже всюди полого. Але от в районі громади є горбиста місцевість. Це відкриває туристичні можливості розвитку пішого туризму, велопогулянок, рекреації, пляжного відпочинку, ретриту на березі лиману. Ландшафти місцевості дуже миловидні та можуть бути цікавими для фотосесій на фоні природних локацій. Із лиманом межує давній козацький цвинтар с. Лупареве, у центрі якого серед впорядкованих могил ХХ ст. збереглися ще сім давніших надмогильних кам'яних хрестів. Виготовлені вони з вапняку, вирізані за формою і часом встановлення, проте деякі з них впали зі стрімкого берега, на якому стоїть цвинтар, у лиман. Своєрідними туристичними символами громади є маяки (Лупарівський Передній маяк (с. Лупареве), Хаблівський маяк, Кисляківський маяк).

КУРТАКОВА Г.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОГО ТУРИЗМУ

*Міжрегіональна Академія управління персоналом,  
03039, вул. Фрометівська, 2 м.Київ, Україна, anita-k@ukr.net*

**Abstract.** Ecological tourism, or ecotourism, is a type of tourism aimed at visiting natural areas in a responsible manner in order to preserve the environment, support local communities, and minimize negative impact on nature. Its history dates back to the second half of the 20th century, but the idea of sustainable tourism has its roots in ancient times, when people began to think about the importance of preserving nature.

Екологічний туризм, або екотуризм, — це вид туризму, спрямований на відповідальне відвідування природних територій з метою збереження навколишнього середовища, підтримки місцевих громад та мінімізації негативного впливу на природу.

На сьогодні екотуризм базується на кількох ключових принципах, які залишаються актуальними багато років: збереження природи, повага до місцевих культур, освітня складова мінімізація впливу, економічна підтримка місцевих громад.

Розглядаючи проблеми екологічного туризму (екотуризм) то потрібно зазначити, що на сьогодні екотуризм є одним із найперспективніших напрямків сучасної туристичної індустрії. Його розвиток супроводжується низкою викликів і проблем, які потребують уваги та вирішення. І на сьогодні важливо не тільки зберегти природні ресурси, але й забезпечити відповідальне ставлення до довкілля з боку туристів та організаторів туризму. Також необхідно виділити основні проблеми, що перешкоджають сталому розвитку екологічного туризму.

1. Надмірне навантаження на екосистеми.
2. Недостатня інфраструктура.
3. Брак екологічної освіти та свідомості.
4. Конфлікти з місцевими громадами.
5. Комерціалізація екотуризму.
6. Нестача законодавчого регулювання.
7. Зміни клімату.

Отже для успішного розвитку екологічного туризму необхідно забезпечити комплексний підхід, який включатиме екологічну освіту, розробку сталих маршрутів, відповідну інфраструктуру та підтримку місцевих громад. Важливо також впроваджувати ефективні законодавчі ініціативи, які забезпечать дотримання принципів збереження природи та мінімізацію негативного впливу на довкілля.

Тільки завдяки співпраці всіх зацікавлених сторін можна створити умови для відповідального екотуризму, що принесе користь як туристам, так і природі.

На сьогодні екологічний туризм є одним з найшвидше зростаючих напрямків у туристичній індустрії. Він привертає увагу людей, які прагнуть не просто подорожувати, а робити це з турботою про природу та повагою до місцевих традицій. Багато країн, такі як Коста-Рика, Кенія, Непал та Україна, активно розвивають екотуристичні маршрути та національні парки, створюючи умови для екологічно відповідального відпочинку.

Екотуризм має як позитивні, так і виклики, які необхідно враховувати. З одного боку, він сприяє збереженню природи, розвитку місцевих громад та підвищенню екологічної свідомості туристів. З іншого боку, неправильна організація екотуризму може призвести до перевантаження природних ресурсів та негативного впливу на екосистеми.

А екологічний туризм — це не просто тренд, а важлива складова сталого розвитку суспільства, що допомагає зберігати природні багатства для майбутніх поколінь. Його популярність зростає завдяки усвідомленню важливості збереження нашої планети та прагненню до гармонійного співіснування з природою.

ТЕОДОРОВИЧ Л.В., ЩЕГЕЛЬСЬКИЙ Д.В.(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ГЛЕМПІНГ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ ВИД ТУРИЗМУ У ПІСЛЯВОЄННІЙ УКРАЇНІ

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
7900 вул.С. Бандери,12, м. Львів,Україна; tur.dept@lpnu.ua*

**Abstract.**This is one of the most popular types of recreation among tourists. It can be considered one of the directions of eco-tourism. The main features of glamping are comfortable living conditions in a natural environment. Such a vacation is for those who want to be as close to nature as possible and, at the same time, have the maximum level of comfort. Taking into account the significant losses of the recreational and tourist infrastructure, the large number of attractive undeveloped natural areas for tourism, as well as the lack of market saturation, it can be argued that it is advisable to develop glamping in Ukraine in the post-war period.

Провідними трендами розвитку сучасного суспільства є прагнення взаємодії з природою. Світовий екотуристичний продукт трансформується та ускладнюється: від відпочинку на природі у наметових таборах – до кемпінгів і глемпів. Завдяки усвідомленню екологічної відповідальності значна частина людей орієнтує свою поведінку на збереження навколишнього середовища. Тому культура відпочинку на природі остаточно утвердилась з появою такої течії екотуризму як глемпінг. Слово глемпінг виникло на початку 2000-х років у Великобританії внаслідок злиття двох англійських слів «glamour» (розкіш) та «camping»(стоянка табором під відкритим небом). Це стало одним з найпопулярніших видів екотуризму. Основними рисами глемпінгу є комфортні умови проживання у природному середовищі. Такий відпочинок є ідеальним для тих, хто хоче бути у максимальній близькості до природи і, одночасно, мати максимальний рівень комфорту. Замість намету туристам пропонуються затишне житло з усіма зручностями: м'яким ліжком, ванною кімнатою; ресторанными стравами; організоване дозвілля. При цьому власники глемпінгу суворо пильнують за дотриманням режиму природокористування. За даними Glamping.com найбільша кількість глемпінгів розташована в Північній Америці та Європі. Найвіддаленішими глемпінгами вважаються комплекси на Ельбрусі, в Лапландії та Арктиці. В Україні глемпінги функціонували ще у довоєнний період на територіях з різними ландшафтами: в горах, приморських районах, лісових масивах; на узбережжях озер та річок. Можна робити бронювання через booking.com. Основні причини, чому глемпінг є екологічним видом туризму:

1. Встановлення глемпу не завдає шкоди навколишньому середовищу. Глемпери знаходяться близько до природним середовищата обережноз ним взаємодіють.

2. Глемп класифікується як туристичне спорядження (намет), тому його можна поставити в будь-яких дозволених і відведених для цього місцях, у тому числі поблизу берегів водойм, у рекреаційних зонах об'єктів природно-заповідного фонду, та в тих місцевостях, де капітальне будівництво заборонене.

3. Для житла використовуються екологічно чисті матеріали з екологічним опаленням або без нього, що не має серйозних наслідків для навколишнього середовища.

6. Залежно від типу глемпінгу, кемпінгове спорядження може використовуватись повторно. Проект глемпінгу легко масштабується; для глемпів передбачена, залежно від місця розташування, як сезонна, так і цілорічна експлуатація.

7.Замовляючи виготовлення глемпу, клієнт отримує фактично повністю готовий проект готельного комплексу – від комунікацій до внутрішнього оформлення і меблів

8. У глемпах можна використовувати продукти, які сприяють екологічній безпеці наприклад, сонячну та вітрову енергію, екологічно чисті миючі засоби.

9. Підприємства, які виробляють чи купують глемпи стають зацікавленими у природоохоронній діяльності.

Беручи до уваги, значні втрати рекреаційно-туристичної інфраструктури, велику кількість привабливих туристично-неосвоєних природних територій, а також ненасиченість ринку можна стверджувати, що в Україні у післявоєнний період доцільно розвивати глемпінг.

ТЕОДОРОВИЧ Л.В., НЕДЗВЕЦЬКА О.В.(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ФОРМУВАННЯ НОВИХ КУРОРТІВ В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
7900, вул.С. Бандери,12, Львів, Україна; tur.dept@lpnu.ua*

**Abstract.** Due to the war in Ukraine, there has been an increase in tourist and recreational flows to the Carpathian region. Every year, the Bukovel resort expands its property and improves its infrastructure. The owners of Bukovel are planning to build three new giant resorts in Ivano-Frankivsk and Zakarpattia regions - Svydovets, Turbat and Bystrytsia, which should accommodate up to 28,000 vacationers at a time. According to environmental activists, the environmental consequences of building such a resort will outweigh any short-term benefits. At the same time, its developers should clearly calculate the losses in land of each farm, losses in the environmental fund, and future environmental risks for the unique ecosystem of the Carpathians.

Через війну в Україні спостерігається збільшення туристично-рекреаційних потоків у Карпатському регіоні. Тут функціонує багато рекреаційних закладів, готелів та котеджних містечок. З кожним роком розширює свої володіння курорт Буковель, покращуючи свою інфраструктуру. Певні інвестори, які накопичили кошти, незважаючи на війну, стрімко розбудовують нові курорти, намагаючись захопити великі ділянки природного середовища, часто не беручи до уваги їхній природоохоронний статус, місцеві громади, сподіваючись на появу нових робочих місць, надають дозволи на будівництво і часто не усвідомлюють екологічних наслідків. Будівництво в горах не завжди корелюється з особливостями рельєфу, природними умовами, особливостями використання специфічної техніки.

Власники «Буковелю» планують збудувати ще три нові курорти – гіганти: в Івано-Франківській та Закарпатській областях – «Свидовець», «Турбат» і «Бистриця», які повинні вміщувати до 28000 рекреантів одночасно. У планах охоплення 1400 гектарів території, де розміщуватимуться 230 км лижних трас, понад 30 канатних витягів, 700 готелів та інших закладів інфраструктури. Усі три плановані курорти будуть розташовуватись поряд і з'єднаються з Буковелем. Тобто планується курорт-монстр, розрахований на понад 65 тисяч людей одночасно! Це як побудувати ціле місто посеред Карпат розміром понад половину Ужгорода.

Екологічні наслідки будівництва такого курорту, як зазначають екоактивісти будуть переважати над будь-якими короткостроковими вигодами. Навіть будівництво будь-якої дороги розділяє ліс, призводячи до зменшення чи міграцій популяцій багатьох видів тварин у радіусі кілометра від дороги. Отже буде знищено чи пошкоджено мінімум три тисячі гектарів диких карпатських лісів, лук та річок. За наявними картами, забудова, лижні траси та підйомники пройдуть по заповідних територіях, ареалах численних червонокнижних рослин та тварин, унікальних гірських озерах та водоспадах!

Складнощами у втіленні цього проекту є будівництво під'їзної дороги, каналізації та очисних споруд, налагодження електропостачання і забезпечення опалення для закладів туристичної інфраструктури. Лише курорт «Свидовець» використовуватиме майже 9 тисяч кубометрів води кожен день і викидатиме стільки ж стічних вод. В сумі з двома іншими курортами, це буде до 15 тисяч кубометрів щоденно! Від цього постраждає низка карпатських річок (зокрема Чорна Тиса), адже там доведеться влаштувати резервуари та водозабори. Уже в 2022 посуху відчували навіть мешканці високогір'я. Враховуючи, те, що Буковель за багато років так і не вирішив проблему стічних вод, наслідки є очевидними.

Щоб зробити процес трансформації курортів Карпат максимально етичним та екологічним до цього будівництва треба підходити зважено і з великою відповідальністю, в повазі до минулого й відповідальності перед майбутнім, у розумінні ролі і доцільності такого масштабного проекту. При цьому його розробники повинні чітко прорахувати втрати у землі кожного господарства, збитки у природоохоронному фонді та майбутні екологічні ризики для унікальної екосистеми Карпат.

КОШОВА Б.Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ІНФРАСТРУКТУРА ЯК РЕГУЛЯТОР ТУРИЗМУ НА ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЯХ

*Національний університет "Львівська політехніка"*  
79013, вул. Бандери, 12, Львів, Україна; [Bohdanabrunets@gmail.com](mailto:Bohdanabrunets@gmail.com)

**Abstract.** In the civilized world, developed infrastructure plays the role of a regulator of nature use, namely, it sets the direction of movement and regulates the number of tourist flows, creates comfortable conditions for the coexistence of man and the environment. That is why it is important to form it from the point of view of a systemic formation, which will include institutional – legal, informational and analytical, material and technical and social infrastructure.

Володіючи унікальними рекреаційними ресурсами Україна небезпідставно має можливості посісти провідне місце із оздоровчого, спортивно-пізнавального та зокрема екологічного туризму. Зростання мегаполісів, світові економічні процеси, демографічний бум та багато інших чинників зумовлюють необхідність пошуку нових видів релаксації, котрі можливі у реалізації різних форм туризму. Вигідне географічне положення, різноманітність кліматичних, рельєфних, гідрологічних умов різних регіонів країни становлять неабиякий інтерес щодо розвитку туризму. Використання цілющих «функцій» природи, а саме спілкування із нею шляхом споглядання красоти та непорушності ландшафту, відчуття звукової гамми (вітру, птахів, тварин), шуму (води), аромату (трав, квітів) магічно впливає на здоров'я та психіку людини додаючи їй душевного спокою та рівноваги.

Незважаючи на наявність природно-рекреаційного потенціалу перешкодою у реалізації екотуристичних маршрутів у передвоєнний період стала відсутність відповідної туристичної інфраструктури. Усі без винятку реалізовані тури носять спонтанний та нерегульований характер, що в свою чергу призводить до непоправного винищення екосистеми. Розробка туристичних маршрутів із відповідним інформативним підкріпленням, а саме: маркуванням, картографічним зображенням, певним соціально - побутовим забезпеченням та залученням гідів дасть змогу врегулювати туристичні потоки та мінімізувати вплив людини на екосистему заповідних територій, більш глибоко ознайомитись із наявними природоохоронними об'єктами та культурною самобутністю місцевого етносу.

Туристична інфраструктура - це сукупність об'єктів, діяльність яких спрямована на задоволення туристичних потреб. Вона включає матеріально-технічну базу функціонально-господарських структур, які входять до складу туристично-рекреаційних систем різного порядку. Як складова соціальної, вона характеризується основними фондами та витратами праці, тобто певними місцевими ресурсами, які використовуються задля виконання основних туристичних функцій. Географічним завданням дослідження туристичної інфраструктури є оптимізація розміщення її об'єктів в межах туристично-рекреаційних систем відносно основних центрів концентрації споживачів з дотриманням вимог стійкого розвитку рекреаційної системи. Сучасну туристичну інфраструктуру слід розглядати як системне утворення, котре вимагає ряд складових взаємопов'язаних між собою, серед яких основними є: 1) інституційно – правова інфраструктура. Основним регулюючим фактором туризму на заповідних територіях повинна виступати на державному рівні відповідна нормативно-правова база, за нормами виконання котрої повинно вести спостереження певні урядові та неурядові інституції; 2) інформаційно-аналітична. Забезпечення інформаційно-аналітичним матеріалом про можливості та процедури відвідування заповідних територій повинно здійснюватись державними та соціальними інституціями, котрі володіючи достовірними даними матимуть змогу надати оціночний матеріал щодо стану екологічних, дигресійних процесів на заповідних територіях; 3) матеріально-технічна повинна забезпечувати збереження цілісності екосистеми та дотримання допустимих норм навантаження на природне середовище з метою забезпечення його сталої якості та відтворювальних процесів; 4) соціальна інфраструктура дає змогу функціональному зонуванню території звизити траєкторію руху туристів в межах певної території чим дозволить запобігти шкідливому втручання людей у екосистему навколишнього середовища.

## **СЕМІНАР 7**

### **ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА В АСПЕКТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

НАЗАРЕВИЧ Л.С.<sup>1</sup>, НАЗАРЕВИЧ А.В.<sup>2</sup>, ОЛІЙНИК Г.І.<sup>1</sup>, НІЩИМЕНКО І.М.<sup>1</sup>,  
НАЗАРЕВИЧ Р.А.<sup>3</sup> (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## СЕЙСМІЧНА УРАЗЛИВІСТЬ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

<sup>1</sup>Інститут геофізики ім. С.І.Субботіна Національної академії наук України,  
Відділ сейсмічності Карпатського регіону,

79011, вул. Ярославенка, 27, Львів, Україна; nazarevych.l@gmail.com;

<sup>2</sup>Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна Національної академії  
наук України, 79060, вул. Наукова, 3-Б, Львів, Україна; nazarevych.a@gmail.com;

<sup>3</sup> Львівський національний університет імені Івана Франка,  
79000, вул. Університетська, 1, Львів, Україна.

**Abstract.** The work analyzed the component of seismic risk – seismic vulnerability of the territory of Ukraine. Seismic vulnerability is determined by the thickness of the seismically active layer and the value of damage of specific territories by dangerous geological and geodynamic processes. Based on the analysis of these data, a paradigm of the level of seismic vulnerability of the territory was based. It consists of a comprehensive consideration of the level of danger of all geodynamic processes existing in the territory.

Відомо, що складовими сейсмічного ризику є сейсмічна небезпека і сейсмічна вразливість. Сейсмічна небезпека – це об'єктивна характеристика території, вона спричинена регіональними та локальними сейсмотектонічними процесами. Її рівень визначається з карт загального (ЗСР) та детального (ДСР) сейсмічного районування і сейсмічного мікрорайонування (СМР) території. За картами ЗСР на території України виділені зони струшувань інтенсивністю 6, 7 і 8 балів на заході (Карпатський регіон) і півдні (Крим, південь Одещини) та 5 балів у центрі і на сході України. На рівень сейсмічної небезпеки людина не впливає, але знизити сейсмічну вразливість можливо, тим самим зменшуючи сейсмічний ризик.

Рівень безпеки проживання населення і сейсмічна вразливість визначається, зокрема, ступенем ураження території різними небезпечними геологічними процесами (площинна та ярова ерозія, зсуви, карст, просідання, підтоплення тощо) і екологічними наслідками їх розвитку. Землетруси належать до найбільш поширених та екологічно значимих геологічних процесів, які приводять до численних жертв та руйнувань, а зараз під час воєнних дій підвищуються ризики сейсмічної небезпеки, а відтак і вразливість територій, які піддаються численним бомбардуванням. Відомі випадки індукованих землетрусів на територіях, які зазнають воєнних дій. Чим більша сумарна енергія зарядів, що вибухають, тим на більшу відстань поширюється деструктивний вплив на поверхневі шари ґрунту, тим самим збільшується вразливість до сейсмічних впливів не тільки від місцевих землетрусів, але через систему активних розломів й від сильніших землетрусів з району Вранча (Румунія).

Вразливими з точки зору аварійності є, зокрема, гірські та в зонах сейсмоактивних розломів ділянки нафтових, газових магістралей, газові сховища. На їхню стійкість окрім внутрішніх чинників суттєво впливають сучасні геодинамічні процеси, які призводять до деформацій, зміни рельєфу, механічного руйнування, а з додатковим сейсмічним впливом становлять додаткову екологічну загрозу для територій.

Для уточнення класифікації окремих територій за ступенем сейсмічної небезпеки нами були перевизначені координати і глибини вогнищ землетрусів Карпатського регіону за новими методиками. Точність визначення цих параметрів зараз є достатньою для оконтурення конкретних тектонічно активних структур даного регіону. Кількість сейсмічної енергії, яка запасується в надрах, прямо пропорційна потужності сейсмоактивного шару, який оцінюється за даними про глибини корових землетрусів. Чим потужніший цей шар, тим сильнішим і небезпечнішим для інженерних споруд може бути кумулятивний ефект від сейсмотектонічних і та інших впливів. Кількісно сейсмічна небезпека диференціюється за 4-ма рівнями – за процентним відношенням максимальної потужності сейсмоактивного шару до всієї потужності земної кори на тектонічно оконтуреній ділянці певної площі, для 1-го рівня  $k=0\%$ , для 2-го –  $k=0-25\%$ , 3-го –  $50>k>25\%$ , 4-го –  $k>50\%$ . Створення інтерактивних карт сейсмогеодинамічного навантаження територій (з просторовою деталізацією і кількісними характеристиками різних геодинамічних факторів) є важливими для оцінок сейсмічної уразливості та сейсмічної небезпеки.



АНДРОНОВ В., ДАНЧЕНКО Ю., СУКОНЬКО С. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ТОКСИКО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЄМНОСТЕЙ З ПОЛІМЕРІВ ДЛЯ ПОТРЕБ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

*Національна академія національної гвардії України*

*3, майдан Захисників України, Харків, Україна; va\_andronov@ukr.net*

**Abstract.** The paper outlines the problem of drinking water supply for servicemen of the National Guard of Ukraine in field conditions. It was established that in order to provide servicemen with high-quality drinking water, as well as to increase the efficiency of the water supply process, it is necessary to consider the comparative toxicological and ecological characteristics of polymer containers for storing and transporting water, as well as the issue of the rational use of used containers.

У зв'язку з воєнним станом та активною участю підрозділів Національної гвардії України в бойових діях, однією з важливих проблем є своєчасне забезпечення військовослужбовців якісною питною водою та організація ефективного питного водопостачання в польових умовах. При цьому важливою є токсико-екологічна характеристика полімерного матеріалу для виготовлення ємностей, в яких вода зберігається і транспортується до місця дислокації підрозділів. Важливим фактором для якості води за гігієнічною та токсико-екологічною оцінкою є кількість циклів використання однієї тари, а з економічної точки зору – можливість переробки після використання у вторинні матеріали. На якість питної води також впливають умови зберігання: температура, ступінь освітлення і терміни зберігання.

Для зберігання питної води використовуються ємності з наступних видів полімерів: поліетилену високої та низької щільності, поліпропілену, поліетилентерефталату, полікарбонату, кополієфіру (тритану) тощо. Порівняльна токсико-екологічна характеристика та технологічні властивості ємностей з полімерів наведені в таблиці.

*Таблиця 1*

### Характеристика ємностей з полімерів для зберігання і транспортування питної води

Полімер	Токсико-екологічна характеристика	Технологічні властивості
Поліетилен низької (LDPE) та високої (HDPE) щільності, поліпропілен (PP)	Практично не виділяє шкідливих речовин, не містить Бісфенолу А	Може використовуватись як багаторазові ємності за умов періодичної дезінфекції, підлягає переробці у вторинні матеріали
Поліетилентерефталат (PET або PETF)	Може виділяти у воду важкі метали та речовини, які негативно впливають на гормональний баланс людини. В разі повторного використання стає хімічно та біологічно небезпечним	Тільки для одноразового користування, не переробляється у вторинні матеріали, нестійкий до механічних ушкоджень, крихкий
Полікарбонат	Містить Бісфенол А – речовину, яка впливає на гормональний баланс людини	Може використовуватись як багаторазові ємності за умов періодичної дезінфекції, не переробляється у вторинні матеріали
Кополієфір (тритан)	Практично не виділяє шкідливих речовин, не містить Бісфенолу А	Може використовуватись як багаторазові ємності за умов періодичної дезінфекції, не переробляється у вторинні матеріали. Найбільш дорогий у виробництві

**Висновок:** В роботі окреслено проблему питного водопостачання для військовослужбовців Національної гвардії України в польових умовах. Встановлено, що для забезпечення військовослужбовців якісною питною водою, а також для підвищення ефективності процесу водозабезпечення, необхідно розглянути порівняльну токсико-екологічну характеристику полімерних ємностей для зберігання і транспортування води, а також питання раціонального використання відпрацьованої тари. Встановлено, що найбільш прийнятною є тара з поліетилену, поліпропілену та тритану, які можуть використовуватись багаторазово за умов періодичної дезінфекції. В той же час ємності з тритану є порівняльно дорогими і не переробляються у вторинні матеріали.

ЄВДОКИМОВ С.О. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## ІННОВАЦІЙНА МОДЕРНІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОТИДІІ НОВИМ КІБЕРЗАГРОЗАМ ТА ПІДТРИМКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

*Херсонський державний університет*

*76018, вул. Шевченка, 14, Івано-Франківськ, Україна; serge.evdokimov2015@gmail.com*

**Abstract.** У рамках сучасного дослідження інноваційної модернізації кіберфізичних систем розроблено підходи до протидії новим кіберзагрозам з урахуванням потреб сталого розвитку. На основі передових технологій, таких як штучний інтелект та нейронні мережі, створено нові методи для покращення захисту кіберфізичних систем. Розглянуто інтеграцію Python як основного інструменту для розробки та реалізації цих рішень. Проведено аналіз ефективності впроваджених технологій через симуляції і тестування. Дослідження спрямоване на підвищення рівня безпеки та стійкості кіберфізичних систем при забезпеченні їхньої відповідності екологічним і економічним вимогам сталого розвитку.

У сучасному світі кіберфізичні системи (далі – КФС) стають важливим компонентом критичної інфраструктури, забезпечуючи функціонування різних галузей, таких як енергетика, транспорт та охорона здоров'я. Однак, зростаюча складність та інтеграція нових технологій, таких як штучний інтелект (далі – ШІ) та нейронні мережі, призводять до нових кіберзагроз. Інноваційна модернізація КФС є необхідною для підвищення рівня їхньої безпеки та забезпечення сталого розвитку.

Для забезпечення високого рівня захисту КФС використано інноваційні технології, включаючи ШІ, нейронні мережі та Python. Основні етапи модернізації включають: аналіз існуючих загроз та вразливостей, розробку нових алгоритмів для виявлення та реагування на кіберзагрози, інтеграція ШІ та нейронних мереж для покращення захисту, тестування та симуляція ефективності нових рішень.

Таблиця 1 демонструє результати тестування автором різних методів захисту кіберфізичних систем.

*Таблиця 1*

### Ефективність різних методів захисту

Метод	Рівень захисту, %	Час реакції, мс	Кількість помилок
Традиційні системи	405	2,7	15
Модернізовані системи з ШІ	338	2,1	5
Модернізовані системи з НМ	160	3,7	3

Для реалізації базового захисту кіберфізичної системи за допомогою нейронної мережі на Python, можна використати бібліотеку TensorFlow. Ось приклад коду для навчання простої нейронної мережі:

```
...
# Навчання моделі
# X_train - вхідні дані, y_train - вихідні дані
model.fit(X_train, y_train, epochs=10, batch_size=32, validation_split=0.2)
...
```

Практикам, які хочуть запровадити ці рішення, рекомендується зосередитися на поступовій інтеграції, ретельному тестуванні та безперервній оптимізації для забезпечення надійності та продуктивності системи.

Модернізація кіберфізичних систем з використанням інноваційних технологій, таких як ШІ та нейронні мережі, показала значне покращення в рівні захисту і швидкості реагування на кіберзагрози. Тестування продемонструвало, що інтеграція цих технологій дозволяє досягти високого рівня безпеки при зменшенні кількості помилок і часу реакції. Подальші дослідження та впровадження нових рішень можуть значно підвищити стійкість КФС і сприяти їх сталому розвитку.

RADCHUK D. (UKRAINE, DNIPRO)

## USING SOFTWARE TO REDUCE THE RISK OF WORKERS GAS POISONING

*Dnipro University of Technology,  
49005, av. Dmytra Yavornytskoho, 19, Dnipro, Ukraine; rector@nmu.org.ua*

**Abstract.** The use of software for calculating the protective time of the gas and combined filters provides an opportunity for occupational safety specialists to quickly determine the potential duration of respiratory personal protective equipment use. It's reduces the risk of using low-quality gas filters. In addition, the software is able to simulate different work modes of filters using, which increases the reliability of the working process. The principle of operation and advantages of the developed program for determining the protective time of the gas filter are shown. Using the proposed program allows you to accurately control the effective time of the filter using. Recommendations for the using of this program in production have been developed.

The conditions of the working environment cannot always fully meet the requirements of the current legislation regarding sanitary and hygienic parameters, in particular, this also applies to air quality. In addition to the presence of aerosols in the form of dust of various origin and chemical composition, harmful gases may also be present. Implementation and use of ventilation may not always be effective. In this case, the use of gas and combined filters is the most acceptable way to preserve the health of employees. The Technical Regulation of PPE specifies that the means used must be effective and meet the requirements of application, and the manufacturer of protective equipment must inform the user about the conditions of use, among which the time of the protective effect of gas filters can be distinguished.

Commonly known mathematical equations of Dubinin-Radushkevich or Wheeler-Jonas are used to determine the theoretical time of the protective effect of gas filters. However, these equations take into account ideal air filtration conditions, while in reality there are factors that reduce this indicator. To reduce risks, manufacturers of personal respiratory protective equipment allow users to calculate the protective effect time of their products. Software is being developed for this. Thus, together with LLC RPE "STANDART" (Dnipro), which is a national manufacturer of personal protective equipment, a program was developed to estimate the time of the protective effect of gas filters, the data of which is based on experimental data of mathematical equations (Fig. 1). The use of such programs reduces the risk of using low-quality filters and can be an additional element of the occupational safety system at the enterprise.

Figure 1. General view of the user window of the developed program for calculating the protective time of gas filters

ЦЮРЮПА Ю.В., НЕГРІЙ Т.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА МІКРОКЛІМАТ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

*Київський національний університет будівництва і архітектури  
проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна; 02000  
jurij.zurupa@gmail.com; tetiana.nehrii@gmail.com*

**Abstract.** The issue of microclimate pollution by pathogenic microorganisms is very acute. In the existing hygienic classification of labor, the harmful production biological factor is considered mainly for specialized enterprises and premises. We propose to consider the concept of a biological factor more broadly for all types of premises where people are and work. It is possible to mitigate and prevent the spread of pathogenic microflora in the air by introducing a properly selected range of phytoncidal plants. These studies are conducted at the Department of environmental protection technologies and labour safety of KNUCA.

Згідно з Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#n212>) шкідливий виробничий фактор – це фактор середовища або трудового процесу, вплив якого на працівника за певних умов (інтенсивність, тривалість дії тощо) може спричинити професійне або виробничо обумовлене захворювання, тимчасове або стійке зниження працездатності, підвищення частоти соматичних та інфекційних захворювань, призвести до порушення здоров'я як працівника, так і його нащадків. До шкідливих виробничих факторів відносяться фізичні, хімічні, біологічні фактори та фактори трудового процесу.

Ще наприкінці ХХ століття було доведено, що більшу частину часу люди проводять на робочому місці у закритому приміщенні. Часто мікроклімат приміщень здається безпечним сучасним середовищем, комфортним для роботи та здоров'я людини. Але в сучасних приміщеннях на працюючого діє багато небезпечних факторів.

Ще у 1986 році Всесвітньою організацією з охорони здоров'я був запроваджений термін «синдром хворої будівлі» (СХБ). З цим синдромом пов'язують зниження продуктивності праці на робочому місці ([www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/sick\\_building\\_factsheet.pdf](http://www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/sick_building_factsheet.pdf)). СХБ - це захворювання, при якому здорові люди, перебуваючи всередині будівлі, відчувають ті чи інші симптоми хвороби або почуваються погано без видимої причини. Ці симптоми, як правило, посилюються при тривалому знаходженні в будівлі, і знижуються або зникають, коли люди виходять з будівлі. СХБ може бути спричинений різними шкідливими виробничими факторами. Але ми хочемо зосередити свою увагу на біологічних факторах. У наведеній вище класифікації, до біологічних факторів відносять мікроорганізми - продуценти, живі клітини та спори мікроорганізмів, що містяться в бактеріальних препаратах, а також патогенні мікроорганізми. У додатку 3 класифікації (Класи умов праці залежно від вмісту в повітрі робочої зони шкідливих чинників біологічного походження) йдеться про роботу в спеціалізованих установах: медичних, інфекційних, туберкульозних, ветеринарних установах та підрозділах, спеціалізованих господарствах для хворих тварин. Однак всі сучасні приміщення постійно схильні до загрози поширення вірусних і бактеріальних інфекцій. Особливо це актуально в осінньо-зимовий період. Як один із варіантів вирішення цієї проблеми є поліпшення мікроклімату приміщень завдяки впровадженню фітонцидних рослин.

Кафедрою технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці КНУБА проводяться дослідження щодо дії фітонцидних рослин на кількість колоній мікроорганізмів у повітрі приміщення зимового саду. Ці дослідження дозволять рекомендувати асортимент фітонцидних рослин для покращення якості повітря та зниження дії шкідливих виробничих факторів.

КРАЙНОВ І.П., САБАДАШ В.В. ( УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВІДНЕСЕННЯ ПРАВОПОРУШЕНЬ ПРОТИ ДОВКІЛЛЯ ДО ЮРИСДИКЦІЇ МІЖНАРОДНОГО КРИМІНАЛЬНОГО СУДУ

*Національний науковий центр «Інститут судових експертиз ім. Засл. аrof. Н.С. Бокаріуса», 61177, м. Харків, вул. Золочівська, 8-А, nnice@nnice.org.ua*

**Abstract.** The report focuses on methodical recommendations for the appointment and conduct of forensic engineering and environmental expertise, which is appointed in criminal proceedings regarding war crimes against the natural environment of Ukraine, with the aim of obtaining an expert opinion that can become evidence in international court proceedings.

В процесі широкомасштабної агресії РФ виникає необхідність отримання доказів, що нанесення шкоди довкіллю має метою викликати катастрофічні екологічні наслідки. З метою отримання таких доказів призначається судова інженерно-екологічна експертиза (далі СІЕЕ). Якщо зміст дослідження та висновок СІЕЕ буде відповідати положенням міжнародних природоохоронних конвенцій (далі МПК), статтям міжнародного гуманітарного права (далі МГП) і Римського статуту Міжнародного кримінального суду (далі РС МКС), то з'являється перспектива, використання висновку СІЕЕ, як доказу в МКС при судовому провадженні щодо воєнних злочинів проти природного середовища України вчинених посадовими особами РФ. Відповідність експертного дослідження та висновку експерта вимогам МГП та статтям РС МКС може бути досягнена тільки при умові, якщо в постанові про призначення експертизи буде визначено об'єкт, предмет, завдання експертизи та питання, що ставляться на вирішення експерту термінологічно та по суті у відповідності до термінів та сутності норм МГП. В цьому випадку експерту необхідно проводити експертне дослідження за нормами відповідних вітчизняних нормативно-правових актів, положень МГП та МПК. При проведенні експертного дослідження експерт повинен враховувати, що міжнародні нормативно-правові акти, які ратифіковані Україною, мають юридичну перевагу перед вітчизняними, за винятком Конституції України. На жаль наше природоохоронне законодавство має значні неузгодженості з кримінальним законодавством, яке, в свою чергу має неузгодженості та протиріччя з МГП. В першу чергу це стосується найбільш важкої екологічної статті Кримінального кодексу України, а саме статті 441 «Екоцид». Поняття «Екоцид» відсутній в МГП та вітчизняному законодавству, якому не відповідають також більшість термінів, а деякі поняття помилкові, наприклад, «отруєння атмосфери». Але аналіз показує, що вона може бути використана для визначення об'єкту, предмету, завдань експертного дослідження та питань, що вирішуються СІЕЕ, а експерту дає можливість провести дослідження та сформулювати висновок у відповідності до вітчизняного законодавства, статей МГП та РС МКС. Така думка заснована на «екологічному» аналізі статей Конституції України, яка має законодавчі переваги перед усіма чинними в Україні нормативно-правовими актами. Законодавець в тексті Конституції використовує різні терміни для визначення середовища України, наприклад, «Земля, її надра, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси» - ст. 13; «земля» – ст. 41, 142; «довкілля» – ст. 50, 85; «природа» – ст. 66, 116; «землі України» – вступна частина. Така різноманітність термінів дає можливість, на наш погляд, визначити об'єкт, предмет, завдання та питань, що вирішуються СІЕЕ, провести експертне дослідження у відповідності до МГП, отримати висновок, що стане доказом в МКС. Для цього необхідно скористатись той частиною статті 441, в якій сказано «...вчинення інших дій, що можуть спричинити екологічну катастрофу». На основі спеціальних знань судовий експерт повинен доказати, що в результаті бойових дій, що були вчинені агресором, могла статися (наприклад, обстріли ЗАЕС) або сталася екологічна катастрофа (наприклад, підриг греблі Оскільського водосховища). Можливість або здійсненність такої екологічної катастрофи безумовно могли призвести або призвели до «масштабної, довготривалої та серйозної шкоди навколишньому природному середовищу». Такий висновок повністю відповідає РС МКС, а саме п.п.IV(b) п. 3, ст.8 РС МКС «Умисне вчинення нападу з усвідомленням того, що такий напад призведе до... масштабної, довготривалої та серйозної шкоди навколишньому природному середовищу...».

Наукове видання

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:  
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.  
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

VIII МІЖНАРОДНИЙ КОНГРЕС  
16-18 жовтня 2024, Україна, Львів

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

Художній редактор  
Обкладинка  
Відповідальна за випуск

Я. Яроченко  
Л. Гудзик  
Н. Вронська

**Цитування:**

Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VIII Міжнародний конгрес, 16-18 жовтня 2024, Україна, Львів : зб. матер. — Електрон. дан. — Київ : ГО «МНГ», 2024. — 237 с. : рис., табл., фот. — on-line. — Режим доступу: <https://inter-sci-guild.org.ua/stalyy-rozvytok-zakhyst-navkolyshnoho-seredovyshcha-enerhooshchadnist-2024>



Видавець: ГО «Міжнародна наукова гільдія» / НВЦ  
publishing.7456@gmail.com / +38 093 923 1410 / Viber, Telegram  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК 7456 від 23.09.2021 року  
**Inter-Sci-Guild** / <https://inter-sci-guild.org.ua/publishing>  
NGO International Scientific Guild

