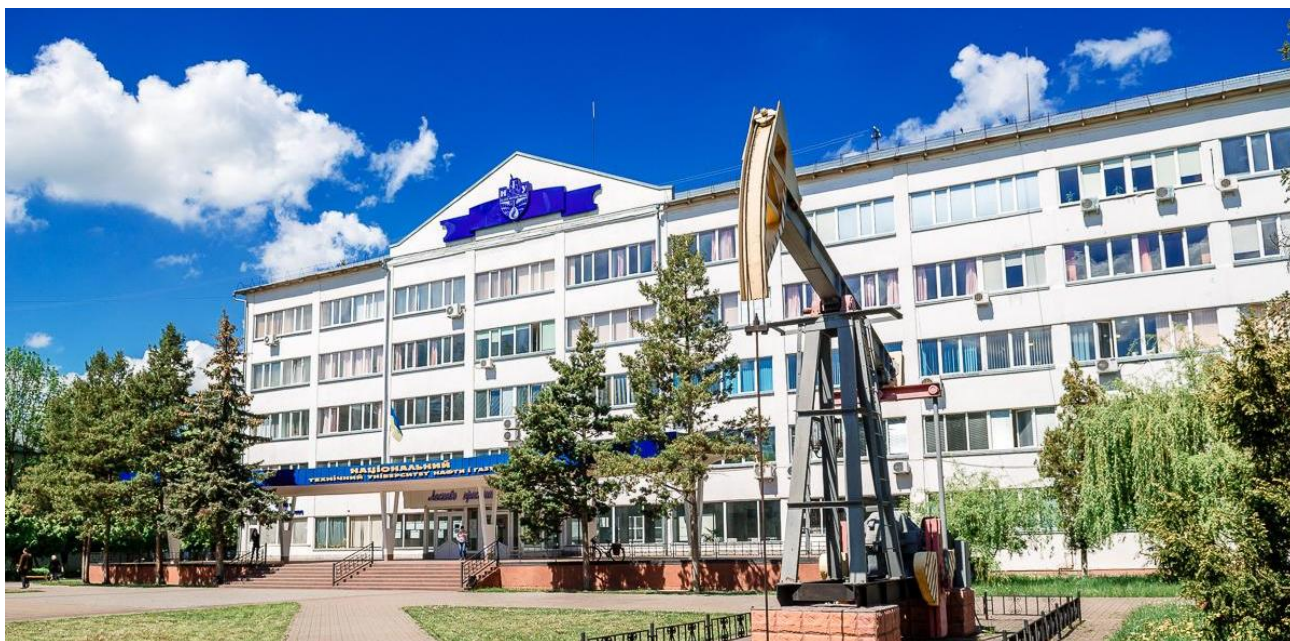




АДАПТАЦІЯ ДО ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН ТА ВИКЛИКІВ: РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

*присвячується 5-ти річчю кафедри Технології захисту
навколишнього середовища та безпеки праці*



**Збірник матеріалів
V Всеукраїнської науково-практичної
конференції здобувачів і молодих вчених**

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу:
Кафедра технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці
Кафедра екології
Центр стратегічного розвитку
Рада молодих учених ІФНТУНГ
у партнерстві з:**

**Департаментом економічного розвитку
екології та енергозбереження Івано-Франківської міської ради,
Центром інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів
атомної енергетики Національної академії наук України,
Карпатським національним університетом ім. В. Стефаника,
Державним вищим навчальним закладом «Ужгородський національний університет»,
Запорізьким національним університетом,
Національним технічним університетом «Дніпровська політехніка»,
Чернівецьким національним університетом імені Юрія Федьковича,
Чорнобильським радіаційно-екологічним біосферним заповідником,
КП "Дністровський регіональний ландшафтний парк імені Сергія Дідича",
Івано-Франківським обласним центром з гідрометеорології,
ПрАТ "Івано-Франківськцемент",
ТОВ «Goodvalley Ukraina»,
Міською дитячою екологічною станцією Івано-Франківської міської ради,
Міжнародною освітньою мережею 4Help VR,
ВГО «Інноваційний університет»,
ГС «Європейське співтовариство з охорони праці»**

АДАПТАЦІЯ ДО ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН ТА ВИКЛИКІВ: РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

**Збірник матеріалів
V Всеукраїнської науково-практичної конференції
здобувачів і молодих вчених**

07 травня 2026 року

Івано-Франківськ, 2026

«Адаптація до глобальних змін та викликів: ресурсоефективні технології та захист довкілля»: Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів і молодих вчених, м. Івано-Франківськ, 7 травня 2026 р. Івано-Франківськ. Відповід. за вип.: Т. М. Яцишин, Г. М. Грицуляк, М.М. Орфанова, Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2026. 206с.

Матеріали друкуються в авторській редакції. Відповідальність за змістовне наповнення, науковий рівень, наявність плагіату, автентичність цитат, правильність оформлення посилань, грамотність тощо несуть автори поданих матеріалів.

Рецензенти:

Артемчук Володимир, заступник директора з науково-організаційної роботи, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, д.т.н., с.н.с.

Бойчук Володимира, професор кафедри прикладної фізики і матеріалознавства Карпатського національного університету ім. В.Стефаника, д.фіз.-мат.н.

Приходько Микола, завідувач кафедри геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, д.г.н., проф.

Редакційна колегія:

к.т.н., доц. Кривенко Галина, к.б.н., доц. Лялюк-Вітер Галина, к.х.н., доц. Калин Тетяна, к.т.н., доц. Москальчук Наталія, к.фіз.-мат.н., доц. Коцюбинський Андрій, к.т.н., доц. Витвицький Василь, доц. Шиманський Володимир, ас. Василів Наталія.

Комп'ютерна верстака: Аршулік Т.

ISBN 978-966-694-531-3

Відповідальні за випуск:

проф. Т. М. Яцишин

доц. Г. М. Грицуляк

доц. М.М. Орфанова

Рекомендовано до друку:

Радюю молодих вчених Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (протокол №3 від 15.05.2026), кафедрою «Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці» (протокол №13 від 13.05.2026), кафедрою екології (протокол №7 від 19.05.2026)

Збірник матеріалів містить тези доповідей, поданих на Всеукраїнську науково-практичну конференцію здобувачів і молодих вчених «Адаптація до глобальних змін та викликів: ресурсоефективні технології та захист довкілля. У доповідях конференції розглянуті актуальні питання таких напрямів: ресурсоефективні технології та інновації у захисті довкілля, екологічна безпека та адаптація екосистем до глобальних змін, цифрові технології для екологічного моніторингу та стійкого розвитку. Збірник адресовано всім, хто цікавиться сучасними науковими дослідженнями за згаданими вище напрямками.

Подяка. Автори публікації вдячні захисникам України за можливість продовжувати працювати та займатися науковою і викладацькою діяльністю у період війни.

ISBN 978-966-694-531-3

© Колектив авторів, 2026

© Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2026

Зміст

СЕКЦІЯ 1 “РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІННОВАЦІЇ У ЗАХИСТІ ДОВКІЛЛЯ”	11
Дмитрів А.П., Чала Н.В. Яцишин Т.М. РОЛЬ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ «ЕКОЛОГІЯ» ТА «ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА» У ЗБАЛАНСОВАНОМУ ПРОМИСЛОВОМУ РОЗВИТКУ.....	11
Дарчі О., Шиманський В.Я., Баран Б.Б. ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ КОМПОНЕНТІВ ДОВКІЛЛЯ.....	14
Довгалиук О. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ І КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ В МЕЖАХ ВПЛИВУ АВТОЗАПРАВНОЇ СТАНЦІЇ.....	16
Зомчак С.В., Василів Н.Ю. ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	18
Кандзьоба О.Ю., Яцишин А.В. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО УТИЛІЗАЦІЇ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ.....	21
Каюк С., Грицуляк Г.М., Фелик К.Я. РАЦІОНАЛЬНЕ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	23
Мелешенко Р.Г., Ковач В.О., Куценко В.О., Драгунцов Р.І. ОПЕРАТИВНИЙ КОНТРОЛЬ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ЯК ЗАСІБ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОЖЕЖ І ВИБУХІВ НА ОБ’ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	25
Крамар Є.О., Кривенко Г. М. ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЯМ ТА ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ.....	27
Кузнєцов В. А., Мішук К. М. СТРАТЕГІЇ ЗНИЖЕННЯ CO ₂ -ВИКИДІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БЕТОНІВ.....	28
Лукинюк А. Ю., Кривенко Г. М. ДЖЕРЕЛА ВПЛИВІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПІД ЧАС БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН.....	30
Лукинюк А., Василів Н.Ю. ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ.....	31
Магдій А., Василів Н.Ю. ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ.....	33
Марич Т. М. ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ.....	35

Каюк С., Фомічова О.В. ЕКООЧИЩЕННЯ НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ КАРБАМІДОФОРМАЛЬДЕГІДНИМИ СОРБЕНТАМИ З АСФАЛЬТОВИМ АПСАЙКЛОМ.....	37
Scherbyuk M.M., Perkun I.V., Pogrebnyak V.G. GROUNDWATER PROTECTION FROM LEACHATE: APPLICATION OF AN ECOLOGICAL TECHNOLOGY FOR WATERPROOF SCREENS AT WASTE LANDFILLS.....	38
Попов О.О., Куценко В.О. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ GD-ВМІСНИХ БІОПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ НЕЙТРОННОГО ЗАХИСТУ.....	42
Постернак О.С., Постернак І.М. СТАНДАРТИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У БУДІВНИЦТВІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ТЕРИТОРІЙ.....	44
Осташук І., Коцюбинський А. О. ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ НАНОЧАСТИНОК НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ.....	45
Дарчі О., Качала С. В. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ.....	47
Kaiuk S.I., Kachala S.V. LOW-WASTE, ZERO-WASTE, AND RESOURCE-EFFICIENT PRODUCTION.....	49
Майданник Д., Качала С.В. ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ В УМОВАХ ВІЙНИ.....	50
Опарик В., Качала С. В. ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ.....	52
Семчук Я. М., Федоряк Н.В. ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ.....	54
Яцишин Я. Р., Орфанова М.М. БІОНІЧНИЙ ПІДХІД В АРХІТЕКТУРІ ЯК ЗАСІБ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО БАЛАНСУ.....	56
Боднарук Я.С., Ляковська М.Р. ФЕРИТИ ТА ЕФЕКТИВНІ МАГНІТНІ АДСОРБЕНТИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ..	58
Вінтоняк Ю., Ляковська М.Р. ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ПРИДОРОЖНІХ ТЕРИТОРІЙ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ.....	60
Грицуляк В. М., Волошин Ю.Д., Федорко Н.Б. ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД: ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ.	61

Далабожак Л., Ляковська.М.Р ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ФІТОЕКСТРАКЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТУ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ.....	63
Жарська.А.Б., Жара.Б.І., Ляковська.М.Р. ФОСФАТНЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА ҐРУНТИ ВНАСЛІДОК ВИКОРИСТАННЯ МИЮЧИХ ЗАСОБІВ.....	65
Камінський А. П., Лялюк-Вітер Г. Д. ВПЛИВ ВІЙНИ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ.....	67
Лотоцький А. Р., Лялюк-Вітер Г. Д. ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВІЙНИ.....	68
Фаррахов О.В., Лушнікова Н.В., Хапко Ю.Б., Галенда Р.В. ГАЗОГЕОХІМІЧНІ ОЗНАКИ ГЛИБИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ТА УМОВ АКУМУЛЯЦІЇ ПРИРОДНОГО ВОДНЮ.....	70
Щербюк М. М., Кривенко Г. М. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ СКРАПЛЕНИХ ПРИРОДНИХ ГАЗІВ У РЕЗЕРВУАРАХ.....	72
Калин Т.І. ЗЕЛЕНІ ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ З АГРОВІДХОДІВ: ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА МЕХАНІЗМИ ДІЇ.....	74
Лучка В., Яремак І.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДНИХ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ НАФТОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ.....	75
Гладиш Н. Р., Василів Н. Ю. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ, ПОВІТРЯ ТА ҐРУНТІВ.....	77
Грицуляк В.М., Качала С.В. ІНТЕРАКТИВНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ДОВКІЛЛЯ МІСТА.....	80
Гудков О.С. РОЛЬ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ У ПОДОЛАННІ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ.....	82
Yatsyshyn T.M RISK-ORIENTED APPROACH TO SAFETY MANAGEMENT OF ENERGY INFRASTRUCTURE.....	83
Федоришин Д.С., Федоришин С.Д. ГАЗОНОСНІСТЬ РОДОВИЩ БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ.....	85
Линник Д. О., Коцюбинський А. О. МАГНІТНІ НАНОСОРБЕНТИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ.....	87

Федоришин Д.С., Федоришин С.Д. ВИДІЛЕННЯ ТА ОЦІНКА ХАРАКТЕРУ НАСИЧЕННЯ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ВІДКЛАДІВ НАФТОГАЗОКОНДЕНСАТНИХ РОДОВИЩ ДДЗ.....	88
Борсук С., Харченко О. В. ТЕПЛОВІ ЕФЕКТИ ВТОРИННОГО ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО ЛЕГУВАННЯ ТА РАФІНУВАННЯ СТАЛИ.....	90
Фіщич О.М., Федоришин С.Д. ВПЛИВ БУРОВИХ РОЗЧИНІВ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ПОРІД- КОЛЕКТОРІВ.....	91
Брик М., Розсоха К., Галич А., Венгер Л.О. ЗАСТОСУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ НАСЛІДКІВ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ.....	93
СЕКЦІЯ 2 “ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА АДАПТАЦІЯ ЕКОСИСТЕМ ДО ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН”.....	95
Лабецька У.І., Роман Л.Ю. ПОШИРЕННЯ ВИДІВ РОДИНИ ORCHIDACEAE JUSS. У НПП «БОЙКІВЩИНА».....	95
Чемеринська Н.В., Орфанова М.М. МІКРОПЛАСТИК У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ: ДЖЕРЕЛА, ПОШИРЕННЯ ТА ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ.....	96
Білякевич Т.В., Дмитрів В.Я. ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА...	98
Брензович М.В., Пішта І.М., Глух О.С. ОЦІНКА РЕАЛІЗАЦІЇ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НА ЛОКАЛЬНОМУ РІВНІ: КЕЙС МІСТА УЖГОРОД.....	99
Решетняк Є. Д., Грицуляк Г. М. ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ЯК СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ.....	101
Черевко Х.М., Сухарев С.М., Сухарева О.Ю. SQUALUS CERNAUS L. ЯК ЛОКАЛЬНИЙ БІОІНДИКАТОР ЕКОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ ГІРСЬКИХ РІЧОК.....	103
Дівончук У.А., Луньова Є.В., Сисак К.О. МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН І ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЛОКАЛЬНИХ ЗМІН ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	104
Мишілюк І.І., Жук А.В. ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН ТА ІНВАЗІЙНА ЗАГРОЗА В ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕННЯХ РІЗНИХ КАТЕГОРІЙ МІСТА ЧЕРНІВЦІ.....	107
Матаржук А.І., Москальчук Н.М. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	108

Тригуб'як Л.І., Москальчук Н.М. ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	110
Кирилів Б., Орфанова М. М. ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН.....	112
Давидчук Д.В., Орфанова М.М. УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ.....	113
Угриновський І.Т., Крижанівський Є.І. ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В АРХІТЕКТУРІ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИХ СПОРУД ПРИКАРПАТТЯ.....	114
Дмитраш-Вацеба І.І., Капець Н.В. ПРИРОДООРІЄНТОВАНІ РІШЕННЯ В ОЗЕЛЕНЕННІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	116
Стасюк М.І., Дмитрів В.Я. ВПЛИВ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ НА ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ МОЛОДІ В УКРАЇНІ.....	118
Павко Я.А. УКРАЇНСЬКИЙ КЛІМАТИЧНИЙ ОФІС ЯК ІНСТРУМЕНТ СПРИЯННЯ ВИКОНАННЮ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ЗОБОВ'ЯЗАНЬ.....	119
Мальованчук А.В., Москальчук Н.М. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ЗА ДАНИМИ LANDSAT 8/9 В УРБОЕКОСИСТЕМАХ ПРИКАРПАТТЯ.....	121
Бондаренко А.Д., Орфанова М.М. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТПВ ТА ЙОГО АДАПТАЦІЯ ДО УКРАЇНСЬКИХ УМОВ.....	123
Ольхов Б., Москальчук Н.М. РОЛЬ КОГНІТИВНОГО ЕЛЕМЕНТУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ НА ПРИКЛАДАХ БУДІВНИЦТВА ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.....	125
Печена В.Р., Височин М.О. ХИМЕРНІ ОРГАНІЗМИ ТА КСЕНОТРАНСПЛАНТАЦІЯ: ВПЛИВ ЛЮДИНИ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ.....	128
Шеремета В.І., Височин М.О. ВПЛИВ ВІЙНИ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ЗАПОВІДНІ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ.	129
Гураль В.І., Мельник О.Б., Мосюк М.І., Височин М.О. ОЦІНКА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПИТНОЇ ВОДИ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ ЇЇ ОЧИЩЕННЯ.....	131
Северинчик В., Орфанова М.М. ЕКОЛОГІЧНА КУЛЬТУРА, ОСВІТА ТА СВІДОМІСТЬ.....	134

Яцишин А.В., Яцишин Т.М., Коваленко О.М., Куценко В.О. МОДЕЛІ ТА МОДЕЛЮЮЧІ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ НЕРАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ АЕС НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ.....	135
Бондаренко А.Д., Височин М.О. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЕКОСИСТЕМ КРАМАТОРСЬКА ТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА В УМОВАХ РІЗНОГО РІВНЯ УРБАНІЗАЦІЇ.....	137
Мельничук Т.В., Мельничук-Володькіна В.В., Косько Ю.С. 10-РІЧЧЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРИРОДООХОРОННОЇ ТЕРИТОРІЇ В КОНТЕКСТІ ВИКЛИКІВ СУЧАСНОГО СВІТУ.....	141
Черевко Х.М., Сухарев С.М., Сухарева О.Ю. SQUALIUS CERHALUS L. ЯК ЛОКАЛЬНИЙ БІОІНДИКАТОР ЕКОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ ГІРСЬКИХ РІЧОК.....	143
Торський О.І., Мандрик О.М. ГЕОПРОСТОРОВА ОЦІНКА ДИНАМІКИ ЛІСОМЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ ПРИКАРПАТТЯ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ТА ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ.....	145
Зварич А., Качала Т.Б. ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ НА ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ.....	147
Дімітрієв Р., Качала Т.Б. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДНІ РЕСУРСИ У ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ.....	149
Козира В., Качала Т.Б. ГІС ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ.....	150
Коржак І., Качала Т.Б. СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ОЗЕЛЕНЕННЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ.....	152
Осадчий В., Качала Т.Б. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ».....	153
Смик О., Качала Т.Б. СУЧАСНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	155
Чернявська О., Качала Т.Б. ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕРИТОРІЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ.....	156
Караванович Х. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ГРУНТІВ ПРИКАРПАТТЯ ВІД НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....	157
Юрків В.М., Сисак К.О. ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ ПРИФРОНТОВИХ ТЕРИТОРІЙ СУМЩИНИ.....	160

Дригулич С.П., Орфанова М.М. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ОБ'ЄКТАМИ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ	165
Бенюк І.Б., Орфанова М.М. СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ	166
Гатич Т.А., Орфанова М.М. РОЛЬ ОЗЕЛЕНЕННЯ У МІКРОКЛІМАТІ ПРАГИ.....	167
Аданік О., Галич А., Маханько Р., Белоконь К.В. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ВОЄННИХ ТА ІНДУСТРІАЛЬНИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ І ДЕМОГРАФІЧНОГО СТАНУ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ..	168
Розсоха К., Аданік О., Маханько Р., Белоконь К.В. ОЦІНЮВАННЯ ВОЄННИХ РИЗИКІВ ДЛЯ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ.....	170
Дзеса М., Сисак К.О. ГЕОЛОГІЧНА ПАМ'ЯТКА ПРИРОДИ «СТАРУНЯ» - ОСНОВА ПАРКУ ЛЬОДОВИКОВОГО ПЕРІОДУ НА ПРИКАРПАТТІ.....	171
Юрків В.М., Сисак К.О. ЗСУВНІ ТА КАРСТОВІ ПРОЦЕСИ У ДНІСТРОВСЬКОМУ КАНЬЙОНІ.....	174
Василів Н.Ю. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА РІВНЕМ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ.....	176
СЕКЦІЯ 3 “ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТА СТІЙКОГО РОЗВИТКУ”	178
Гнатишин І., Мандрик О.М. ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПАВОДКОВИХ ПРОЦЕСІВ В МЕЖАХ РІЧКОВОГО БАСЕЙНУ ДНІСТРА.....	178
Hrytsuliak V., Ionane N. USING DIGITAL SENSOR SYSTEMS TO MONITOR THE ECOLOGICAL STATE OF THE ENVIRONMENT.....	180
Kaiuk S., Tetiana H., Kupchak N. DIGITAL PLATFORMS FOR MONITORING THE STATE OF THE ENVIRONMENT.....	182
Matsola M., Kaziuka N., Khudik I., Soyko Y. DIGITAL PLATFORMS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE CONDITIONS OF SMART SOCIETY TRANSFORMATION.....	184
Kaziuka N., Sheketa Y., Panchuk A., Cherevko E. INNOVATIVE DIGITAL PLATFORMS FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF GLOBAL DIGITALIZATION.....	186
СЕКЦІЯ 4 “ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІННОВАЦІЇ ДЛЯ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ ЗЕМЛІ”	189

Ілюк М.Я., Галюк М.Я. ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ.....	189
Когут С.А., Галюк М.Я. ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ЯК ПРИРОДООРІЄНТОВАНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ.....	190
Галюк П.О., Галюк М.Я. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ТА СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛА.....	192
Чупірчук В., Бадай В. Я. ДИНАМІКА ТЕМПЕРАТУР У КОНТЕКСТІ ЗМІНИ КЛІМАТУ В МІСТІ ІВАНО- ФРАНКІВСЬКУ	194
РЕЗОЛЮЦІЯ.....	196
Робочі моменти Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів і молодих вчених АДАПТАЦІЯ ДО ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН ТА ВИКЛИКІВ: РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ.....	199

СЕКЦІЯ 1

“РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІННОВАЦІЇ У ЗАХИСТІ ДОВКІЛЛЯ”

УДК: 502.131:338.45

Дмитрів А.П.¹

головний еколог

Чала Н.В.²

провідний інженер з екологічної та радіаційної безпеки Групи екологічної
безпеки²

Яцишин Т.М.^{3,4}

д.т.н., професор кафедри Технології захисту навколишнього середовища та
безпеки праці, с.н.с.

¹ПрАТ «Івано-Франківськцемент»

²Філія "УГВ-Сервіс" АТ "Укргазвидобування"

³Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

⁴Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики НАН України

РОЛЬ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ «ЕКОЛОГІЯ» ТА «ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА» У ЗБАЛАНСОВАНОМУ ПРОМИСЛОВОМУ РОЗВИТКУ

Промисловий сектор України в сучасних умовах зазнає суттєвих трансформацій, зумовлених як внутрішніми викликами, так і зовнішніми зобов'язаннями держави. Відновлення економіки, модернізація виробництва та підвищення конкурентоспроможності на міжнародних ринках безпосередньо пов'язані з необхідністю дотримання екологічних вимог. Сучасна передова промисловість спрямована на забезпечення ефективного функціонування та досягнення сталого розвитку в балансі зі зменшенням негативного впливу на довкілля та екологічних ризиків у процесі виробничої діяльності, гармонізацію економічних інтересів підприємств з екологічними та соціальними інтересами суспільства, цей аспект неодмінно вимагає впровадження екологічних міжнародних та європейських стандартів та забезпечення функціонування системи екологічного управління згідно з вимогами міжнародного стандарту ISO 14001:2015.

У цьому контексті особливої актуальності набуває підготовка висококваліфікованих фахівців, здатних забезпечити ефективне управління впливом промисловості на довкілля та впровадження Системи екологічного управління у всі бізнес-процеси підприємства, забезпечення ризик-орієнтовного підходу та їх постійне вдосконалення; дотримання принципу динамічного економічного розвитку при максимально раціональному використанні природних ресурсів, збереження біорізноманіття, зменшення факторів

антропогенного впливу на зміну клімату, а також розробка та впровадження галузевих екологічних норм та стандартів, які відповідають державним або міжнародним вимогам. Водночас у практичній діяльності підприємств спостерігається певний парадокс: фахівець-еколог, який працює на виробництві, фактично повинен поєднувати у собі компетентності двох різних спеціальностей — «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища». З одного боку, він має здійснювати екологічний моніторинг, розрахунок викидів, підготовку звітності, розроблення дозвільної документації; моніторити зміни в законодавстві та контролювати їх інтеграцію на підприємстві та неодмінно приймати участь у розробці та впровадженні галузевих екологічних норм та стандартів, які відповідають державним або міжнародним вимогам. З іншого — повинен розуміти технологічні процеси, принципи роботи очисного обладнання та можливості впровадження інженерних рішень для зниження негативного впливу на довкілля та прораховувати економічний аспект для розвитку підприємства. Вміти управляти екологічними ризиками за допомогою ідентифікації та оцінки суттєвих екологічних аспектів і впливів, за рахунок впровадження та моніторингу заходів з їх попередження або усунення. Та разом вони повинні працювати над безперервним покращення екологічної результативності, ставлячи екологічні цілі та реалізуючи відповідні екологічні програми, спрямовані на постійне вдосконалення системи екологічного менеджменту.

Така ситуація свідчить про те, що розмежування цих спеціальностей у підготовці кадрів не відповідає реальним потребам промислового сектору. Ефективна діяльність у сфері охорони довкілля на підприємстві можлива лише за умови синхронізації екологічних знань та інженерних підходів. Відсутність такої інтеграції призводить до формального виконання екологічних вимог без досягнення реального ефекту або до впровадження технічних рішень без належного наукового обґрунтування.

Додатковим чинником, що посилює цю потребу є євроінтеграційний курс України. У рамках наближення до Європейського Союзу держава бере на себе зобов'язання щодо імплементації екологічного законодавства ЄС, зокрема у сфері промислових викидів, моніторингу та звітності парникових газів, а також запровадження механізмів регулювання вуглецевого сліду продукції. Це вимагає від підприємств не лише точного обліку екологічних показників, але й реального скорочення впливу на довкілля через впровадження сучасних технологій. Отже, взаємозв'язок і синхронізація спеціальностей «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» є критично важливими для формування ефективної системи екологічного управління в промисловості України та виконання міжнародних зобов'язань держави (Табл. 1). Без екології — немає розуміння проблеми. Без технологій — немає її вирішення.

Практика промисловості України та ЄС демонструє, що ефективна екологічна політика на підприємстві можлива лише за умови глибокої інтеграції екологічного аналізу та інженерних технологій захисту.

Таблиця 1 - Основні напрями взаємодії фахівців з екології та технологій захисту довкілля у промисловості

Напрямок взаємодії	Функція еколога	Функція фахівця з технологій захисту довкілля	Практичний результат
Екологічний моніторинг викидів	Виявляє перевищення нормативів, формує звітність, фіксує порушення, прораховує збитки у вигляді сплаченого екоподатку	Аналізує проблеми що виникли в промислових процесах. Працює з виробничниками задля пошуку рішення. Підбирає або модернізує газоочисне обладнання	Реальне зниження викидів, а не лише констатація порушення
Модернізація газоочисних систем	Аналізує склад викидів, сезонні коливання, екологічні ризики	Проектує технічне рішення відповідно до фактичних параметрів	Досягнення нормативної ефективності очищення
СВАМ та вуглецеве регулювання	Розраховує викиди CO ₂ , визначає вуглецевий слід продукції	Обґрунтовує технологічне походження викидів і заходи їх скорочення	Відповідність вимогам експорту до European Union
Оборотне водопостачання	Досліджує та оцінює якість стічних вод і нормативи скиду, контролює облік. Отримує дозвільну документацію	Проектує системи флотації, біологічного очищення, повторного використання води та можливість отримання дозвільної документації	Зменшення водоспоживання та досягнення нормативів
Поводження з відходами	Класифікує відходи, визначає їх небезпечність і коди, розробляє та затверджує План управління відходами на підприємстві згідно законодавчих вимог	Розробляє рішення з повторного використання, перероблення, відновлення або видалення. Формує План управління відходами та контролює його виконання, вносить технологічні зміни	Скорочення обсягів відходів і раціональне ресурсокористування
Системний рівень управління впливом	Вимірює, оцінює, нормує вплив на довкілля	Аналізує та змінює технологічний процес для зменшення впливу	Системне екологічне управління та відповідність сучасним вимогам

Саме тому синхронізація цих спеціальностей є не освітнім питанням, а умовою реальної екологічної ефективності виробництва та неодмінною складовою сучасної передової промисловості.

Дарчі О.¹
Студентка групи ТЗ-25-1
Шиманський В.Я.¹
доцент
Баран Б.Б.²
викладач

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

² Івано-Франківський фаховий коледж Львівського національного університету
природокористування

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ КОМПОНЕНТІВ ДОВКІЛЛЯ

Сучасний стан довкілля формується під впливом інтенсивної господарської діяльності, урбанізації, розвитку промисловості, транспорту, енергетики, сільського господарства, а також наслідків надзвичайних ситуацій і воєнних дій. У таких умовах особливого значення набуває своєчасне отримання достовірної інформації про якісний стан атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтового покриву, біоти та інших компонентів навколишнього природного середовища. Традиційні методи екологічного моніторингу, що базуються переважно на періодичному відборі проб і лабораторному аналізі, залишаються важливими, однак не завжди дають змогу оперативно реагувати на раптові зміни екологічної ситуації. Саме тому дедалі більшого значення набуває автоматизований моніторинг, який забезпечує безперервне або регулярне вимірювання показників довкілля за допомогою сенсорів, автоматичних станцій, геоінформаційних систем, супутникових даних і цифрових платформ обробки інформації.

Метою роботи є обґрунтування доцільності застосування автоматизованого моніторингу для оцінювання стану компонентів довкілля та визначення його переваг у системі екологічного контролю й управління природоохоронною діяльністю. Автоматизований моніторинг довкілля можна розглядати як систему спостережень, збору, передачі, обробки та аналізу екологічної інформації з використанням технічних засобів і програмного забезпечення. Його застосування дозволяє отримувати дані в режимі реального часу або з мінімальною затримкою, що є надзвичайно важливим для виявлення забруднення, прогнозування ризиків і прийняття управлінських рішень. Основними об'єктами автоматизованого моніторингу є атмосферне повітря, поверхневі та підземні води, ґрунти, біологічні компоненти довкілля та урбанізовані території. Під час контролю атмосферного повітря автоматизовані системи можуть визначати концентрації пилу, оксидів азоту, оксидів сірки, чадного газу, озону, летких органічних сполук та інших забруднювальних речовин. Для водних об'єктів важливими показниками є температура, водневий показник рН, електропровідність, розчинений кисень, мутність і вміст окремих

хімічних речовин. У ґрунтовому середовищі автоматизовані засоби можуть використовуватися для спостереження за вологістю, температурою, кислотністю, засоленістю та наявністю токсичних елементів. Для біологічних компонентів довкілля важливим є оцінювання змін рослинного покриву, стану лісів, водно-болотних угідь та агроєкосистем. В умовах міст автоматизований моніторинг може застосовуватися для контролю шумового забруднення, якості повітря, теплових аномалій і стану зелених зон.

Особливо ефективним є поєднання автоматизованих наземних систем спостереження з методами дистанційного зондування Землі. Супутникові знімки, аерофотозйомка та дані з безпілотних літальних апаратів дозволяють оцінювати зміни великих територій, виявляти деградацію земель, вирубування лісів, забруднення водних об'єктів, підтоплення, пожежі та інші екологічно небезпечні процеси. Важливим елементом автоматизованого моніторингу є використання геоінформаційних систем. ГІС-технології дають змогу не лише накопичувати екологічні дані, а й візуалізувати їх у вигляді карт, моделей, просторових схем і прогнозів. Це значно полегшує аналіз екологічної ситуації, визначення зон ризику та планування природоохоронних заходів.

Застосування автоматизованого моніторингу має низку суттєвих переваг. Насамперед це оперативність отримання інформації, оскільки дані можуть надходити в режимі реального часу, що дозволяє швидко реагувати на аварійні викиди, скиди чи інші небезпечні події. Важливою перевагою є також безперервність спостережень, адже автоматизовані системи забезпечують постійний контроль за змінами екологічних показників. Накопичення значних масивів даних сприяє підвищенню точності аналізу, виявленню сезонних коливань, довгострокових тенденцій і причинно-наслідкових зв'язків між діяльністю людини та станом довкілля. Крім того, автоматизація процесів збору й передачі інформації зменшує вплив людського фактора та знижує ризик помилок під час вимірювання й обробки даних. На основі отриманих цифрових даних можна створювати моделі поширення забруднювальних речовин, оцінювати екологічні ризики та прогнозувати можливі зміни стану довкілля. Разом із тим упровадження автоматизованого моніторингу супроводжується певними проблемами. До них належать висока вартість обладнання, необхідність регулярного технічного обслуговування, калібрування сенсорів, захисту даних і підготовки фахівців для роботи з цифровими системами. Також важливо забезпечити сумісність результатів автоматизованих вимірювань із даними лабораторних досліджень, оскільки автоматизовані методи не завжди можуть повністю замінити класичні аналітичні підходи. Для підвищення достовірності екологічної інформації доцільним є комплексне використання автоматизованого моніторингу, лабораторного контролю, дистанційного зондування та аналітичних цифрових

Автоматизований моніторинг є перспективним напрямом розвитку сучасної системи екологічного контролю. Його застосування дозволяє оперативно оцінювати стан компонентів довкілля, виявляти джерела забруднення, прогнозувати екологічні ризики та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Найбільшу ефективність автоматизований моніторинг має

за умови поєднання наземних сенсорних систем, лабораторного контролю, дистанційного зондування Землі, ГІС-технологій і цифрових платформ аналізу даних. У перспективі такі системи можуть стати основою для створення відкритої, прозорої та ефективної моделі екологічного управління на місцевому, регіональному й національному рівнях.

Перелік використаних джерел

1. Постанова Кабінету Міністрів України "Про Єдину екологічну платформу "ЕкоСистема"" від 11.10.2021 № 1065, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1065-2021-п#Text>
2. Веб-сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, <https://mepr.gov.ua/news/38209.html>
3. Веб-сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, <https://mepr.gov.ua/news/39208.html>

УДК 624.131:504.5:620.193

Довгалюк О. В.
Аспірант групи А183-23

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ І КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ В МЕЖАХ ВПЛИВУ АВТОЗАПРАВНОЇ СТАНЦІЇ

Автозаправні станції належать до об'єктів локального техногенного впливу на навколишнє середовище, оскільки під час їх експлуатації існує ризик потрапляння у ґрунтове середовище нафтопродуктів, мастильних матеріалів, протиожезедних реагентів, завислих речовин, важких металів та інших забруднювачів, пов'язаних із рухом і обслуговуванням автотранспорту. Особливу небезпеку становлять незначні, але тривалі за часом витіки пального з резервуарів, паливороздавальних колонок, трубопроводів або системи збору поверхневих стоків. Унаслідок цього в межах впливу АЗС формується техногенно змінене ґрунтове середовище, яке може характеризуватися погіршенням фізико-механічних властивостей і підвищенням корозійної активності щодо підземних металевих конструкцій [1, 2].

Метою дослідження є оцінювання фізико-механічного стану ґрунтів та визначення їхньої потенційної корозійної активності в зоні впливу автозаправної станції. Для досягнення цієї мети доцільно визначати гранулометричний склад ґрунтів, їхню вологість, щільність, пористість, пластичність, кислотність, електропровідність, питомий електричний опір, а також наявність ознак забруднення нафтопродуктами. Саме ці показники дають змогу комплексно

оцінити стан ґрунтового середовища та встановити, наскільки воно є небезпечним з екологічної та інженерної точок зору [2].

Фізико-механічний стан ґрунтів є важливим показником їхньої стійкості до техногенного навантаження. Потрапляння нафтопродуктів у ґрунт може змінювати його природну структуру, знижувати водопроникність, порушувати повітряно-водний режим, впливати на зчеплення частинок і змінювати показники міцності. Забруднені ґрунти часто набувають неоднорідної або ущільненої структури, що негативно впливає на їхні інженерно-геологічні характеристики. Такі зміни можуть бути особливо небезпечними для територій, де розміщені резервуари, трубопроводи, фундаменти споруд та інші елементи інфраструктури автозаправної станції [1].

Корозійна активність ґрунтів визначається сукупністю їхніх фізико-хімічних властивостей, зокрема вологістю, кислотністю, вмістом розчинних солей, електропровідністю, аерацією, наявністю органічних забруднювачів і мікробіологічною активністю. У межах впливу автозаправної станції корозійна небезпека може зростати через накопичення хлоридів, сульфатів, залишків палива, мастильних матеріалів та інших речовин, які здатні прискорювати руйнування металевих трубопроводів, резервуарів і захисних покриттів. Особливо важливим показником є питомий електричний опір ґрунту: чим він нижчий, тим вищою може бути здатність ґрунтового середовища проводити електрохімічні процеси, що сприяють корозії металів. Для проведення такого дослідження доцільно здійснювати відбір проб ґрунту на різній відстані від потенційних джерел забруднення, зокрема поблизу паливороздавальних колонок, резервуарного парку, зони зливу пального, зливової каналізації та на контрольній ділянці, розташованій за межами безпосереднього впливу АЗС. Порівняння отриманих результатів дає змогу встановити просторові закономірності зміни властивостей ґрунту, визначити найбільш забруднені ділянки та оцінити рівень корозійної небезпеки для підземних конструкцій [1, 2].

Очікується, що найбільші зміни фізико-механічних властивостей і підвищена корозійна активність ґрунтів проявлятимуться у місцях можливого накопичення нафтопродуктів, поверхневого стоку та технологічних втрат пального. На таких ділянках можуть спостерігатися підвищена вологість, зростання електропровідності, зниження питомого електричного опору, зміна кислотності та погіршення структурного стану ґрунтового покриття. Це свідчить про необхідність регулярного контролю стану ґрунтів на територіях автозаправних станцій, особливо в місцях розташування підземних резервуарів і комунікацій.

Дослідження фізико-механічного стану ґрунтів і їхньої корозійної активності в межах впливу автозаправної станції має важливе екологічне та інженерне значення. Воно дозволяє оцінити рівень техногенного навантаження, виявити потенційно небезпечні ділянки, визначити ризики для підземних металевих конструкцій і розробити заходи щодо запобігання подальшому забрудненню. До таких заходів належать систематичний моніторинг стану ґрунтів, контроль герметичності резервуарів і трубопроводів, облаштування ефективної системи збору та очищення поверхневого стоку, своєчасна

рекультивация забруднених ділянок і застосування антикорозійного захисту підземних комунікацій. Таким чином, комплексне вивчення ґрунтового середовища в зоні АЗС є необхідною умовою екологічно безпечної експлуатації таких об'єктів і зменшення їхнього негативного впливу на довкілля.

Перелік використаних джерел

1. Дегтярьов В.В. Ґрунтові маркери для лісорослинної оцінки малопродуктивних земель / В.В. Дегтярьов, С.П. Распопіна // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. : Лісівництво та декоративне садівництво. – 2015. – Вип. 219. – С. 79–84 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvpau_lis_2015_219_13.

2. Дегтярьов В.В. Гранулометричний склад як індикатор з оцінки лісорослинного потенціалу піщаних ґрунтів України / В.В. Дегтярьов, С.П. Распопіна // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Сер. : Лісове господарство [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/3c1487b1-4862-4403-a7ea-904fde361fd9/content>

УДК 620.9

Зомчак С.В.

студент групи Б-22-3

Василів Н.Ю.

асистент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Україна стоїть на порозі трансформації та великих технологічних змінам в сфері енергетики. Це пов'язано не тільки з визначеними стратегічними пріоритетами в руху до стійкої та екологічної енергетики, але із масштабними руйнуваннями енергетичної інфраструктури внаслідок російської збройної агресії. В процесі відновлення після війни Україна зможе використовувати сучасні енергетичні технології як засіб для структурної перебудови всієї економіки. Проблеми у сфері енергетики, такі як висока залежність від імпорту, неякісна інфраструктура та низька енергоефективність, призводять до дисбалансів в українському суспільстві [1]. Для вирішення цих проблем і встановлення балансу у сфері енергетики та на ринку енергопродуктів необхідно негайно впроваджувати інновації, що дозволять поетапно модернізувати існуючу модель енергетичної галузі.

Питання енергетики стає ключовим в обговореннях перспектив розвитку для багатьох цивілізованих країнах, оскільки стан та потенціал енергетичного сектору безпосередньо впливає на економічний, соціальний і технологічний

прогрес окремих підприємств, міст, регіонів та країн в цілому. В Україні на сьогоднішній день актуальність цього питання швидко зростає. В енергетичному балансі країни переважає використання вугілля та природного газу. Тому надзвичайно важливим є проблема, яка пов'язана з досягненням енергетичної незалежності за допомогою вітчизняних підприємств. Системи забезпечення енергією наразі переходять до використання нових енергетичних технологій, а саме до технологій зеленої енергетики. В країнах ЄС цей перехід споживачів отримав назву «енергетичного переходу», який полягає у стимулюванні зміни старої технологічної бази енергозабезпечення. Пріоритетами цієї політики є поступова відмова від використання викопного палива та поширення використання відновлюваних джерел енергії й розвиток технології штучного інтелекту (ШІ)

Зелена енергетика є одним із ключових напрямів забезпечення сталого розвитку сучасного суспільства. Вона базується на використанні відновлюваних джерел енергії, які мають мінімальний негативний вплив на навколишнє природне середовище та сприяють зменшенню залежності від викопних палив. До основних видів зеленої енергетики належать сонячна, вітрова, гідроенергетика, біоенергетика та геотермальна енергетика [2-3].

Основною перевагою зеленої енергетики є скорочення викидів парникових газів, що дозволяє зменшити темпи глобальної зміни клімату. Використання екологічно чистих джерел енергії сприяє покращенню якості повітря, зниженню рівня забруднення довкілля та збереженню природних ресурсів. Крім екологічного аспекту, розвиток зеленої енергетики має важливе економічне та соціальне значення, оскільки стимулює створення нових робочих місць, розвиток інноваційних технологій та підвищення енергетичної безпеки держави.

Сонячна енергетика є одним із найбільш перспективних напрямів відновлюваної енергетики. Вона передбачає використання сонячних панелей для перетворення сонячного випромінювання на електричну енергію. Вітрова енергетика базується на використанні енергії вітру за допомогою вітротурбін. Біоенергетика забезпечує отримання енергії з органічної сировини та відходів, що одночасно сприяє вирішенню проблеми поводження з відходами.

Геотермальна енергетика — це галузь відновлюваної енергетики, що базується на використанні теплової енергії надр Землі для виробництва електричної та теплової енергії. Джерелом геотермальної енергії є природне тепло земної кори, гарячі підземні води, пара та магматичні процеси. Основною перевагою геотермальної енергетики є її екологічність і стабільність. На відміну від сонячної чи вітрової енергетики, геотермальні установки можуть працювати безперервно незалежно від погодних умов і часу доби. Використання геотермальної енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів, скороченню споживання викопного палива та підвищенню енергетичної безпеки держави.

Важливим елементом розвитку зеленої енергетики є впровадження енергоефективних технологій та принципів раціонального використання енергетичних ресурсів. Поєднання відновлюваних джерел енергії з сучасними системами накопичення енергії дозволяє забезпечити стабільність

енергопостачання та зменшити навантаження на традиційні енергетичні системи.

Разом із перевагами зелена енергетика має і певні виклики. До них належать висока вартість впровадження окремих технологій, залежність деяких видів генерації від погодних умов, потреба у модернізації енергетичної інфраструктури та значні початкові інвестиції. Проте розвиток інновацій і державна підтримка сприяють поступовому зниженню вартості таких технологій та їх ширшому впровадженню.

Отже, зелена енергетика є важливою складовою переходу до моделі сталого розвитку. Її використання дозволяє забезпечити екологічну безпеку, підвищити енергонеалежність держави, зменшити негативний вплив на довкілля та створити передумови для економічного зростання і покращення якості життя населення.

Перелік використаних джерел

1. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 № 555-IV : станом на 01.01.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення: 06.05.2026).
2. Кошарська Л., Бредньова В., Нікіфоров Ю. Розвиток зеленої енергетики на сучасному етапі як політика світового енергетичного переділу. Вісник Одеського національного морського університету. 2022. № 67. С. 168–188. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2022-1-168-188> (дата звернення: 06.05.2026).
3. Краус К. М., Краус Н. М., Манжура О. В. Стратегічні орієнтири інноваційного розвитку та управлінські рішення в енергетичній галузі України. Актуальні питання у сучасній науці. 2023. № 3 (9). С. 50–62. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2023-3\(9\)-50-62](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2023-3(9)-50-62) (дата звернення: 06.05.2026).

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО УТИЛІЗАЦІЇ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ

Зростання обсягів виробництва та використання пластмас у світі призвело до формування значної кількості пластикових відходів, які становлять серйозну екологічну проблему. Щорічно у світі утворюються сотні мільйонів тон пластикових відходів, значна частина яких накопичується на полігонах або потрапляє у водні екосистеми, завдаючи шкоди довкіллю та живим організмам. Через високу стійкість полімерів до біологічного розкладання такі відходи можуть зберігатися в природному середовищі десятиліттями, створюючи достатньо високе навантаження на довкілля та обумовлюючи довгострокові ризики [1, 2].

Традиційними способами поводження з пластиковими відходами є захоронення на полігонах та спалювання. Захоронення є одним із найпростіших і найдешевших методів утилізації, однак він не вирішує проблему накопичення відходів. Спалювання дозволяє отримувати енергію, проте супроводжується утворенням значної кількості парникових газів та інших шкідливих речовин, які в свою чергу негативно впливають на екосистему [2].

На сьогодні, найбільш перспективними вважаються технології переробки полімерних відходів, зокрема методи механічної та хімічної переробки. Метод механічної переробки або рециклінг, передбачає сортування, подрібнення та повторне використання полімерів для виробництва нових матеріалів. Ефективність даного методу значною мірою залежить від якості сортування відходів та однорідності полімерної сировини [1, 2].

Проте, одним із найсучасніших методів утилізації пластикових відходів є термохімічна переробка, зокрема процес піролізу. Схематичне зображення загального принципу організації процесу піролізу для утилізації різних видів пластику та отримання результуючих фракцій наведено на рис. 1.

Піроліз передбачає термічне розкладання полімерів за відсутності кисню з утворенням рідких, газоподібних та твердих продуктів. Основним продуктом такого процесу може бути піролізна рідина, що використовується, як альтернативне паливо або сировина для хімічної промисловості, також даний метод вирізняється більш високим ККД та кращими економічними показниками у порівнянні з альтернативами [2, 4].

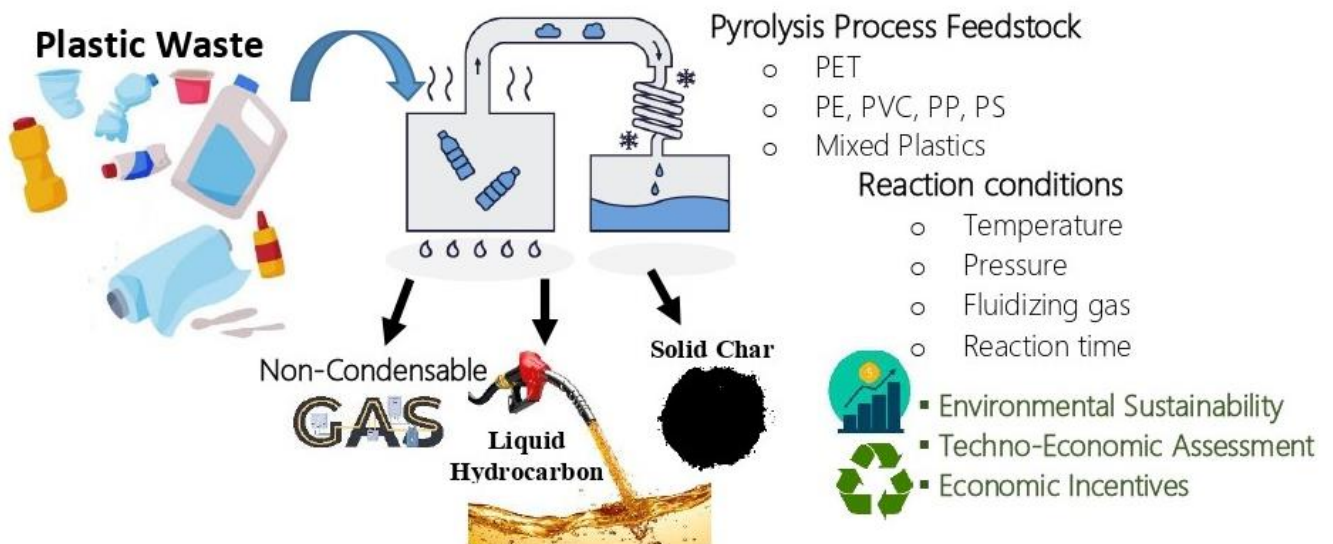


Рисунок 1 – Схема процесу піролізу пластикових відходів з утворенням рідкої, газової та твердої фракцій [3]

Таким чином, ефективне вирішення проблеми утилізації пластикових відходів потребує комплексного підходу, який включає розвиток технологій переробки, впровадження принципів циркулярної економіки та використання інноваційних методів утилізації полімерних матеріалів. Застосування сучасних технологій переробки дозволить зменшити негативний вплив пластикових відходів на навколишнє середовище та сприятиме сталому розвитку в подальшому [2, 5].

Перелік використаних джерел

1. Савчук, Б. П., & Пушкарьов, Д. В. (2025). Способи переробки полімерних відходів. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, 1(287), 67–76. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-287-1-67-76>
2. Бойченко, С., Жолтайли, С., Шкільнюк, І., Яковлєва, А., Левандовський, І., Мугенов, Д., & Фута, К. (2025). Еколого-енергетична оцінка доцільності отримання альтернативного палива піролізом пластикових відходів. *Системні дослідження в енергетиці*, 4(84), 135-146. <https://doi.org/10.15407/srenergy2025.04.135>
3. Pandey, A., Subedi, A., Shakya, S. R., & Paudel, S. R. (2025). Pyrolysis of the Plastics: Catalysts, Product Applications, and Techno-economic Assessment. *Natural Built Social Environment Health*, 1(2), 34–55. <https://doi.org/10.63095/NBSEH.25.452055>
4. Коріненко, Б. В. (2023). *Удосконалення технології піролізної переробки полімерних відходів* [Дисертація доктора філософії, Вінницький національний технічний університет].
5. Данильчук, С. В. (2024). Актуальність дослідження глобальної проблеми пластикових відходів. *Регіональні проблеми архітектури та містобудування*, 18, 97–106. <https://doi.org/10.31650/2707-403X-2024-18-97-106>

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

²Івано-Франківський фаховий коледж Львівського національного університету
природокористування

РАЦІОНАЛЬНЕ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Раціональне поводження з відходами в контексті екологічної безпеки є важливою складовою сталого розвитку суспільства, оскільки від правильного управління відходами залежить стан довкілля, якість життя населення та рівень екологічних ризиків. Відходи утворюються внаслідок побутової, промислової, сільськогосподарської, будівельної та інших видів діяльності людини, тому проблема їх накопичення є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасності. Нераціональне поводження з відходами призводить до забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря, погіршення санітарного стану територій, поширення небезпечних речовин і негативного впливу на здоров'я людей. Особливо небезпечними є токсичні, медичні, хімічні, електронні та промислові відходи, які потребують спеціальних умов збирання, транспортування, зберігання, перероблення або знешкодження [1,3]. Раціональне поводження з відходами передбачає не лише їх збирання та вивезення, а насамперед запобігання їх утворенню, повторне використання матеріалів, сортування, перероблення, відновлення ресурсів і безпечне видалення залишків, які неможливо використати повторно. Основою такого підходу є ієрархія управління відходами, відповідно до якої найкращим варіантом є запобігання утворенню відходів, а найменш бажаним — їх захоронення на полігонах. Важливе значення має впровадження роздільного збирання побутових відходів, розвиток інфраструктури для перероблення вторинної сировини, компостування органічних відходів, створення пунктів приймання батарейок, ламп, електроніки та інших небезпечних компонентів. Такий підхід дає змогу зменшити навантаження на полігони, скоротити обсяги забруднення та повернути значну частину матеріалів у господарський обіг [2,3].

У контексті екологічної безпеки раціональне поводження з відходами спрямоване на мінімізацію загроз для природних екосистем і здоров'я населення. Накопичення відходів на несанкціонованих звалищах або застарілих полігонах супроводжується утворенням фільтрату, який може проникати в ґрунт і водні об'єкти, а також виділенням метану та інших газів, що впливають на клімат і

можуть спричиняти пожежі [1,3]. Крім того, відходи є джерелом мікробіологічного, хімічного та фізичного забруднення. Саме тому важливо забезпечити екологічно безпечне збирання, транспортування, сортування, оброблення та утилізацію відходів відповідно до сучасних природоохоронних вимог. Важливими принципами раціонального поводження з відходами є принцип запобігання забрудненню, принцип “забруднювач платить”, ресурсна ефективність, розширена відповідальність виробника та залучення населення до екологічно відповідальної поведінки. Підприємства повинні впроваджувати маловідходні та безвідходні технології, вести облік утворених відходів, передавати їх лише спеціалізованим операторам і дотримуватися вимог екологічного законодавства. Органи місцевого самоврядування мають створювати умови для роздільного збирання, перероблення та безпечного видалення відходів, а також проводити інформаційно-просвітницьку роботу серед населення. Кожна людина також може долучитися до зменшення екологічних ризиків через свідоме споживання, сортування сміття, відмову від надмірного використання одноразових виробів і правильне поводження з небезпечними побутовими відходами.

Раціональне поводження з відходами є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки. Воно сприяє збереженню природних ресурсів, зменшенню забруднення довкілля, покращенню санітарного стану населених пунктів, зниженню ризиків для здоров'я населення та переходу до циркулярної економіки. Ефективне управління відходами має базуватися на комплексному підході, що поєднує законодавче регулювання, сучасні технології, відповідальність підприємств, активність громад і екологічну культуру населення.

Перелік використаних джерел

1. Заклекта О.І., Мочук О.Б. Сучасний стан поводження із побутовими відходами: світовий досвід та українські реалії. *Економічний вісник Переяслав–Хмельницького державного педагогічного університету імені Григорія Сковороди*. 2021. № 49. С. 112-120.
2. Зварич Р.Є., Зварич І.Я. Розширена відповідальність виробника в концепції розвитку циркулярної економіки. *Світ фінансів*. 2019. №. 3(60). С. 76-86.
3. Паламаренко Я.В. Сучасний стан та перспективи розвитку біогазової галузі України. *Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 21. С. 54–62.

Мелешенко Р.Г.

д.т.н., проф., с.н.с.

Ковач В.О.

д.держ.упр., проф., п.н.с.

Куценко В.О.

м.н.с.

Драгунцов Р.І.

м.н.с.

*Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики НАН України*

ОПЕРАТИВНИЙ КОНТРОЛЬ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ЯК ЗАСІБ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОЖЕЖ І ВИБУХІВ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Проблема попередження пожеж і вибухів на об'єктах критичної інфраструктури (ОКІ) потребує вдосконалення наявних систем реагування та переосмислення самого підходу до виявлення небезпеки. У більшості випадків надзвичайна ситуація техногенного характеру не виникає миттєво, оскільки такий події передують накопичення небезпечних факторів, які певний час залишаються непомітними для персоналу та стандартних засобів контролю. До таких факторів належать зміна складу повітряного середовища, підвищення концентрації горючих або токсичних газів, зменшення вмісту кисню, поява продуктів тління, перегрівання окремих елементів обладнання чи порушення роботи вентиляції. Тому особливої актуальності набуває розроблення інженерно-технічного методу (ІТМ), який зможе виявляти ранні передумови аварії, а не її наслідки.

У приміщеннях ОКІ локальна пожежа або вибух може спричинити каскадні порушення в роботі пов'язаних систем. Пошкодження роботи вузлів живлення, керування, зв'язку та забезпечення технологічних процесів здатне призвести до зупинки різноманітного обладнання. Тому контроль стану повітряного середовища доцільно використовувати як раннє виявлення передумов техногенних надзвичайних ситуацій.

Необхідність розроблення інженерно-технічного методу оперативного контролю повітряного середовища підтверджується сучасними дослідженнями. Зокрема, у роботах [1, 2] зазначається, що масиви газових сенсорів у поєднанні з методами розпізнавання образів можуть бути ефективними для раннього виявлення тління та пожеж, хоча потребують вирішення проблеми хибних спрацювань і дрейфу сенсорів. Також авторами наголошено, що сучасні газові сенсори вже застосовуються для екологічного моніторингу, промислової безпеки, виявлення небезпечних газів і контролю технологічних процесів.

Суть такого методу доцільно будувати на поєднанні кількох груп параметрів: концентрацій CO, CO₂, CH₄, H₂, летких органічних сполук, кисню,

диму або аерозольних частинок, температури, вологості, швидкості повітрообміну. Для об'єктів із різним призначенням набір контрольованих показників має відрізнятися. Наприклад, для акумуляторних приміщень важливим є контроль водню, для дизель-генераторних – продуктів неповного згоряння та парів палива, для кабельних приміщень – ознак тління ізоляційних матеріалів, для хімічних або водоочисних об'єктів – специфічних токсичних і вибухонебезпечних газів. Тому метод не може бути універсальною «коробковою» системою; він має враховувати функціональне призначення приміщення, технологічні процеси, вентиляцію, сценарії аварій і допустимі порогові значення.

Важливо, щоб оперативний контроль не обмежувався простим спрацюванням датчика за фіксованим порогом. Інженерно-технічний метод має передбачати аналіз динаміки показників: швидкість зростання концентрації газу, одночасну зміну кількох параметрів, повторюваність аномалій, зв'язок із режимом роботи обладнання. Саме такий підхід дає змогу відрізнити реальну небезпеку від короточасних побутових або технологічних перешкод. У міжнародній практиці вибухозахисту важливе місце займають системи контролю концентрації горючих речовин, раннього виявлення небезпечних умов і керування джерелами займання, що відображено, зокрема, у підходах NFPA до запобігання вибухам [3].

Для України така розробка є особливо актуальною з огляду на підвищену вразливість енергетичних, промислових, транспортних і комунальних об'єктів. Чинний порядок моніторингу рівня безпеки ОКІ передбачає оцінювання стану їх захищеності та підготовку пропозицій щодо вдосконалення системи захисту [4]. Однак періодичний організаційний моніторинг має бути доповнений безперервним технічним контролем небезпечних параметрів у реальному часі.

Перелік використаних джерел

1. Solórzano, A. et al. (2022). Early fire detection based on gas sensor arrays: Multivariate calibration and validation. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 352, 130961. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.130961>
2. Panda, S., Mehlawat, S., Dhariwal, N., Kumar, A., & Sanger, A. (2024). Comprehensive review on gas sensors: Unveiling recent developments and addressing challenges. *Materials Science and Engineering: B*, 308, 117616.
3. NFPA STANDARDS DEVELOPMENT SITE. FIRST DRAFT REPORT. (2022). https://docinfofiles.nfpa.org/files/AboutTheCodes/69/69_FDR_F2023.pdf
4. Про затвердження Порядку проведення моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури (Постанова КМУ № 821 від 22 липня 2022 р.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/821-2022-%D0%BF#Text>

Крамар Є.О.

студент групи АКП-24-1

Кривенко Г. М.

доцент, к.т.н., кафедра технології захисту навколишнього середовища
та безпеки праці

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЯМ ТА ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ

Одним із чинників, що загрожує цілісності обладнання та безпеці персоналу, є виникнення автоколивань типу «stick-slip» (прилипально-ковзних коливань) у бурильній колоні. Аварійне руйнування бурового інструменту супроводжується розливом бурового розчину та нафти, що становить пряму загрозу забрудненню ґрунтів і підземних водоносних горизонтів. Розробка цифрових інструментів для моніторингу таких процесів відповідає стратегії ресурсоефективного та екологічно безпечного виробництва.

Метою роботи є створення цифрової моделі в середовищі MATLAB/Simulink для ідентифікації небезпечних режимів буріння та перевірки алгоритмів системи аварійної сигналізації.

У ході роботи було проведено комп'ютерне моделювання динаміки бурильної колоні. На першому етапі зафіксовано розвиток stick-slip вібрацій, що характеризуються різкими стрибками кутової швидкості долота та крутного моменту (рис.1).

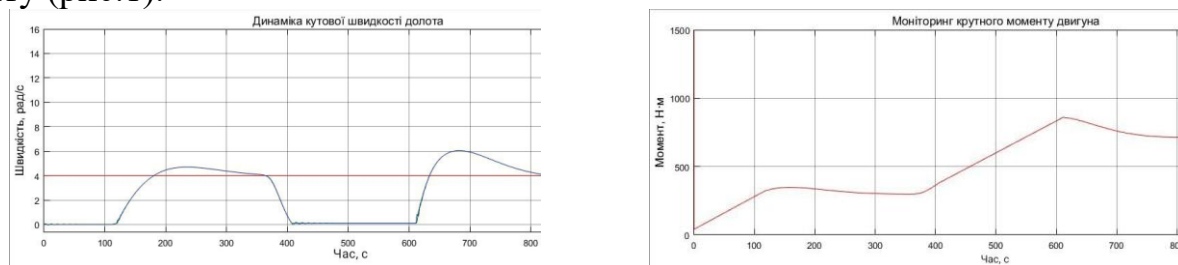


Рис. 1 – Моніторинг перехідних процесів швидкості та моменту при виникненні вібрацій.

Для підвищення рівня безпеки праці у модель було інтегровано систему аварійної сигналізації. На другому етапі моделювання продемонстровано відгук системи на критичне заклинювання долота.

На рис. 2 чітко спостерігається момент автоматичної зупинки системи. Збереження крутного моменту при нульовій швидкості свідчить про утримання бурильної колоні під навантаженням, що дозволяє уникнути аварійного розкручування та подальшого руйнування інструменту. Такий підхід дозволяє оператору бурової установки приймати обґрунтовані рішення щодо корекції параметрів буріння до моменту настання аварійної ситуації.

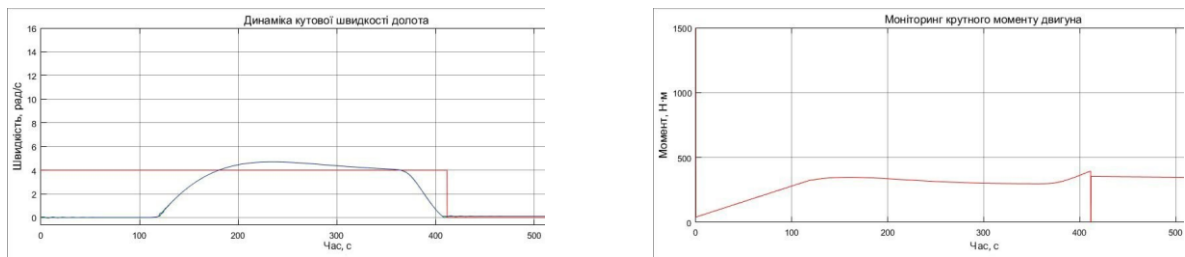


Рис. 2 – Спрацювання системи аварійної зупинки при досягненні критичних навантажень.

Автоматична зупинка приводу при критичних навантаженнях запобігає руйнуванню долота та витоку бурового розчину, що становить пряму загрозу забрудненню ґрунтів і підземних вод. Подальший розвиток роботи передбачає впровадження адаптивного керування на основі оцінки твердості породи в реальному часі.

Список використаних джерел

1. Грицуляк Г. М., Яцишин Т. М. Моніторинг та управління безпекою технологічних процесів у нафтогазовій галузі : навч. посібник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. 156 с.
2. Кірсанов О. Ю. Моделювання динамічних процесів при бурінні глибоких свердловин : монографія. Київ : Наукова думка, 2019. 210 с.

УДК 691.32:504.75

Кузнєцов В. А.

студент групи 6.1922-ПЦБ

Науковий керівник – **Мішук К. М.**

к.т.н., доц., доцент кафедри промислового та цивільного будівництва

*Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізький національний університет*

СТРАТЕГІЇ ЗНИЖЕННЯ CO₂-ВИКИДІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БЕТОНІВ

Бетон – це штучний каменеподібний композитний матеріал, який складається з цементу (близько 15,0%), дрібного заповнювача (від 25,0-30,0%), крупного заповнювача (від 70,0-75,0%), води (приблизно 22,0%) та спеціальних добавок (за потреби). У цій суміші цемент – основне джерело викидів CO₂ у світі (близько 7,0-8,0%), генеруючи 0,66-0,82 кг CO₂ на кілограм матеріалу. Додаткові викиди створюють крупний та дрібний заповнювачі, генеруючи близько 0,054 кг та 0,050 кг CO₂ на кілограм матеріалу відповідно. За оцінками, через зріст попиту на бетон, до 2060 року споживання портландцементу може досягти близько 6 млрд тонн [1], тому, наразі досить актуально досліджувати та впроваджувати сучасні стратегії декарбонізації та екологізації бетонної промисловості.

Станом на сьогодні, існують наступні способи (стратегії) для зменшення кількості викидів CO₂ при виробництві бетонів: альтернативи традиційному цементу [2] (мелений гранульований доменний шлак (GGBS), вапняковий кальцинований глиняний цемент (LC³) та зола-виношення здатні скоротити викиди CO₂ на 43,0%, 37,0% та 27,0% відповідно, тоді як портланд-вапняковий цемент, перероблений бетонний заповнювач (RCA) та біовугілля сприяють дещо меншому скороченню викидів [3]); захоплення та використання вуглецю (CCU) при виробництві цементу чи безпосередньо з атмосфери для його перетворення на корисні продукти; переробка та повторне використання бетонних відходів демонтажу дозволяє скоротити викиди CO₂ на 5,0-15,0% [4]; оцінка життєвого циклу (LCA) бетонних об'єктів сприяє визначенню тих сфер, де можна мінімізувати вплив на довкілля; зменшення кількості використаної енергії при виробництві цементу за рахунок використання альтернативного палива, впровадження більш ефективних конструкцій печей та впровадження систем рекуперації тепла; підвищення ефективності логістики через наближення джерел сировини до бетонних виробництв та раціоналізацію перевезень [2].

Підсумовуючи, варто зазначити, що виготовлення бетону, за рахунок виробництва цементу та супутніх процесів, є одним із найбільших джерел викидів CO₂ у світі. У зв'язку з цим, особливого значення набуває впровадження комплексного підходу, що поєднує технологічні, організаційні та матеріалознавчі рішення, які будуть сприяти ефективному скороченню викидів і формувати основу для довгострокової декарбонізації бетонної промисловості.

Список використаних джерел:

1. O. Felipe Arbeláez Pérez et al. Carbon dioxide emissions from traditional and modified concrete. A review. *Environmental Development*. 2024. P. 101036. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2024.101036> (дата звернення: 05.05.2026)
2. Tarighat A. Негативні екологічні наслідки виробництва бетону та можливі рішення з першого погляду. *LinkedIn Україна: увійдіть або зареєструйтеся* : веб-сайт. URL: <https://ua.linkedin.com/pulse/negative-environmental-consequences-concrete-possible-amir-tarighat?tl=uk> (дата звернення: 05.05.2026)
3. Life Cycle Assessment (LCA) and Cost-Benefit Analysis for Low Carbon Concrete and Cement Mix Designs. *Sustainable Development Solutions Network* : website. URL: <https://www.unsdsn.org/resources/life-cycle-assessment-lca-and-cost-benefit-analysis-for-low-carbon-concrete-and-cement-mix-designs/> (дата звернення: 04.05.2026)
4. M. Zajac et al. CO₂ Mineralization Methods in Cement and Concrete Industry. *Energies*. 2022. Vol. 15, № 10. P. 3597. URL: <https://doi.org/10.3390/en15103597> (дата звернення: 05.05.2026)

**ДЖЕРЕЛА ВПЛИВІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПІД
ЧАС БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН**

Підприємства нафтогазового комплексу функціонують в умовах підвищених екологічних вимог, що обумовлює необхідність запобігання забрудненню довкілля та забезпечення раціонального використання природних ресурсів. Важливим етапом є ідентифікація потенційних джерел негативного впливу та розроблення заходів щодо їх мінімізації. До основних джерел впливу на навколишнє середовище належать: хімреагенти, що застосовуються для обробки бурового розчину; рідкі відходи буріння; буровий розчин, оброблений хімреагентами; тверді відходи; інтенсивні газопроявлення, що можуть переходити у газові фонтани при розкритті газонасних горизонтів; викиди шкідливих речовин при використанні дизельного палива, згоранні електродів під час зварювання та різання металів; викиди шкідливих речовин при спалюванні газу на факелі під час випробування свердловини [1]. У процесі планованої діяльності можливі впливи на геологічне середовище. Попередження негативного впливу на геологічне середовище забезпечується застосуванням конструкції стовбура свердловини, яка включає цементування обсадних колон високоміцними портландцементами. Запобігання газопроявленням досягається шляхом підтримання необхідної густини бурового розчину, яка забезпечує достатній гідростатичний тиск на продуктивні горизонти, а також використанням противикидного обладнання для герметизації устя свердловини. З метою збереження родючого шару ґрунту перед початком робіт здійснюється його зняття та складування з подальшим поверненням після завершення буріння. Після закінчення робіт проводиться технічна та біологічна рекультивация порушених територій. Охорона підземних водоносних горизонтів здійснюється на всіх етапах діяльності за рахунок виконання технологічних заходів: застосування бурових розчинів на основі бентонітових глин із використанням хімреагентів III–IV класів небезпеки; наявність рівномірного позатрубного цементного кільця; використання противикидного обладнання (плашкових превенторів) під час випробування свердловин. Високотоксичні хімреагенти I, II класів для обробки бурового розчину не застосовуються. Первинна нейтралізація хімреагентів, що використовуються для обробки бурового розчину, здійснюється при циркуляції через стовбур свердловини в умовах високого гідростатичного тиску і температури внаслідок реакції між хімреагентами. Остаточна очистка і нейтралізація здійснюється шляхом введення коагулянтів у рідкі відходи. Після

відстою освітлену воду аналізують на вміст нафтопродуктів, мінеральних солей, визначають рН та використовують у подальшому для технічних потреб. Знешкодження та захоронення відходів здійснюється в шламових ємностях. Забруднення нафтопродуктами ліквідується із застосуванням сорбентів та біопрепаратів-деструкторів вуглеводнів, зокрема «Еконадін» та «Еколан-М» [2]. За умови дотримання зазначених технологічних і природоохоронних заходів залишковий негативний вплив на довкілля є мінімальним і контрольованим. Виняток становлять аварійні ситуації, пов'язані з переходом газопроявлень у відкриті фонтани, ліквідація яких здійснюється спеціалізованими підрозділами бурових та газопромислових підприємств.

Перелік використаних джерел

1. Звіт з оцінки впливу на довкілля. АТ «Укргазвидобування». 2022. 394 с.
2. Звіт з оцінки впливу на довкілля буріння свердловин. СП «Полтавська газонафтова компанія». 2022. 499 с.

УДК 504.05

Лукинюк А.

студентка групи ТЗ-24-1

Василів Н.Ю.

асистент кафедри «Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці»

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

Екологічно безпечне управління відходами є важливою складовою сучасної системи охорони довкілля та раціонального природокористування. Воно охоплює комплекс заходів щодо поводження з відходами на всіх етапах їх існування — від утворення і збирання до транспортування, обробки, переробки, утилізації та остаточного видалення. Основною метою такого управління є мінімізація негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я населення, а також зменшення обсягів їх утворення шляхом повторного використання ресурсів і впровадження принципів циркулярної економіки [1-2].

Впровадження екологічно безпечних технологій спрямоване на зниження рівня забруднення повітря, водних ресурсів і ґрунтів, скорочення викидів парникових газів, підвищення ефективності переробки та утилізації відходів, а також забезпечення екологічної безпеки та покращення якості життя населення. Важливим аспектом є безпечне захоронення лише тих відходів, які не підлягають повторному використанню чи переробці.

Серед найбільш поширених технологій переробки відходів виділяють механічну, біологічну, термічну та хімічну переробку. Механічна переробка

базується на фізичних процесах без зміни хімічного складу відходів і включає сортування, подрібнення, пресування та розділення матеріалів. Такий підхід дозволяє отримувати вторинну сировину у вигляді пластику, скла, металу чи паперу, зменшуючи навантаження на полігони та забезпечуючи економію природних ресурсів [1-4].

Біологічні методи, зокрема компостування та анаеробне зброджування, застосовуються переважно для органічних відходів. У процесі анаеробного зброджування утворюється біогаз, який може використовуватись як джерело енергії. Значного поширення набули й термічні технології — інсинерація, піроліз і газифікація. Їх перевагами є суттєве зменшення об'єму відходів, знешкодження небезпечних речовин та можливість отримання теплової й електричної енергії. Разом із тим, такі методи мають і низку недоліків, серед яких утворення токсичних викидів, висока вартість установок та необхідність використання складних систем очищення газів.

Хімічна переробка відходів передбачає зміну їх хімічного складу шляхом процесів гідролізу, деполімеризації, окиснення чи піролізу. Ця технологія особливо актуальна для переробки пластиків, полімерів і гуми, оскільки дозволяє отримувати вторинну сировину у вигляді мономерів, газів або рідких фракцій для подальшого використання у виробництві.

Важливим елементом системи управління відходами є безпечне захоронення залишкових відходів. Воно забезпечується шляхом використання спеціально облаштованих полігонів із системами гідроізоляції, збору та очищення фільтрату, відведення звалищного газу та проведення постійного екологічного моніторингу. Додатково здійснюється рекультивація територій після завершення експлуатації полігонів.

Таким чином, екологічно безпечні технології управління відходами є необхідною умовою сталого розвитку суспільства. Їх впровадження сприяє зменшенню антропогенного навантаження на довкілля, раціональному використанню ресурсів та переходу до моделі циркулярної економіки.

Список використаних джерел

1. Українська індустрія поводження з відходами <https://www.reportlinker.com/report-summary/Waste-Management>.
2. Михайлова Є. О., Панчева Г. М., Резніченко Г. М. Ефективні механізми поводження з твердими побутовими відходами в Україні. Комунальне господарство міст. 2019. Том 5, вип. 151. С. 37-44.
3. Державна служба статистики України: Утворення відходів за джерелами (1995-2020). URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/ns.htm
4. Ecobusiness Group. «Друге життя» відходів: потенціал, який щодня втрачає Україна. URL: <https://ecolog-ua.com/news/druge-zhyttya-vidhodiv-potencial-yakyy-shchodnya-vtrachaye-ukrayina>

Магдій А.
студентка групи ТЗ-24-1
Василів Н.Ю.
асистент кафедри «Технології захисту навколишнього середовища та безпеки
праці»

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

Порушення земельного фонду є одним із найбільш поширених наслідків інтенсивної господарської діяльності людини. Особливо значний вплив на стан земель мають гірничодобувна промисловість, будівництво, транспортна інфраструктура та сільське господарство. У результаті такої діяльності відбувається руйнування природного ґрунтового покриву, змінюється рельєф місцевості, порушується водний режим та знижується біологічна продуктивність територій [1].

Порушені землі характеризуються зниженням вмісту гумусу, ущільненням ґрунтів, погіршенням їх фізико-хімічних властивостей та накопиченням шкідливих речовин. Такі території часто втрачають здатність до самовідновлення, що потребує цілеспрямованого втручання людини. Саме тому питання відновлення порушених земель набуває особливої актуальності в умовах зростаючого антропогенного навантаження.

Рекультивация земель є комплексом організаційних, технічних і біологічних заходів, спрямованих на відновлення екологічного стану та господарської цінності територій. Основною метою рекультивации є повернення земель до продуктивного використання або створення умов для їх подальшого функціонування у природних екосистемах.

Традиційно виділяють два основні етапи рекультивации: технічний і біологічний. Технічний етап передбачає планування поверхні, формування безпечного рельєфу, засипання кар'єрів, укріплення схилів, а також нанесення родючого шару ґрунту. На цьому етапі створюються передумови для подальшого відновлення території [2-3].

Біологічний етап включає відновлення родючості ґрунтів шляхом внесення органічних та мінеральних добрив, висівання трав'янистих і деревних рослин, а також формування стійкого рослинного покриву. Саме цей етап є ключовим для відновлення екологічних функцій земель і забезпечення їх довготривалої стабільності.

Сучасні підходи до рекультивации передбачають використання інноваційних методів, зокрема фітомеліорації. Цей метод базується на використанні рослин, здатних покращувати структуру ґрунту, накопичувати органічну речовину та зменшувати рівень забруднення. Особливу увагу

приділяють швидкорослим видам рослин, які здатні ефективно адаптуватися до складних умов техногенних територій.

В Україні проблема відновлення порушених земель є особливо актуальною для промислових регіонів, де значні площі зазнали негативного впливу внаслідок видобутку корисних копалин. Такі території потребують комплексного підходу до відновлення, який включає як інженерні рішення, так і екологічні заходи.

Рекультивовані землі можуть використовуватися у різних напрямках: для ведення сільського господарства, створення лісових насаджень, організації рекреаційних зон або навіть для забудови. Це дозволяє не лише відновити порушені території, але й підвищити ефективність використання земельних ресурсів у цілому.

Важливим аспектом є також екологічний ефект рекультивації, який полягає у зменшенні пилового забруднення, відновленні біорізноманіття, покращенні мікроклімату та підвищенні якості довкілля. У довгостроковій перспективі це сприяє сталому розвитку територій та зниженню негативного впливу людської діяльності на природу.

Таким чином, рекультивація порушених земель є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки та раціонального природокористування. Її ефективне впровадження дозволяє відновити природні властивості ґрунтів, стабілізувати ландшафти та забезпечити їх подальше використання в інтересах суспільства.

Список використаних джерел

1. Costanza, R., 2020. Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability. *Ecosystem Services* 43, 101096. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101096>

2. Клименко М., Степаненко М. Методологія створення лісових екосистем на деградованих землях лісостепу України. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*. 2. 2025. С. 121-134. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220259>

3. Шебаніна О., Кормишкін Ю., Ключник А., Решетілов Г., Жебко О. Управління проектами сталого розвитку землекористування відповідно до вимог ЄС. *Наукові горизонти*, 2024. Том 27. № 10. С. 148–161. URL: <https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-27-10-2024/upravlinnyaproyektami-stalogo-rozvitkuzemlekoristuvannya-vidpovidno-do-vimog-yes>

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

Ґрунт є одним із найважливіших компонентів біосфери, оскільки забезпечує функціонування наземних екосистем, бере участь у кругообігу речовин, формує умови для росту рослин і є основою сільськогосподарського виробництва. Водночас ґрунтовий покрив є вразливим до хімічного забруднення, яке виникає внаслідок надходження до нього токсичних речовин природного та антропогенного походження [1, 3].

Хімічне забруднення ґрунтів — це накопичення у ґрунтовому середовищі шкідливих речовин у концентраціях, що перевищують природний фон або гранично допустимі норми. Таке забруднення негативно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунту, його біологічну активність, родючість, якість рослинної продукції, стан водних об'єктів та здоров'я людини.

Основними чинниками формування хімічного забруднення ґрунтів є промислова діяльність, сільське господарство, транспорт, урбанізація, військові дії, неправильне поводження з відходами та аварійні викиди небезпечних речовин. Значну небезпеку становлять підприємства металургійної, хімічної, нафтогазової, енергетичної та гірничодобувної промисловості. У процесі їхньої діяльності до ґрунту можуть потрапляти важкі метали, нафтопродукти, кислоти, луги, феноли, поліциклічні ароматичні вуглеводні та інші токсиканти. Важливим джерелом хімічного забруднення є інтенсивне сільське господарство. Надмірне використання мінеральних добрив, пестицидів, гербіцидів та інших агрохімікатів призводить до накопичення у ґрунтах нітратів, фосфатів, залишків пестицидів і токсичних сполук. Це може змінювати кислотність ґрунту, порушувати мікробіологічні процеси, знижувати родючість та сприяти потраплянню забруднювачів у харчові ланцюги [1, 2].

Транспорт також є суттєвим чинником забруднення ґрунтів, особливо в межах міст і поблизу автомагістралей. Викиди автотранспорту, стирання шин і дорожнього покриття спричиняють накопичення у ґрунтах свинцю, кадмію, цинку, міді, сажі, нафтопродуктів та інших шкідливих речовин. Такі забруднення часто мають локальний характер, однак у місцях інтенсивного руху їхній рівень може бути значним. Особливої уваги потребує забруднення ґрунтів унаслідок воєнних дій. Вибухи боєприпасів, руйнування промислових об'єктів, пожежі, витоки паливно-мастильних матеріалів і залишки військової техніки спричиняють надходження до ґрунту важких металів, вибухових речовин, продуктів горіння та інших токсичних компонентів. Такі процеси можуть мати

довготривалі наслідки для екосистем і потребують спеціального моніторингу та відновлення територій [2].

Хімічне забруднення ґрунтів негативно впливає на довкілля через порушення природних біогеохімічних циклів. Токсичні речовини можуть пригнічувати розвиток ґрунтових мікроорганізмів, зменшувати активність ферментативних процесів, погіршувати структуру ґрунту та знижувати його здатність до самоочищення. Унаслідок цього зменшується родючість, погіршується стан рослинного покриву та знижується стійкість екосистем. Особливо небезпечним є потрапляння забруднювачів із ґрунту у поверхневі та підземні води. Вимивання нітратів, пестицидів, важких металів і нафтопродуктів може призводити до погіршення якості питної води, евтрофікації водойм, токсичного впливу на водні організми та порушення функціонування водних екосистем [3].

Хімічні забруднювачі здатні накопичуватися в рослинах, а далі передаватися по трофічних ланцюгах до тварин і людини. Це створює ризики для продовольчої безпеки, оскільки забруднена сільськогосподарська продукція може містити небезпечні концентрації токсичних речовин. Тривале надходження таких речовин до організму людини може спричиняти порушення роботи нервової, імунної, ендокринної та інших систем.

Хімічне забруднення ґрунтів є комплексною екологічною проблемою, що формується під впливом різних антропогенних чинників. Його наслідки проявляються не лише у погіршенні властивостей ґрунту, а й у забрудненні вод, рослинної продукції, порушенні екологічної рівноваги та зростанні ризиків для здоров'я населення. Для зменшення негативного впливу необхідно впроваджувати системний моніторинг ґрунтів, раціональне використання агрохімікатів, екологічно безпечні технології виробництва, належне поводження з відходами та заходи з ремедіації забруднених територій.

Перелік використаних джерел

1. Вдовенко О.О. Екологія міських систем / О.О. Вдовенко. – Кам'янець-Подільський : Видавець ПП Д.Г. Зволейко, 2013. – 280 с.
2. Пилипенко Ю.В. Оцінка рівня забруднення ґрунту важкими металами в межах міської системи (на прикладі м. Херсон) / Ю. В. Пилипенко, С.В. Скок // Біологія та валеологія. Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди. – 2015. – № 17. – С. 138–145.
3. Кураєва І.В. Форми знаходження важких металів у ґрунтах України / І.В. Кураєва, О.В. Яковенко, В.Ф. Філатов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2013. – № 12. – С. 331–338.

ЕКООЧИЩЕННЯ НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ КАРБАМІДОФОРМАЛЬДЕГІДНИМИ СОРБЕНТАМИ З АСФАЛЬТОВИМ АПСАЙКЛОМ

У процесі виробництва карбамідоформальдегідних смол утворюються побічні продукти – олігомерні частинки дрібнодисперсної структури з розвиненою питомою поверхнею. Такі частинки мають виражені сорбційні властивості і здатні ефективно адсорбувати нафтові та масляні забруднення.

Однак після адсорбції нафтопродуктів виникає проблема подальшого використання або утилізації насиченого сорбенту. Традиційним, але екологічно недоцільним рішенням було його спалювання, що призводить до втрати цінного матеріалу та додаткового антропогенного навантаження на довкілля. Таким чином, існує необхідність пошуку екологічно та економічно доцільних способів повторного використання сорбентів, насичених нафтопродуктами.

Нафтові та масляні забруднення є одними з найбільш поширених техногенних забруднювачів довкілля, особливо у міських екосистемах та на транспортних об'єктах. Одночасно актуальною проблемою є низька довговічність асфальтових покриттів. Після зимового періоду дорожні покриття часто зазнають значних руйнувань через дію вологи, перепадів температур та механічного навантаження. Тому пошук нових матеріалів та технологій, що можуть: одночасно утилізувати сорбенти з нафтовими забрудненнями, покращувати експлуатаційні характеристики асфальтобетону (адгезію, водостійкість), є важливим завданням сучасних екологічних та інженерних досліджень. Використання насичених сорбентів у складі асфальтобетонних сумішей відповідає принципам циркулярної економіки та апсайклінгу матеріалів.

Метою дослідження є визначення можливості екологічно безпечного використання карбамідоформальдегідного сорбенту з адсорбованими нафтопродуктами як модифікуючого компонента асфальтобетонної суміші та оцінка його впливу на властивості дорожнього покриття.

Проведено аналіз наукових публікацій щодо сучасних сорбентів для вилучення нафтопродуктів із водних та ґрунтових середовищ. Окрему увагу приділили вивченню технології виробництва карбамідоформальдегідних олігомерів та можливостям використання їх в якості сорбційних матеріалів. Проаналізовано склад і властивості асфальтобетонних сумішей, що дозволило

оцінити перспективи використання насиченого нафтопродуктами сорбенту як модифікуючої добавки. Досліджено існуючі методи утилізації нафтовмісних відходів та визначено найбільш доцільні підходи до їх повторного використання. На основі аналізу літературних джерел було обрано та уточнено методики лабораторних досліджень сорбційних властивостей матеріалів.

Досліджували сорбційні властивості карбамідо-формальдегідного олігомеру щодо нафтопродуктів і визначали можливість використання насиченого сорбенту як добавки до асфальтобетонної суміші. Особливу увагу приділено зразкам з модифікацією: вони показали покращену адгезію та водостійкість у порівнянні з традиційними сумішами, хоча варіативність показників виявилася залежною від складу суміші та умов експлуатації. Для підтвердження проведено не лише вимірювання, а й аналіз причин отриманих результатів: розглянуто вплив типу бітуму, модифікаторів та гранулометричного складу заповнювача на адгезію, водостійкість та міцність покриття. Встановлено взаємозв'язок між структурою суміші та її експлуатаційними характеристиками. Розроблена композиційна асфальтобетонна суміш, що містить карбамідоформальдегідний сорбент з адсорбованими нафтопродуктами та експериментальні дані щодо покращення адгезії та водовідштовхувальних властивостей покриття дозволили обґрунтувати екологічно безпечні технології апсайклінгу сорбентів нафтових забруднень та розробити рекомендації щодо практичного застосування у дорожньому будівництві.

УДК 504.4.054

Scherbyuk M.M.,
student of group TZ-23-1
scientific supervisors - **Perkun I.V.**¹,
Cand. Sci. Tech., Ass. prof.
Pogrebnyak V.G.¹,
Prof., Dr. Sci. Tech.

¹Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

GROUNDWATER PROTECTION FROM LEACHATE: APPLICATION OF AN ECOLOGICAL TECHNOLOGY FOR WATERPROOF SCREENS AT WASTE LANDFILLS

Protecting groundwater from leachate contamination originating from waste landfills is a critical environmental and ecological task. The management of municipal and industrial solid waste repositories, commonly known as landfills, presents one of the most significant environmental challenges of our time. A primary byproduct of these facilities is leachate, a highly toxic liquid formed as water percolates through the waste mass, dissolving and mobilizing a complex mixture of contaminants. This liquid often contains high concentrations of heavy metals (such as lead, mercury, and

cadmium), ammonia, persistent organic pollutants (POPs), and various other hazardous chemical compounds.

The uncontrolled migration of this leachate into the subsurface poses a direct and severe threat to vital groundwater resources. Leachate, a highly toxic liquid, can percolate through soil and pollute vital aquifer resources, posing long-term risks to public health and ecosystems. Once an aquifer is contaminated, remediation is exceptionally difficult, costly, and often incomplete. The resulting pollution can render drinking water sources unusable for generations and cause cascading damage to surrounding aquatic and terrestrial ecosystems.

To mitigate this risk, effective containment requires robust, impermeable barriers. Historically, landfill design has relied on "traditional methods," such as compacted clay liners (CCLs) and synthetic high-density polyethylene (HDPE) geomembranes. However, these methods have well-documented limitations. Clay liners are susceptible to desiccation cracking, freeze-thaw cycles, and chemical attack, which can compromise their integrity. Geomembranes, while highly impermeable, are vulnerable to punctures during installation, seam failures, and long-term degradation. Consequently, while traditional methods exist, the development of advanced ecological technologies for waterproof screens remains a priority. The goal is to create in-situ barriers that are not only effective but also more resilient, potentially self-healing, and less ecologically disruptive to install than large-scale excavation and lining.

One innovative approach focuses on the unique properties of polymer solutions. High-molecular-weight, water-soluble polymers (such as flexible-chain polymers) exhibit extraordinary rheological behaviors that differ profoundly from simple liquids. The technical task of creating waterproof screens can potentially be solved by utilizing the aperiodicities observed in the laminar unsettled longitudinal flow of these solutions, which demonstrate complex hydro-dynamic and mechano-chemical behaviour. This concept moves beyond simple pore-plugging. It hypothesizes that under specific flow conditions, the polymer solution itself can be induced to change its structure within the soil, transitioning into a barrier phase.

However, the transition from theory to practice has been challenging. *Laboratory* success in homogenous sand columns has not translated reliably to real-world geological formations. The application of polymer solutions in industrial experiments has not consistently yielded positive results, especially when dealing with porous media characterized by laminated heterogeneity and fissures. Real-world soils are complex: they contain layers of varying permeability (laminated heterogeneity) and structural flaws (fissures, root channels, fractures). In such media, the injected polymer solution tends to follow the path of least resistance, creating "preferential flow paths." This results in the solution bypassing large volumes of the intended soil matrix, leading to an incomplete, leaky barrier and wasted material.

Consequently, the design of a reliable technology for feeding polymer solutions into a soil-seam to form an effective screen is still to be fully realized, even when temporarily ignoring the strict ecological demands of the process. The core issue is a lack of predictive control. Success is hindered by fundamental unsolved issues. First of all, it is pertinent to fully understand the hydrodynamic regimes of feeding polymers

into the soil-seam and, crucially, the structural changes that occur in the polymer solutions themselves under the intense effect of the hydrodynamic field.

The term "hydrodynamic field" here is critical. When a polymer solution is pumped into the ground, its macromolecules are subjected to intense forces. These forces can cause the polymer chains to uncoil, align, entangle, or even break apart. This latter process, known as mechanical degradation, is a major competing phenomenon where the polymer chains are permanently scissored, causing a catastrophic loss of the very rheological properties needed to form a barrier. Therefore, controlling the injection process is a delicate balance: the hydrodynamic stress must be high enough to trigger the desired barrier-forming structural change, but not so high as to degrade the polymer. The work of Pogrebnyak et al. on oscillating flows highlights the complexity of these regimes, suggesting that simple, steady-state injection may be inferior to more dynamic, pulsed, or oscillating injection methods.

This challenge has forced a paradigm shift in the research community. Within the last years about 80 per cent of foreign experts came to the conception that the only direct (not taking into account immediate studies of a filtration flow) method of attacking the problem of nonlinear character in polymer solution filtration lies in the study of unsettled longitudinal flow, i.e. flow with stretching.

This distinction is the key to the entire problem. Traditional fluid dynamics (rheology) heavily focuses on "simple shear flow" (flow with shift), which is the sliding motion one might find in a wide pipe. However, flow through a porous medium is fundamentally different. As it is shown in works [2,3], filtration flow is nothing else than superposition of flows with shift and stretching, i.e. flows being realized in the input section of a capillary and a slot. As a fluid particle navigates the tortuous path of a porous medium, it constantly accelerates as it enters a narrow pore throat (a "confusor" zone) and decelerates as it exits into a wider pore body (a "diffusor" zone). This repeated acceleration/deceleration is a powerful "longitudinal" or "extensional" (stretching) flow.

For flexible-chain polymers, this stretching is far more consequential than shear. In shear flow, macromolecules tend to tumble and rotate, only moderately increasing viscosity. In stretching flow, they are grabbed by the fluid and dramatically uncoiled, like unwinding a spool of thread. This uncoiling, known as the "coil-stretch transition," exposes the full length of the macromolecule to the flow, leading to an exponential increase in elastic stress.

That's why short capillaries, slots and hydro-resistors with confusor-diffusor zones can be used as a model of porous medium. These simple laboratory devices are not intended to physically replicate soil; they are designed to *replicate the stretching flow field* that dominates in porous media. Under such flows effects of elastic deformations become so big that disregard of them leads to unpredictable results. These "unpredictable results" are precisely what is seen in the field: viscosity might suddenly increase by several orders of magnitude, plugging the injection point entirely, or the polymer might rapidly degrade, losing all effectiveness. Standard rheological measurements (which test shear) completely fail to predict this behavior.

There has been carried out a complex study of polymer solution reaction under hydrodynamic effect. An integrated approach turned out to be a necessary condition

for successful solving of the delivered tasks of scientific and technical character (from fundamental studies to concrete technological process). This approach combines (a) theoretical modeling of macromolecular dynamics, (b) precision experiments using the aforementioned porous media models (confusor-diffusor zones), and (c) process engineering for field application.

This allowed to formulate a new structural concept with a common denominator such as strong deformation effect on the part of a hydrodynamic field on macromolecules that immediately generates the so called rubber-like high elasticity. This is the breakthrough. Instead of viewing the massive elastic stresses as an unpredictable problem, this concept identifies them as the *solution*. The "rubber-like" state is not a simple increase in viscosity; it is a phase transition. The uncoiled, aligned, and heavily entangled macromolecules form a transient, dynamic, elastic network throughout the fluid, causing it to behave less like a liquid and more like an elastic solid or a soft gel.

The technology of creating waterproof screens is based on utilization of rubber-like properties of a polymer solution that arise under definite conditions while going through porous media. The key is "definite conditions." The technology is defined by precisely controlling the injection flow rate, polymer concentration, and molecular weight to induce the coil-stretch transition and generate this rubber-like state *within* the soil pores, but *below* the threshold for mechanical degradation.

This *in-situ* generated elastic barrier is superior to a simple particulate grout because it can deform under pressure rather than fracture. It has the potential to "self-heal" by flowing and re-entangling to seal new fissures. There have been obtained eco-technological criteria and practical recommendations as to practical implementation of technology of creating waterproof screens. These criteria define the operational window for success and ensure the long-term environmental stability of the barrier, providing a new, scientifically grounded pathway for protecting groundwater from landfill leachate contamination.

References

1. Pogrebnyak V. G., Perkun I. V., Pogrebnyak A. V. Displacement of Oil from Porous Bed by the Oscillating Flow of Polymer Solutio // American J. of Science, Engineering and Technology. 2016.– 1(2). – P. 53–57.
2. Pogrebnyak A.V., Perkun I.V., Pogrebnyak V.G. Degradation of Polymer Solutions in a Hydrodynamic Field with a Longitudinal Velocity Gradient // J. of Eng. Phys. and Thermophys. 2017. – 90(5). – P. 1219–1224.
3. Pogrebnyak A.V., Voloshin V.S, Naumchuk N.V Nonstationary flow of solutions of flexible-chain polymers in a porous medium // J. of Eng. Phys. and Thermophys. 2005. – 78(5). – P. 963–968.

Попов О.О.
чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф., директор
Куценко В.О.
Аспірант

*Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики НАН України*

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ Gd-ВМІСНИХ БІОПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ НЕЙТРОННОГО ЗАХИСТУ

Одним із важливих завдань сучасного матеріалознавства є пошук ефективних матеріалів для захисту від нейтронного випромінювання. Це актуально для ядерної енергетики, радіаційної безпеки, медичної фізики, наукових установ і промислових об'єктів, де використовуються джерела іонізуючого випромінювання. Оскільки нейтрони не мають електричного заряду, їхнє послаблення потребує спеціальних матеріалів, здатних сповільнювати та поглинати нейтрони [1]. Загальні принципи вибору таких матеріалів розглядаються в міжнародних стандартах з радіаційного захисту [2].

Традиційні матеріали для нейтронного захисту часто мають значну масу, обмежену технологічність або є незручними для використання в конструкціях складної форми. Тому зростає інтерес до композиційних матеріалів, які можуть поєднувати радіаційно-захисні властивості з меншою масою, екологічною безпечністю, довговічністю та кращими експлуатаційними характеристиками.

Перспективним напрямом є використання наноккомпозитів, що містять гадолінійвмісні сполуки. Гадоліній привертає увагу завдяки високій здатності поглинати теплові нейтрони. Зокрема, ізотопи Gd-155 і Gd-157 мають дуже високі перерізи захоплення теплових нейтронів, що робить цей елемент перспективним компонентом нейтронопоглинальних матеріалів [3]. Такі композити можуть розглядатися як альтернатива або доповнення до традиційних борвмісних і важких захисних матеріалів.

Перевагою наноккомпозитного підходу є можливість рівномірного розподілу активного компонента в матриці матеріалу. Нанодисперсний стан Gd-вмісного наповнювача може підвищувати ефективність взаємодії нейтронів із поглинальним компонентом і зменшувати ймовірність проходження нейтронів через ділянки з недостатньою концентрацією поглинача [4].

Як основа для таких матеріалів можуть використовуватися полімерні матриці, які мають відносно малу масу, технологічність і дозволяють формувати вироби різної форми. У сучасних дослідженнях розглядаються композиції на основі поліетилену високої густини з додаванням оксиду гадолінію. Такі матеріали можуть поєднувати здатність полімерної основи сповільнювати нейтрони з поглинальною дією Gd-вмісного компонента [5].

Окреме значення має екологічний аспект створення нейтронозахисних матеріалів. Використання перероблених полімерів або менш токсичних компонентів може зменшити екологічне навантаження. Зокрема, екологічно орієнтовані композиції на основі переробленого поліетилену високої густини та оксиду гадолінію демонструють актуальність поєднання радіаційно-захисних властивостей із принципами сталого використання матеріалів [5].

Таким чином, Gd-вмісні нанокompозити можна розглядати як перспективний напрям створення ефективного нейтронного захисту. Їхня потенційна перевага полягає у поєднанні високої нейтронопоглинальної здатності гадолінію, технологічності композиційної матриці, меншої маси та екологічної безпечності. Подальше вивчення таких матеріалів має бути спрямоване на визначення оптимального складу, оцінювання нейтронозахисної ефективності, механічної стабільності, довговічності та безпечності для довкілля.

Перелік використаних джерел

1. Chen, J., Zhang, S., Zhang, Z., Chen, T., Hao, J., Novoselov, K. S., & Ghaferi, Z. (2025). Advances in gadolinium-based composite materials for neutron and gamma-ray shielding. *Frontiers in Materials*, 12, Article 1561198. <https://doi.org/10.3389/fmats.2025.1561198>
2. International Atomic Energy Agency. (2023). Neutron monitoring for radiation protection (Safety Reports Series No. 115). International Atomic Energy Agency.
3. International Organization for Standardization. (2001). Neutron radiation protection shielding — Design principles and considerations for the choice of appropriate materials (ISO Standard No. 14152:2001). International Organization for Standardization.
4. Li, X., Cui, D., Zou, C., Ren, C., & Chen, J. (2024). Neutron shielding analysis for a gadolinium doped nickel alloy. *Materials Today Communications*, 38, Article 107933.
5. Toyen, D., Wimolmala, E., Hemvichian, K., Lertsarawut, P., & Saenboonruang, K. (2024). Highly efficient and eco-friendly thermal-neutron-shielding materials based on recycled high-density polyethylene and gadolinium oxide composites. *Polymers*, 16(8), Article 1139. <https://doi.org/10.3390/polym16081139>

СТАНДАРТИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У БУДІВНИЦТВІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ТЕРИТОРІЙ

Для формування стратегії відбудови необхідно чітко розрізняти методологічні підходи основних міжнародних систем сертифікації та стандартів будівництва. Вибір конкретного стандарту визначає не лише технічні характеристики огорожувальних конструкцій, а й філософію управління внутрішнім середовищем та екологічний слід об'єкта.

Стандарт nZEB, згідно з Директивою ЄС про енергетичні характеристики будівель (EPBD), визначає будівлі з надзвичайно високою енергоефективністю, де мінімальна кількість споживаної енергії значною мірою покривається за рахунок відновлюваних джерел, генерованих безпосередньо на місці або поблизу. В Україні законодавча база вже готує ґрунт для переходу на цей стандарт: з 2030 року планується повний перехід на будівництво за стандартом nZEB, а до 2050 року – декарбонізація 100% будівельного фонду.

На противагу nZEB, стандарт Passive House (Пасивний будинок) зосереджений на радикальному зниженні попиту на енергію для опалення та охолодження через пасивні заходи: герметичність оболонки, відсутність містків холоду та високоефективну вентиляцію з рекуперацією. Будинки за цим стандартом споживають до 90% менше енергії порівняно зі звичайними об'єктами.

Для масштабної інфраструктурної відбудови та комерційного сектору ключову роль відіграють системи LEED (США) та BREEAM (Велика Британія). Вони оцінюють будівлю не лише за енергоспоживанням, а і як цілісну систему, що впливає на екосистему та здоров'я мешканців.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) фокусується на енергоефективності, дизайні та інноваціях. В основі лежить бальна система та суворі обов'язкові передумови (prerequisites), невиконання яких робить сертифікацію неможливою. LEED є найбільш впізнаваним брендом у світі, що особливо важливо для залучення американських та азійських інвестицій [1].

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) – найстаріший стандарт у світі, адаптований до європейських будівельних норм. Використовує систему вагових коефіцієнтів, де кожна категорія (вода, енергія, транспорт, матеріали) має свою питому вагу залежно від регіону [1]. BREEAM часто сприймається як більш гнучкий та науково обґрунтований метод для європейського контексту [2].

Для України стратегічно важливо впроваджувати обидва стандарти залежно від джерела фінансування проєкту. BREEAM є кращим для муніципальних об'єктів та проєктів, що фінансуються європейськими інституціями (EBRD, EIB), тоді як LEED забезпечує високу ринкову ліквідність для приватного девелопменту.

Перелік використаних джерел

1. Casey, Cillian. (2025, February, 6). EPBD: BREEAM vs. LEED: Understanding key differences in green building certifications. *CIM, The leading Property Operations platform*. <https://www.cim.io/blog/breeam-vs-leed-understanding-key-differences-in-green-building-certifications>
2. *LEED vs BREEAM: Key Differences and Choosing the Right Certification*. (2020). GBRI, Sustainability, Education, Empowerment. <https://www.gbrionline.org/leed-vs-breeam/>

УДК 504.53.054:620.3:546.72:546.3

Осташук І.¹

Студент групи ТЗ-22-1

Коцюбинський А. О.¹

к. фіз.-мат. н. доцент

¹*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ НАНОЧАСТИНОК НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Забруднення ґрунтів важкими металами є однією з актуальних екологічних проблем сучасності, оскільки такі забруднювачі характеризуються високою токсичністю, стійкістю у навколишньому середовищі, здатністю до накопичення у ґрунтовому профілі та переходу в рослини. Особливу небезпеку становлять свинець, кадмій, ртуть, нікель, хром, цинк і мідь, які надходять у ґрунти внаслідок промислової діяльності, роботи транспорту, спалювання палива, утворення промислових і побутових відходів, а також через недостатньо очищені стічні води. Потрапляючи у ґрунт, важкі метали можуть зв'язуватися з органічною речовиною, адсорбуватися на поверхні мінеральних частинок, утворювати малорозчинні сполуки або переходити у рухомі форми. Їх поведінка значною мірою залежить від кислотності ґрунту, вмісту гумусу, гранулометричного складу, вологості та наявності інших іонів. У кислих ґрунтах більшість металів стає більш рухливою і доступною для рослин, що підвищує ризик їх потрапляння у харчові ланцюги [2, 4sk].

Для використання композитних наночастинок на основі заліза для очищення ґрунтів, забруднених важкими металами, передбачено аналіз сучасних підходів до очищення ґрунтів, характеристику основних джерел надходження важких металів, вивчення особливостей їхньої поведінки у ґрунтовому

середовищі та оцінку перспектив застосування наночастинок феруму як ефективного сорбційного й реакційного матеріалу. Сучасні методи очищення ґрунтів від важких металів умовно поділяють на фізичні, хімічні, біологічні та інноваційні нанотехнологічні. До фізичних методів належать екскавація, промивання, термічна обробка та ізоляція забруднених ділянок. Вони можуть бути ефективними, однак часто потребують значних фінансових витрат, спеціального обладнання та можуть призводити до порушення природної структури ґрунту [3]. Хімічні методи ґрунтуються на зміні форми існування забруднювачів, зокрема шляхом осадження, окисно-відновних реакцій, комплексоутворення, іонного обміну та іммобілізації. Такі підходи дозволяють зменшити рухливість і токсичність металів, проте не завжди забезпечують їх повне вилучення з ґрунтового середовища. Біологічні методи, зокрема фітореMediaція, біореMediaція та мікореMediaція, є екологічно безпечними, оскільки базуються на використанні рослин, мікроорганізмів і грибів. Водночас їхнім обмеженням є тривалість процесу очищення та залежність ефективності від кліматичних і ґрунтових умов, а також від рівня забруднення [3]. Одним із найперспективніших напрямів є використання наночастинок заліза, зокрема наночастинок нульвалентного заліза Fe^0 та композитних матеріалів на його основі. Їхня ефективність зумовлена малими розмірами, великою питомою поверхнею та високою реакційною здатністю. Наночастинки феруму здатні взаємодіяти з іонами важких металів через механізми адсорбції, осадження та окисно-відновних реакцій. У процесі очищення нульвалентне залізо може виступати відновником, сприяючи переходу токсичних форм металів у менш небезпечні. Одночасно продукти окиснення заліза — оксиди та гідроксиди феруму — виконують роль додаткових сорбентів, які фіксують важкі метали та зменшують їхню рухливість. Це дає змогу знизити біодоступність забруднювачів і ризик їхнього потрапляння у рослини та підземні води.

Важливою перевагою композитних наночастинок на основі заліза є можливість їх застосування безпосередньо на забрудненій ділянці без вилучення ґрунту. Такий підхід дозволяє мінімізувати механічне порушення ґрунтового покриву, зменшити витрати на транспортування забруднених мас і підвищити ефективність локальної ремедіації. Крім того, деякі залізовмісні наноматеріали мають магнітні властивості, що відкриває перспективи їх подальшого вилучення з ґрунту після завершення процесу очищення.

Застосування композитних наночастинок на основі заліза є перспективним напрямом у технологіях захисту навколишнього середовища. Такі матеріали можуть бути використані для зменшення токсичності, рухливості та біодоступності важких металів у ґрунтах. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення оптимальних умов синтезу наночастинок, оцінку їхньої ефективності щодо різних металів, а також аналіз можливого впливу наноматеріалів на ґрунтову біоту та екосистеми загалом.

Перелік використаних джерел

1. Dong J., Xu. Z., Kuznicki S.M. Magnetic multi-functional nano composites for envi-ronmental applications. Adv. Funct. Mater. 2009. 19: 1268–1275.
<https://doi.org/10.1002/adfm.200800982>.
2. Xie J., Wang Z., Wu D., Kong H. Synthesis and properties of zeolite/hydrated iron ox-ide composite from coal y ash as ecient adsorbent to simultaneously retain cationi-cand anionic pollutants from water. Fuel. 2014. 116: 71-76.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.07.126>.
3. Gidlow D.A. Lead toxicity. Occupational Medicine. 2004. 54: 76–81.
<https://doi.org/10.1093/occmed/kqh019>.
4. Тімошенко С. М., Смірнов О. М., Нємцев Е. М. Чисельні дослідження кінетики десульфурзації сталі при пневматичному перемішуванні. Метал та лиття України. 2023. Т. 31, № 4 (335). С. 18–24. DOI: 10.15407/steelcast2023.04.02.

УДК 628.1:628.3

Дарчі О.

Студентка групи ТЗ-25-1

Качала С. В.

к.т.н., доцент кафедри технології захисту
навколишнього середовища та безпеки праці

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Забруднення водних ресурсів є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. Інтенсивний розвиток промисловості, аграрного сектору та урбанізація спричиняють зростання обсягів стічних вод, що містять небезпечні домішки: важкі метали, нафтопродукти, пестициди, органічні речовини та патогенні мікроорганізми. Це негативно впливає на стан екосистем і здоров'я населення, що зумовлює необхідність впровадження ефективних технологій очищення води.

Сучасні технології забезпечують глибоке очищення води від солей, важких металів, бактерій і вірусів. Зокрема, зворотний осмос широко використовується для отримання питної води високої якості.

Одним із найважливіших завдань екологічної безпеки є очищення води, адже вона використовується для питних, господарських, промислових і сільськогосподарських потреб. Забруднення водних ресурсів може бути спричинене скиданням недостатньо очищених стічних вод, потраплянням нафтопродуктів, важких металів, пестицидів, органічних речовин, мікропластику та патогенних мікроорганізмів. Для очищення води застосовують механічні, фізико-хімічні, хімічні та біологічні методи. Механічне очищення передбачає видалення великих завислих частинок, піску, сміття та інших нерозчинних домішок за допомогою решіток, сит, пісколовок, відстійників і

фільтрів. Зазвичай цей етап є початковим і дає змогу підготувати воду до подальшого глибшого очищення. Фізико-хімічні методи очищення води включають коагуляцію, флокуляцію, флотацію, адсорбцію, іонний обмін і мембранні процеси. Особливо ефективною є адсорбція на активованому вугіллі, яка дозволяє вилучати з води органічні забруднювачі, залишки нафтопродуктів, неприємні запахи, барвники та окремі токсичні речовини. До сучасних і високоефективних методів належать мембранні технології: зворотний осмос, ультрафільтрація, нанофільтрація та мікрофільтрація (рис.1). Вони забезпечують видалення розчинених солей, важких металів, мікроорганізмів, колоїдних частинок і багатьох небезпечних домішок. Зворотний осмос використовують для глибокого очищення й опріснення води, а ультрафільтрація ефективно затримує бактерії, віруси, завислі речовини та високомолекулярні органічні сполуки.

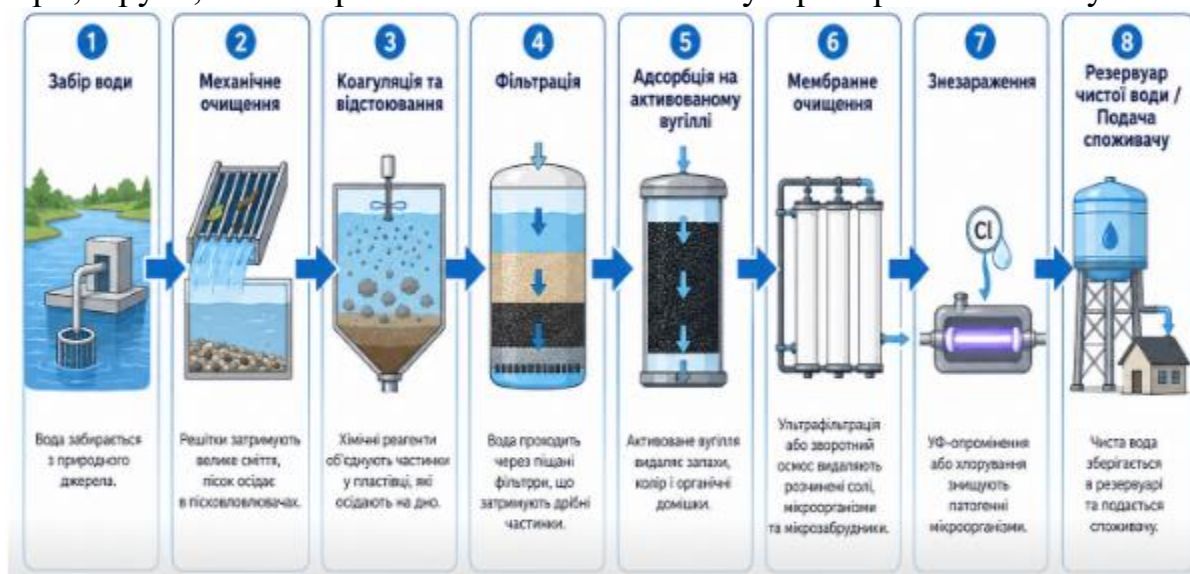


Рис.1. Схема очищення води

Важливе місце серед технологій очищення води займають біологічні методи. Вони ґрунтуються на здатності мікроорганізмів розкладати органічні речовини та перетворювати забруднювачі на менш небезпечні сполуки. Біологічне очищення широко застосовується на очисних спорудах комунальних і промислових стічних вод. До таких методів належать використання активного мулу, біофільтрів, аеротенків, біореакторів і штучних водно-болотних угідь. Перевагою біологічного очищення є його екологічна доцільність, можливість обробки великих обсягів стічних вод і зниження концентрації органічного забруднення.

Сучасні технології очищення води є ключовим інструментом забезпечення екологічної безпеки. Найбільш ефективними є комбіновані системи, що поєднують механічні, фізико-хімічні та біологічні методи. Особливу перспективу мають мембранні технології, які забезпечують високий рівень очищення води. Їх впровадження сприяє сталому розвитку та збереженню водних ресурсів.

Перелік використаних джерел

1. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. – 4th ed., 2022. – Режим доступу: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240049950>

2. United Nations Environment Programme (UNEP). Water Pollution and Human Health. – 2023. – Режим доступа: <https://www.unep.org>

3. European Environment Agency. Water quality in Europe – 2023 report. – Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu>

УДК 502.174:658.567:504.06

Kaiuk S.I.

obtaining the first (bachelor) level of higher education

Kachala S.V.

Associate Professor of the Department of Environmental Protection Technologies and Occupational Safety

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

LOW-WASTE, ZERO-WASTE, AND RESOURCE-EFFICIENT PRODUCTION

In an era of global climate challenges and the rapid depletion of natural resources, the traditional linear “extract–consume–dispose” economic model has reached the limits of its potential. The transition to low-waste and zero-waste production (LZWP) is becoming not merely a strategy for environmental protection, but a necessary condition for the survival of the industrial sector [1]. Resource efficiency in this context is viewed as a comprehensive indicator that combines the minimization of material costs with the maximization of environmental safety.

Zero-waste production is an idealized model in which all raw materials and energy are used as efficiently as possible within a closed-loop system [3]. At the current stage of scientific development, this term refers to a form of organizing technological processes in which the waste from one production process becomes raw material for another, and the environmental impact does not exceed the level established by regulations.

Resource-efficient systems are based on the comprehensive extraction of raw material components and the cyclical supply of energy and water to minimize costs and reduce ecotoxicity by replacing hazardous reagents at the design stage. This approach ensures a sustainable eco-interaction model.

The analytical review identifies three levels of implementation for zero-waste technologies: local (modernization of components such as filter-recuperators), systemic (industrial symbiosis and resource exchange between enterprises), and global. The latter is based on the circular economy, which involves extending the product lifecycle and developing upcycling[3]. This approach transforms waste into highly liquid goods, forming a comprehensive resource efficiency strategy[2].

Digitalization through “Industry 4.0” tools enables intelligent resource management, where IoT sensors allow for real-time monitoring of raw material losses. The use of digital twins helps model cycles to minimize waste, while blockchain technology ensures transparency in the tracking of secondary raw materials. This

combination of IT solutions transforms digital data into an effective tool for the environmental optimization of production.

Resource-efficient technologies are a key tool for adapting to climate change. Reducing the energy intensity of production automatically leads to a reduction in greenhouse gas emissions (carbon footprint). In addition, the implementation of zero-waste cycles allows enterprises to reduce their dependence on imported raw materials and the volatility of energy prices, which enhances national economic security[1,2].

Conclusion. Low-waste and zero-waste production are not merely a technological choice but a new philosophy of engineering thought. Combining an analytical approach to resource management with the latest IT solutions makes it possible to create a sustainable industrial base capable of functioning effectively under environmental constraints. Further research should focus on developing industry-specific zero-waste standards and encouraging investment in the “green” modernization of enterprises.

REFERENCES

1. On Waste Management: Law of Ukraine No. 2320-IX dated June 20, 2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20> (accessed: April 26, 2026).
2. National Waste Management Plan until 2033: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1353-r of December 27, 2024.
3. Melnik, L. G. Fundamentals of the Circular Economy: Textbook. Sumy: VTD “University Book,” 2024. 320 pp.

УДК 631.4 332.33

Майданник Д.

студент групи ТЗ-25-1

Качала С.В.

к.т.н., доцент кафедри технології захисту
навколишнього середовища та безпеки праці

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ В УМОВАХ ВІЙНИ

Глобальні виклики, спричинені війною в Україні, зумовлюють критичну необхідність відновлення земельних ресурсів, які є основою продовольчої безпеки. В Україні, де зосереджено близько третини світових чорноземів, воєнні дії завдають катастрофічної шкоди саме верхнім шарам ґрунту, природне відновлення яких триває десятиліттями [1].

Проблема деградації та оцінка пошкоджень є критично важливим питанням. Окрім хімічного забруднення, виникає проблема фізичного руйнування структури ґрунту. Збитки лише за перші місяці повномасштабного вторгнення оцінюються у десятки мільярдів гривень [2]. Важливим аспектом є необхідність точних математичних розрахунків для технічного етапу рекультивації. Наприклад, об'єм ґрунту, необхідний для засипки вирв від

вибухів, розраховується на основі їх геометричних параметрів (радіуса та глибини), що дозволяє ефективно планувати логістику відновлювальних робіт [1].

Не всі землі підлягають негайному поверненню в обіг. Згідно з законодавством, землі, що зазнали сильного техногенного забруднення, повинні проходити процедуру консервації — припинення господарського використання для природного відновлення екосистеми [1]. Це особливо важливо для територій, де рівень токсичних речовин перевищує гранично допустимі концентрації.

Доцільним є широке впровадження цифрових технологій у процес рекультивації порушених територій, зокрема застосування геоінформаційних систем для створення та оновлення цифрових карт деградованих земель. Також використання методів штучного інтелекту і нейромереж для автоматизованого аналізу супутникових знімків з метою ідентифікації вив, зон просідання ґрунту та осередків хімічного забруднення. Важливим напрямом є розвиток біоремедіаційних технологій, зокрема фіторемедіації, що базується на використанні метаболічного потенціалу мікроорганізмів і рослин для очищення ґрунтів від нафтопродуктів і важких металів. Інтеграція зазначених підходів формує комплексну модель відновлення територій, яка поєднує цифровий моніторинг, інтелектуальний аналіз даних і природоорієнтовані рішення [2]. Це у свою чергу, забезпечує підвищення точності оцінки ступеня деградації земель, оптимізацію управлінських рішень і ефективне використання ресурсів у процесі післявоєнної відбудови при мінімізації екологічних ризиків.

Відновлення порушених територій потребує не лише механічної рекультивації, а й комплексного наукового підходу. Поєднання традиційних методів засипки та вирівнювання з інноваційним моніторингом на основі штучного інтелекту дозволить мінімізувати екологічні ризики та повернути землі до безпечного використання.

Список використаної літератури

1. Камінський В.Ф., Ткаченко М.А. та ін. Методичні рекомендації щодо відновлення земель сільськогосподарського призначення, порушених внаслідок воєнних дій. Чабани: ННЦ «ІЗ НААН», 2023. 84 с. URL : https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2024/03/verstka_hab.pdf
2. Наумчук В.В. Стратегії відновлення та рекультивації земель після воєнних конфліктів. *Economics*. 2024. № 7 (24). С. 239–248. URL : https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/07/7.24._topic_Viktor-Naumchuk-239-248.pdf

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

У сучасному світі проблема відходів є однією з найактуальніших екологічних загроз. Зростання обсягів споживання призводить до збільшення кількості сміття, що негативно впливає на довкілля, здоров'я людей та економіку. Саме тому впровадження екологічно безпечних технологій управління відходами є необхідною умовою сталого розвитку суспільства.

В Україні останніми роками активно відбувається реформування сфери управління відходами. Згідно з матеріалами Міністерства розвитку громад та територій, держава орієнтується на міжнародний досвід, зокрема країн Європейського Союзу, де вже давно впроваджено ефективні системи сортування, переробки та повторного використання ресурсів. Основною метою є перехід від захоронення відходів до їх максимальної утилізації та рециклінгу.

Важливим кроком 2022 року стало прийняття Закону України «Про управління відходами» (№ 2320-IX від 20.06.2022). Цей закон встановлює сучасну ієрархію поводження з відходами, яка передбачає: запобігання утворенню відходів, підготовку до повторного використання, переробку, інші види утилізації та лише в останню чергу — захоронення. Такий підхід відповідає європейським стандартам і спрямований на мінімізацію шкоди довкіллю [1-2].

Однією з ключових екологічно безпечних технологій є сортування відходів. Воно дозволяє відокремлювати придатні для переробки матеріали (пластик, скло, папір, метал) від органічних та небезпечних відходів. Це значно зменшує обсяг сміття, яке потрапляє на полігони, і сприяє повторному використанню ресурсів.

Ще однією важливою технологією є рециклінг (переробка). Завдяки переробці відходів можна отримувати нові матеріали або енергію. Наприклад, пластик переробляється у нові вироби, а органічні відходи можуть використовуватись для виробництва біогазу або компосту. Це не тільки зменшує навантаження на довкілля, а й сприяє розвитку економіки замкнутого циклу.

Значну роль відіграє також компостування — екологічно безпечний спосіб переробки органічних відходів. У результаті цього процесу утворюється компост, який може використовуватись як добриво. Це дозволяє зменшити кількість відходів і водночас покращити якість ґрунтів.

В Україні також розвивається напрямок енергетичної утилізації відходів, зокрема спалювання з отриманням енергії. Однак такі технології повинні відповідати суворим екологічним нормам, щоб уникнути забруднення повітря.

Європейська директива 2008/98/ЄС визначає основні принципи управління відходами, серед яких — відповідальність виробника, запобігання утворенню відходів та їх безпечна утилізація. Україна поступово впроваджує ці підходи, адаптуючи законодавство до стандартів ЄС [3-4].

Таким чином, екологічно безпечні технології управління відходами включають сортування, переробку, компостування та енергетичну утилізацію. Їх впровадження є необхідним для зменшення негативного впливу на довкілля та переходу до сталого розвитку. В Україні вже зроблено важливі кроки у цьому напрямку, однак для досягнення високих результатів необхідна активна участь як держави, так і громадян.

Список використаної літератури

1 Україна на шляху до сталої моделі управління відходами: міжнародний досвід та перспективи: веб-сайт Міністерства розвитку громад та територій України. URL: <https://mindev.gov.ua/news/ukraina-na-shliakhu-do-staloi-modeli-upravlinnia-vidkhodamy-mizhnarodnyi-dosvid-ta-perspektyvy>.

2 Фандеєв О. Управління відходами: особливості «смітчевої» реформи в Україні *Охорона праці*. 2025. №8 URL: <https://ohoronapraci.kiev.ua/article/bezpeka-praci/upravlinna-vidhodami-osoblivosti-smittevoi-reformi-v-ukraini>.

3 Про управління відходами: Закон України від 20 червня 2022 року №2320-IX URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>.

4 Директива Європейського Парламенту і Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року про відходи та про скасування деяких директив URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_029-08#Text.

Семчук Я. М.

д.т.н., професор каф. Технології захисту
навколишнього середовища та безпеки праці

Федоляк Н.В.,

зав. лаб. каф. Технології захисту
навколишнього середовища та безпеки праці

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ

В умовах активних бойових дій для гідротехнічних об'єктів енергетики існує значна небезпека забруднення хімічними речовинами, що містяться у снарядах, ракетах, БПЛА та інших засобах ураження.

Гідротехнічні об'єкти ТЕС, зокрема ставки-охолоджувачі, є відносно безпечним і контрольованим простором, зручним для перехоплення ракет та БПЛА, які знижуються під час атак. Унаслідок цього дно таких водойм часто стає місцем накопичення уламків атакуючих об'єктів – здетонувавших та потенційно небезпечних. До води можуть потрапляти бойові частини ракет, залишки токсичного авіапального, оскільки в умовах водного середовища ракетне паливо не має умов для повного згоряння.

Об'єкти тепло- та електрогенерації зазнають атак ракетами, оснащеними турбореактивними двигунами, які працюють на авіаційному паливі «Децилін» (Т-10). Кількість такого пального залежить від дальності польоту та модифікації ракети і може сягати 1,5 т. «Децилін» (Т-10) — синтетичне висококалорійне авіаційне паливо з формулою $C_{10}H_{16}$, що характеризується високою плинністю та токсичністю. Воно небезпечне для органів дихання, подразнює шкіру та є смертельним при потрапленні в організм. Потрапляння його у водойми негативно впливає на флору та фауну ставка-охолоджувача і водних об'єктів, куди здійснюється скид вод, а також створює загрозу для населення прилеглих територій.

Вода зі ставка-охолоджувача може просочуватися у водоносні горизонти, а звідти – потрапляти до об'єктів водозабору місцевого населення, забруднюючи питну воду. Для мінімізації негативного впливу рекомендовано застосовувати гідрофобні сорбенти під контролем фахівців. До повної ліквідації витoku скид води зі ставка-охолоджувача не допускається.

Паливо застарілих радянських ракет є ще більш небезпечне. Ці ракети використовуються країною-агресором до цих пір. Вони оснащені двигунами на рідкому двокомпонентному паливі: як пальне використовується суміш ТГ-02, а як окиснювач — розчин АК-27И на основі азотної кислоти (так звані персоліні кислоти). Це надзвичайно агресивні та токсичні речовини, робота з якими потребує спеціальних захисних костюмів та ізолювальних протигазів. Під час

роботи з таким ракетним паливом обов'язково здійснюється контроль можливих витоків за допомогою газоаналізаторів.

Потрапляння такого ракетного палива у водойми призводить до зміни хімічного складу води, підвищення кислотності та виникнення небезпечних хімічних реакцій з утворенням нових токсичних сполук. Це може спричинити масову загибель водних рослин і тварин через порушення рівня рН та стати причиною екологічної катастрофи. Для ліквідації надзвичайних ситуацій такого типу рекомендовано діяти відповідно до чинних нормативних документів [1].

Крім зазначених речовин, у водойми можуть потрапляти гептил (диметилгідразин), тетраоксид азоту (N_2O_4), гідразин (N_2H_4), а також метали — алюміній, мідь, цинк, нікель та інші компоненти ракетного палива. Унаслідок детонації утворюються чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO_2), оксиди азоту, формальдегід, пари ціанідної кислоти та інші токсичні органічні сполуки. Ці речовини змінюють хімічний склад води, негативно впливають на водну флору і фауну, а тверді продукти неповного згоряння осідають на дно водойм. У разі руйнування дамб або перемішування донних відкладів забруднювачі можуть повторно потрапляти у воду, значно погіршуючи її якість і роблячи непридатною для питного водопостачання, сільського господарства, рибальства та рекреаційного використання. Шкідливі речовини також розносяться вітром, осідають на рослинності та згодом поширюються ґрунтовими й підземними водами на значні території.

З метою мінімізації наслідків забруднення доцільно впроваджувати такі заходи:

1. Видалення та локалізація забруднювачів. Для очищення води доцільно використовувати спеціалізовані технології нейтралізації токсичних речовин, а також оперативно встановлювати бонові загородження та сорбційні бар'єри для запобігання поширенню забруднення.

2. Вилучення уламків ракет і БПЛА. Необхідно проводити обстеження дна ставка-охолоджувача із застосуванням водолазних груп, дистанційно керованих апаратів або гідролокаційного обладнання для виявлення та безпечного вилучення уламків і залишків пального.

3. Моніторинг водних ресурсів. Після атаки необхідно здійснювати постійний контроль якості води у гідротехнічних спорудах і прилеглих територіях для своєчасного виявлення токсичних речовин. Моніторинг слід проводити до повного видалення уламків та небезпечних компонентів із водойми. Оскільки токсичні речовини накопичуються у донних відкладах, необхідно регулярно брати на аналіз мул на вміст важких металів, нафтопродуктів і токсичних сполук, а за потреби видаляти або ізолювати.

4. Автоматизація екологічного контролю. Рекомендовано впроваджувати автоматизовані системи моніторингу якості води з давачами рН, вмісту нафтопродуктів, токсичних речовин та важких металів для оперативного реагування на зміни екологічного стану водойм.

5. Рекультивация та біоремедіація. Після ліквідації аварії доцільно застосовувати методи біоремедіації із використанням мікроорганізмів, водоростей або рослин, здатних поглинати та розкласти токсичні речовини.

6. Розроблення планів аварійного реагування та інформування населення.

7. Міжвідомча співпраця та прогнозування ризиків. Важливо забезпечити взаємодію екологічних служб, ДСНС, водогосподарських організацій і наукових установ, а також використовувати математичне моделювання для прогнозування поширення забруднення та оцінки його наслідків.

Отже, потрапляння компонентів ракетного палива у водойми є серйозною екологічною загрозою, яка потребує оперативного реагування, постійного моніторингу та впровадження комплексних природоохоронних заходів для мінімізації ризиків для довкілля та населення.

Перелік використаних джерел

1. Порядок проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30 жовтня 2013 р. № 841.

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/841-2013-%D0%BF#Text>

УДК 72.012.8:573.6

Яцишин Я. Р.

студентка групи АР-202¹

Орфанова М.М.

к.т.н., доц., завідувач кафедри екології²

¹ Національний університет «Львівська політехніка»

² Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

БІОНІЧНИЙ ПІДХІД В АРХІТЕКТУРІ ЯК ЗАСІБ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО БАЛАНСУ

Архітектурна біоніка двадцять першого століття є новим напрямком у сфері архітектури, який поєднує принципи біології та природних систем зі сучасними технологіями та матеріалами. В Україні цей напрямок стрімко розвивається, чим надихає та привертає увагу дизайнерів архітекторів, дослідників для втілення новаторських ідей та екологічних принципів будівництва. [1] Біонічна архітектура – це не просто копіювання природних форм чи декор у стилі “біо”, а глибоке переосмислення природних закономірностей, таких як: еволюційна доцільність форм, адаптивність до навколишнього середовища, енергоефективність природних систем, міцність при малій вазі для створення максимально ефективних та екологічних споруд [2].

Процес біонічного проектування складається насамперед з аналізу природних аналогів, моделювання поведінки форми з урахуванням навантажень, руху повітря, світла, води. Згодом настають етапи трансформації у архітектурні елементи — покрівлі, фасади, опори, вентиляція, освітлення тощо та інтеграції з

ландшафтом. У результаті з'являються форми, що одночасно вражають, оптимізують ресурси і краще вписуються у природу. [3]

Його основними перевагами є оптимізація ресурсів – біонічні структури (наприклад, сітчасті оболонки, що повторюють структуру кісток або стебел рослин) дозволяють будувати міцні споруди з мінімальною кількістю матеріалів. Це напряму знижує антропогенне навантаження, бо зменшується видобуток сировини. Саморегуляція та мікроклімат: замість енерговитратних кондиціонерів архітектори використовують принципи термітників (пасивна вентиляція) або кактусів (складна поверхня, що сама себе затінює). Це дозволяє будівлі «дихати» і підтримувати температуру природним шляхом. Крім того, біонічні будівлі зазвичай мають обтічні форми, які не порушують природні повітряні потоки та дозволяють опадам безперешкодно потрапляти в ґрунт, запобігаючи ерозії навколо фундаменту. А створення фасадів, що реагують на сонце подібно до соняшника, або поверхонь, що самоочищуються, як листя лотоса, зменшує використання хімічних засобів для догляду за будівлею. [4]

В умовах України, де часто панують практичність і обмежені бюджети, біоніка може здаватися дещо розкішною, однак є низка варіантів для виходу із ситуації. Біонічні елементи можна інтегрувати частково — у фасади, дахові конструкції, навіси. Застосування біоінспірованих форм у громадських просторах (наприклад, парки, павільйони, музеї) буде підвищувати туристичну та культурну привабливість. Сучасні українські студії поступово звертаються до органіки, наприклад, у проектах ландшафтних центрів, медичних закладів, рекреаційних об'єктів. Також, біоніка особливо актуальна для будівель на природних територіях — у Карпатах, на узбережжях, у степах. Там, де важливо не порушити, а доповнити природний ландшафт. [5]

Отже, в Україні біонічна архітектура перебуває на етапі переходу від поодиноких експериментальних об'єктів до системного наукового підходу, особливо в контексті повоєнного відновлення "Build Back Better". Розгляд даної системи розвитку є справді важливим, оскільки він забезпечить перехід від мінімізації шкоди від архітектурних проєктів до будівель-продуцентів, що працюють як частина природного циклу, психоемоційне відновлення і антистресовий ефект в реабілітаційних центрах та житлі, ресурсоефективність із застосуванням алгоритмів, що імітують природні структури (дозволить економити попередньо до 30–40% матеріалів), енергетичну автономію та біогенне будівництво для створення «живих» оболонок із низьким вуглецевим слідом.

Перелік використаних джерел

1. Жежеря О. Архітектурна біоніка в Україні: аналіз об'єктів ХХІ століття. Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка . 2024. 135 с.

2. Просторовий розвиток: Науковий збірник. головн. ред. О. Шкуратов. – К., КНУБА, 2025. 100 с.

3. Жежеря О. Архітектурна біоніка в Україні: аналіз об'єктів ХХІ століття. Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наукових праць

молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка . 2024. 137 с.

4. Pawlyn M. Biomimicry in Architecture. London : RIBA Publishing, 2011. 4p.

5. Архітектурне проектування та архітектурна біоніка: коли форма — не просто краса, а функція. MetaUrban: веб-сайт. URL:<https://metaurban.com.ua/arhitekturne-proektuvannya-ta-arhitekturna-bionika-koly-forma-ne-prosto-krasa-a-funkczyia/> (дата звернення: 07.05.2026).

УДК 546.72-31: 544.723.212:628.544

Боднарук Я.С.¹

студентка групи Б-25-1

Науковий керівник: **Лясковська М.Р.^{1а,2б}**

асистент кафедри Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці^а

асистент кафедри Біологічної та медичної хімії імені академіка

Г.О.Бабенка^б

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу¹

Івано-Франківський національний медичний університет²

ФЕРИТИ ТА ЕФЕКТИВНІ МАГНІТНІ АДСОРБЕНТИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Стрімкий розвиток промисловості призводить до значного забруднення стічних вод іонами важких металів такими як свинець, мідь, кадмій та токсичними органічними сполуками. Традиційні методи часто є високовартісними, потребують багато часу або утворюють велику кількість вторинного токсичного шламу [1]. Тому адсорбція вважається одним із найефективніших та найпростіших методів, проте класичні порошкові сорбенти вкрай важко відділити від очищеної води на фінальних етапах, що зумовлює пошук нових підходів до вилучення відпрацьованого адсорбента [2]. Використання магнітних наноматеріалів, зокрема феритів зі структурою шпінелі, успішно вирішує цю проблему. Вони володіють розвиненою питомою поверхнею, високою реакційною здатністю та найголовніше легко й швидко вилучаються з розчину за допомогою звичайного зовнішнього магнітного поля[3,4]. У зв'язку з цим актуальним є дослідження їх адсорбційних властивостей для створення нових систем водоочищення. Метою дослідження є оцінка ефективності використання магнітних феритних наночастинок для очищення водних розчинів від іонів важких металів та обґрунтування їх практичного застосування. [5].

Ці магнітні адсорбенти можуть бути використані для розробки компактних і швидкодіючих систем очищення промислових стічних вод; створення локальних установок водопідготовки на підприємствах хімічної та гальванічної

промисловості; зниження екологічних ризиків від вторинного забруднення води шламами; інтенсифікації процесів розділення фаз у водоочисних технологіях.

Отже, нанорозмірні магнітні ферити є високоефективними адсорбентами для вилучення іонів важких металів з водного середовища завдяки великій питомій поверхні та наявності активних функціональних груп. Ключовим фактором, що визначає ступінь очищення, є кислотність (рН) розчину, з експлуатаційним оптимумом у діапазоні рН 5-7. Використання магнітної сепарації суттєво спрощує та пришвидшує технологічну схему водоочищення порівняно з традиційними методами такими як фільтрування чи тривалого відстоювання. Ще одним важливим чинником, який дозволяє використовувати шпінельні ферити як адсорбенти для очищення води є високий потенціал регенерації та можливість багаторазового використання магнітних феритів що робить їх застосування економічно вигідним та екологічно доцільним.

Перелік використаних джерел

1. Zhao X. et al. Magnetic spinel ferrite nanoparticles for water purification. *Materials Today Chemistry*, 2018. Vol. 8. P. 15-28.
2. ДСТУ ISO 5667-3:2001. Якість води. Відбір проб. Частина 3. Настанови щодо збереження та поводження з пробами. Київ: Держстандарт України, 2002. 35 с.
3. Ho Y. S., McKay G. Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochemistry*, 1999. Vol. 34(5). P. 451-465.
4. Wang J., Chen C. Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology Advances*, 2009. Vol. 27(2). P. 195-226.
5. Мельник Л. А. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод магнітними сорбентами: монографія. Київ: Наукова пума 2021 240 с.

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ПРИДОРОЖНІХ ТЕРИТОРІЙ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Поширений вплив транспортних засобів на міське середовище створює значну екологічну проблему. Під час роботи автомобілі викидають в атмосферу частинки важких металів, які згодом осідають на землю. Оскільки ґрунт має здатність накопичувати ці речовини роками, придорожні зони перетворюються на зони екологічного ризику. Свинець, кадмій та цинк є найбільш небезпечними елементами, що руйнують природну структуру ґрунту та можуть потрапляти у продукти харчування, що вирощуються поблизу доріг [1].

Важливо розуміти, що метали потрапляють у довкілля не тільки через вихлопну трубу. Як зазначають фахівці у сфері транспортної екології, велика частина шкідливих речовин виділяється при зносі гальмівних колодок, протекторів шин та внаслідок корозії кузова. Цинк та кадмій активно потрапляють у землю саме від стирання гуми під час тертя об асфальт. Основна частина осідає переважно на ділянку завширшки до 15–20 метрів від краю дороги [2].

Хімічна небезпека металів залежить від їхньої форми. У ґрунтах вони можуть бути у зв'язаному стані або у рухливому. Саме рухливі форми вимиваються поверхневими водами та є токсичними для довкілля. Дослідження показують, що зміна кислотності ґрунту, яка часто відбувається через кислотні опади, призводить до того, що метали починають активніше входити у глибші шари землі. Для оцінки такого стану використовують порівняння з гранично допустимими концентраціями, що дозволяє зрозуміти ступінь безпеки конкретної ділянки [3].

Рівень забруднення постійно найвищий у районах з інтенсивним рухом транспорту та частим гальмуванням, таких як біля світлофорів, перехресть та підйомів. У цих місцях свинець та кадмій може перевищувати норму у кілька разів. Зі збільшенням відстані від дороги концентрація швидко падає, і вже на відстані 50 метрів зазвичай не перевищує фонових значень [4].

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що ситуація з придорожніми ґрунтами потребує постійної уваги. Для ефективного обмеження поширення

металів найперспективніший підхід включає створення багатоярусних захисних лісосмуг вздовж магістралей. Вони працюють як природний фільтр, затримуючи токсичний пил. Разом із регулярним хімічним контролем ґрунтів це дозволить захистити довкілля та наше здоров'я від негативних наслідків. Також критично важливо проводити регулярні хімічні заміри, щоб розуміти, коли рівень металів починає перевищувати безпечні межі.

Перелік використаних джерел

1. Запорожець О. І., Бойченко С. В. Транспортна екологія : підручник. Київ : Книжкове вид-во НАУ, 2017. 512 с.
2. Фурдичко О. І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України : монографія. Київ : ДІА, 2014. 432 с.
3. Українська екологічна енциклопедія / за ред. А. В. Толстоухова. Київ : ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2007. 824 с.
4. Еколого-геохімічні дослідження навколишнього середовища : монографія / за ред. В. Г. Марушевського. Київ : Інститут географії НАН України, 2012. 230 с.

УДК 631.4:504.5:355.48

Грицуляк В. М.¹

Студент групи ТЗ-25-1

Волошин Ю.Д.¹

к. т. н. доцент

Федорко Н.Б.²

Викладач

¹*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

²*Івано-Франківський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування*

ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД: ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ

Воєнні дії спричиняють значний негативний вплив на ґрунтовий покрив, що проявляється у механічному руйнуванні структури ґрунту, його ущільненні важкою технікою, утворенні вирв, забрудненні важкими металами, залишками вибухових речовин, нафтопродуктами, продуктами горіння та іншими токсичними сполуками. У післявоєнний період проблема відновлення ґрунтів набуває особливої актуальності, оскільки ґрунт є основою сільськогосподарського виробництва, важливим компонентом екосистем і природним ресурсом, від якого залежить продовольча безпека, якість довкілля та здоров'я населення. Деградація ґрунтів має довготривалі наслідки, адже порушуються процеси гумусоутворення, знижується біологічна активність, погіршуються водно-фізичні властивості та зменшується здатність ґрунту до самоочищення [1, 3].

Метою дослідження є обґрунтування основних напрямів відновлення ґрунтів, пошкоджених унаслідок воєнних дій, а також визначення перспективних технологій їх екологічної реабілітації у післявоєнний період. Особливу увагу слід приділяти комплексному підходу до оцінки стану земель, оскільки різні території можуть мати неоднаковий рівень забруднення та пошкодження. Насамперед необхідно проводити обстеження і картографування забруднених ділянок із використанням лабораторного аналізу ґрунтів, геоінформаційних систем, дистанційного зондування Землі та екологічного моніторингу. Це дозволить визначити типи забруднювачів, рівень екологічного ризику та можливість подальшого використання земель.

Важливим етапом післявоєнного відновлення є оцінка небезпеки забруднених ґрунтів для населення, сільськогосподарської продукції, водних ресурсів і природних екосистем. Особливої уваги потребують землі, які використовуються або можуть бути використані для вирощування харчових культур, оскільки токсичні речовини здатні потрапляти у рослини, а далі — у харчові ланцюги. Після проведення екологічної оцінки необхідно обирати відповідні технології ремедіації, враховуючи тип забруднення, площу території, властивості ґрунту, кліматичні умови та майбутнє функціональне призначення земель [2, 3].

Одним із найбільш перспективних напрямів відновлення ґрунтів у післявоєнний період є застосування біологічних методів ремедіації, зокрема фіторемедіації та біоремедіації. Фіторемедіація передбачає використання рослин для вилучення, стабілізації або зменшення токсичності забруднювачів у ґрунті. Перспективними для цього є енергетичні культури, зокрема верба, міскантус, тополя та світчґрас, оскільки вони здатні накопичувати певні забруднюючі речовини, покращувати структуру ґрунту, запобігати ерозії та одночасно формувати біомасу, яку можна використовувати для енергетичних потреб. Такий підхід поєднує екологічне відновлення територій із розвитком відновлюваної енергетики [1, 2]. Біоремедіація ґрунтується на використанні мікроорганізмів, здатних розкласти органічні забруднювачі, знижувати токсичність нафтопродуктів, стимулювати процеси гумусоутворення та відновлювати біологічну активність ґрунту. Доцільним є застосування мікробних препаратів на основі бактерій родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azotobacter*, а також грибів роду *Trichoderma*. Такі мікроорганізми можуть сприяти поліпшенню живлення рослин, активізації ґрунтової мікрофлори та підвищенню стійкості агроекосистем до стресових умов. Для відновлення родючості ґрунтів важливе значення має внесення органічних добрив, компостів, біочару, використання сидеральних культур, вапнування кислих ґрунтів, агролісомеліорація, мінімальний або нульовий обробіток, а також створення постійного рослинного покриву. Особливо ефективним може бути поєднання фіторемедіації, біоремедіації та органічних меліорантів, оскільки такий підхід дозволяє одночасно зменшувати токсичність забруднювачів, покращувати фізико-хімічні властивості ґрунту, відновлювати його структуру та підвищувати біологічну активність.

Практичне значення відновлення ґрунтів у післявоєнний період полягає у можливості повернення пошкоджених земель у безпечне господарське використання, зменшенні екологічних ризиків, відновленні природних екосистем і забезпеченні сталого розвитку громад. Для цього необхідно розробляти регіональні програми моніторингу та реабілітації земель, які враховуватимуть рівень забруднення, тип ґрунтів, особливості клімату, потреби місцевого населення та економічні можливості територіальних громад.

Перелік використаних джерел

1. Kabinet Ministriv Ukrainy. Postanova "Pro zatverdzhennia Poriadku vyznachennia shkody ta zbytkiv, zavadanykh Ukraini vnaslidok zbroinoi ahresii Rosiiskoi Federatsii" № 326 vid 20 bereznia 2022 roku. URL:

<https://www.kmu.gov.ua/npas/prozatverdzhennya-poryadku-viznachennya-shkodi-tazbitkiv-zavdanih-ukrayini-vnaslidok-zbrojnoyi-agresiyi-rosijskoyi-federaciyi-326>

2. Natsionalne bahatstvo Ukrainy – chornozemy pid zahrozoiu znishchennia. URL: <http://www.golos.com.ua/article/366511>.

3. NUBiP Ukrainy (2022). Seminar «Zbytky zemlevlasnykiv ta zemlekorystuvachiv vnaslidok zbroinoi ahresii: fiksatsiia poshkodzen ta ruinuvannia, metodolohiia obrahunku, kompensatsiia». URL:

<https://www.youtube.com/watch?v=sunz1TNzl8o&t=459s>

УДК 504.054

Далабожак Л.¹

студентка групи Б-25-1

Лясковська.М.Р.^{1,2}

асистент кафедри Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці¹

асистент кафедри Біологічної та медичної хімії імені академіка Г.О.Бабенка²

¹*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

²*Івано-Франківський національний медичний університет*

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ФІТОЕКСТРАКЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТУ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

На сьогодні забруднення ґрунтів важкими металами є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності, оскільки ці елементи не руйнуються з часом, а лише накопичуються, потрапляючи в ланцюги живлення людини. Традиційні фізико-хімічні методи очищення територій часто є дуже дорогими та можуть погіршувати родючість землі, тому останнім часом увага науковців зосереджена на фіторемедіації. Одним із найефективніших підходів у цьому напрямі є фітоекстракція, яка полягає у здатності рослин поглинати метали з ґрунту корінням і переносити їх у свої надземні органи (пагони та

листя). Головна перевага цього методу полягає в його екологічності та відносній дешевизні порівняно з механічним вивезенням шару [2].

Успішність процесу очищення залежить від правильного вибору рослин, які називають гіперакумуляторами. Такі рослини здатні накопичувати у своїх тканинах концентрації металів, які є токсичними для більшості інших видів, при цьому не демонструючи ознак пригнічення росту. Важливо, щоб обрана культура мала велику біомасу та швидко росла, адже від кількості зібраної зеленої маси залежить обсяг вилучених із ґрунту шкідливих сполук. Найчастіше для очищення від свинцю, кадмію та цинку використовують представників родини Капустяних, а також швидкорослі дерева, такі як верба чи тополя [3].

Процес фітоекстракції відбувається у кілька етапів: спочатку коріння поглинає іони металів з ґрунтового розчину, потім вони транспортуються через стебло до листя, де і накопичуються до моменту збору врожаю. Після того як рослини досягли піку свого росту, їх скошують і утилізують. Одним із варіантів безпечної утилізації є спалювання такої біомаси в спеціальних установках для отримання енергії, після чого залишається попіл з високим вмістом металів, який набагато простіше захоронити або навіть переробити для повторного використання металів [1].

Ефективність поглинання металів рослинами значною мірою залежить від хімічних властивостей самого ґрунту, зокрема його кислотності (рН). Якщо ґрунт занадто лужний, важкі метали переходять у нерозчинну форму і стають недоступними для коренів. У таких випадках екологи іноді додають у ґрунт спеціальні речовини - хелати, які допомагають металам розчинятися і легше проникати всередину рослини. Проте використання таких добавок потребує обережності, щоб не спровокувати вимивання токсинів у підземні води [4].

Попри значні переваги, фітоекстракція має і певні обмеження. Основне з них це тривалість процесу. Оскільки рослини ростуть відповідно до природних циклів, для повного очищення сильно забрудненої ділянки може знадобитися кілька років або навіть десятиліть. Крім того, коріння більшості рослин проникає лише на певну глибину, тому глибокі шари ґрунту можуть залишатися забрудненими. Проте для відновлення великих площ сільськогосподарських угідь або територій біля промислових зон цей метод залишається найбільш перспективним через мінімальне втручання в структуру ґрунту [5].

Підсумовуючи, використання фітоекстракції дозволяє не лише очистити довкілля від небезпечних елементів, а й зберегти природні властивості землі. Подальші дослідження в цій галузі спрямовані на пошук нових видів рослин та методів стимуляції їхнього росту, що дозволить скоротити терміни рекультивації територій. Інтеграція фітоекстракції у загальну систему екологічного моніторингу є важливим кроком до сталого розвитку та безпечного землекористування [2].

Перелік використаних джерел

1. Гудков І. П. Фіторемедіація та її роль у захисті довкілля. Київ: Наукова думка, 2021. 210 с.

2. Мазур В.А., Панцирева Г.В. Екологічне обґрунтування технологій фіторемедіації забруднених ґрунтів. Вінниця: ВНАУ, 2020. 180 с.
3. Мельниченко О.М. Фіторемедіація як засіб відновлення порушених екосистем. Житомир: Видавництво ЖДУ, 2019. 145 с.
4. Рахметов Д.Б. Енергетичні рослини для фіторемедіації. Київ: Аграрна наука, 2018. 320 с.
5. Смірнов О. Є. Фізіологічні основи стійкості рослин до важких металів. Львів: Світ, 2022. 195 с.

УКД 504.53:614.7

Жарська.А.Б¹

студентка групи Б-25-1

Жара.Б.Г¹

студентка групи Б-25-1

науковий керівник– **Ляковська.М.Р^{1,2}**

асистент кафедри Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці¹

асистент кафедри Біологічної та медичної хімії імені академіка Г.О.Бабенка²

¹*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

²*Івано-Франківський національний медичний університет*

ФОСФАТНЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА ҐРУНТИ ВНАСЛІДОК ВИКОРИСТАННЯ МИЮЧИХ ЗАСОБІВ

Сучасний побут неможливий без масового використання синтетичних миючих засобів (СМЗ), значна частина яких містить фосфати як пом'якшувачі води [1]. Після використання ці сполуки потрапляють у стічні води, а за відсутності ефективної очистки безпосередньо у ґрунтове середовище. Надмірне надходження фосфору порушує природний баланс нутрієнтів, що призводить до трансформації хімічного складу ґрунтових розчинів [3]. Це питання є особливо критичним для приміських зон Івано-Франківської області, де рівень водовідведення залишається недостатнім через особливості ландшафту та забудови.

Метою роботи є обґрунтування рівня фосфатного навантаження на ґрунти та оцінка їхнього впливу на фізико-хімічні властивості субстрату. Для досягнення мети було проаналізовано вміст фосфатів у СМЗ, досліджено сорбційну здатність різних типів ґрунтів та експериментально оцінено зміну показників кислотності під впливом різних концентрацій розчинів [4].

Об'єктом дослідження виступали зразки чорноземів та дерново-підзолистих ґрунтів Прикарпаття. Експериментальна частина включала фотокolorиметричне визначення вмісту рухомих фосфатів за методом Деніже та потенціометричне

вимірювання активної кислотності. Моделювання процесу інфільтрації проводилося у лабораторних колонках шляхом пропуску розчинів СМЗ через

Встановлено, що чорноземи мають вищу здатність до фіксації фосфатів завдяки вмісту гумусу та катіонам кальцію, що сприяє закріпленню сполук у верхніх горизонтах. Натомість дерново-підзолисті ґрунти швидше насичуються, що веде до міграції фосфатів у нижні шари та потенційної загрози підземним водам [5]. Постійне потрапляння миючих розчинів спричиняє залуження ґрунту (зростання рН до 8.2-8.7). Це блокує доступність мікроелементів у нерозчинних формах, пригнічуючи кореневе живлення та ріст рослин. Також спостерігається трансформація мікробіоценозу через пригнічення азотфіксуючих бактерій, що знижує природний потенціал самоочищення ґрунту.

Фосфатне навантаження має виражений кумулятивний ефект: навіть низькі концентрації у стіках при тривалому впливі ведуть до деградації структури та родючості земель. Отримані дані можуть бути використані для розробки локальних очисних споруд та оптимізації систем індивідуального водовідведення. Головними наслідками забруднення є стійке залуження ґрунту та дисбаланс мінерального живлення біоти. Перехід на безфосфатну побутову хімію та впровадження сучасних систем фільтрації є критично необхідним для збереження екологічної безпеки ґрунтового покриву Прикарпатського регіону в умовах антропогенного тиску.

Перелік використаних джерел

1. Гнатів П. С. Екологія ґрунту. Львів: Камула, 2018. 450 с.
2. Ковальчук В. О. Очищення стічних вод від фосфатів: монографія. Рівне: НУВГП, 2019. 182 с.
3. Мельник А. П., Малильо Г. І. Вплив фосфоровмісних сполук на агроекологічний стан ґрунтів та якість поверхневих вод. Вісник аграрної науки. 2021. № 5. С. 12-19.
4. Носко Б. С. Фосфатний режим ґрунтів та ефективність зрушень: монографія. Харків: ФОП Бровін О. В., 2017, 448 с.
5. Li H., et al. Distribution and environmental risk of phosphates in urban soils. Science of The Total Environment. 2020. Vol. 714. P. 136-145.

ВПЛИВ ВІЙНИ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН) відіграють важливу роль у забезпеченні функціонування економіки та життєдіяльності населення. Відповідно до Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [1], до таких об'єктів належать підприємства та виробництва, на яких використовуються або зберігаються небезпечні речовини у визначених законодавством обсягах. Законодавче регулювання у сфері безпеки ОПН здійснюється на основі Конституції України, спеціальних законів та підзаконних актів. Зокрема, важливе значення мають нормативні акти Кабінету Міністрів України, що визначають порядок ідентифікації ОПН [2], виконання робіт підвищеної небезпеки та експлуатації відповідного обладнання [3]. В умовах воєнного стану нормативно-правове регулювання зазнало змін. Це свідчить про адаптацію державної політики до нових загроз, пов'язаних із бойовими діями.

Як відомо, основним чинником впливу війни є пряме ураження об'єктів унаслідок бойових дій, що призводить до руйнування технологічного обладнання, виникнення аварій, пожеж і викидів небезпечних речовин. З метою мінімізації ризиків законодавство передбачає здійснення державного нагляду та контролю у сфері діяльності ОПН уповноваженими органами влади. Особливої уваги в умовах воєнного стану набувають екологічні ризики, пов'язані з функціонуванням ОПН. У разі їх пошкодження або руйнування можливе потрапляння небезпечних хімічних речовин у повітря, ґрунти та водні ресурси, що призводить до забруднення довкілля. Військові дії ускладнюють реалізацію природоохоронних заходів, які регулюються законодавством в сфері охорони довкілля [4, 5]. З метою зниження екологічних ризиків необхідно посилювати системи оперативного реагування на аварійні ситуації, аварії, системи екологічного моніторингу та забезпечувати готовність до проведення аварійно-рятувальних, відновлювальних заходів.

Таким чином, війна суттєво впливає на функціонування ОПН, підвищуючи рівень техногенних, екологічних ризиків. Ефективне забезпечення безпеки таких об'єктів можливе лише за умови комплексного підходу, що поєднує дотримання вимог законодавства, технічну модернізацію та належну організацію управління ризиками.

Перелік використаних джерел

1. Про об'єкти підвищеної небезпеки : Закон України від 18.01.2001 № 2245-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text> (дата звернення: 05.05.2026).
2. Порядок ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки та ведення їх обліку : постанова Кабінету Міністрів України від 13 вересня 2022 р. № 1030. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1030-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 05.05.2026).
3. Деякі питання виконання робіт підвищеної небезпеки в умовах воєнного стану : постанова Кабінету Міністрів України від 24.03.2022 № 357. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/357-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 05.05.2026).
4. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 05.05.2026).
5. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 05.05.2026).

УДК 504.5:355.01

Лотоцький А. Р.
студент групи ПМІ-23-1
Лялюк-Вітер Г. Д.

к.б.н., доц. кафедри технології захисту навколишнього середовища та
безпеки праці

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН) є важливим елементом інфраструктури, функціонування якої супроводжується високим рівнем техногенно-екологічного ризику. Відповідно до Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки», до категорії ОПН належать підприємства та інші об'єкти, на яких використовуються або зберігаються небезпечні речовини у кількостях, що перевищують встановлені порогові значення [1].

Аварії на ОПН є джерелом комплексного негативного впливу на компоненти довкілля (атмосферне повітря, гідросферу, літосферу та біосферу). Масштаби й інтенсивність впливу визначаються її характером, фізико-хімічними властивостями небезпечних речовин, обсягами їх викиду та природно-кліматичними умовами. В умовах воєнних загроз ймовірність виникнення аварій на ОПН суттєво зростає і набуває системного характеру. Воєнні дії можуть

виступати початком розвитку аварій (унаслідок ракетних ударів, артилерійських обстрілів, диверсій), так і опосередкованим чинником через порушення нормального режиму експлуатації об'єктів. Пошкодження резервуарів, трубопроводів, систем охолодження або енергозабезпечення здатне спричинити неконтрольовані викиди, виливи небезпечних речовин, вибухи чи пожежі. Ураження об'єктів енергетичної інфраструктури часто спричиняє відключення систем енергопостачання, систем контролю, вентиляції та безпеки, що підвищує ймовірність розвитку аварії та знижує ефективність її локалізації, ліквідації наслідків. Високим є ризик виникнення каскадних аварій (ефект «доміно»), що може призводити до масштабних техногенно-екологічних катастроф із транскордонними наслідками.

Крім того, виникають труднощі з обмеженням доступу до територій, через руйнування інфраструктури, небезпеку для персоналу та проведення об'єктивної оцінки масштабу забруднення, прогнозування його наслідків. Воєнні дії істотно ускладнюють проведення екологічного моніторингу. Тому управління ОПН в умовах війни є надто складним і відповідальним завданням.

Правове регулювання діяльності ОПН в умовах воєнного стану здійснюється згідно з чинним законодавством України. Зокрема, Законом України «Про правовий режим воєнного стану», передбачено запровадження спеціальних режимів функціонування підприємств і обмежень з метою забезпечення національної безпеки [2], Кодексом цивільного захисту України, регламентується реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру та визначаються механізми ліквідації їх наслідків [3].

Таким чином, аварії на ОПН є причиною високого рівня техногенно-екологічного ризику, зумовленого воєнними чинниками, що потребує швидких, ефективних рішень та підходів до управління екологічною безпекою, впровадження інтегрованих стратегій, спрямованих на локалізацію нейтралізацію та ліквідацію наслідків і відновлення ОПН та довкілля.

Список використаних джерел

1. Про об'єкти підвищеної небезпеки: Закон України від 18.01.2001 № 2245-III // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14> (дата звернення: 06.05.2026).
2. Про правовий режим воєнного стану: Закон України від 12.05.2015 № 389-VIII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19> (дата звернення: 06.05.2026).
3. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> (дата звернення: 06.05.2026).

Фаррахов О.В.

Д.Т.Н., С.Д., П.Н.С.

Лушнікова Н.В.

К.Т.Н., доц., С.Н.С.

Хапко Ю.Б.

К.юр.Н., С.Н.С.

Галенда Р.В.

М.Н.С.

*Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики НАН України*

ГАЗОГЕОХІМІЧНІ ОЗНАКИ ГЛИБИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ТА УМОВ АКУМУЛЯЦІЇ ПРИРОДНОГО ВОДНЮ

Дослідження природного водню (H_2) дає можливість визначати його концентрацію у ґрунтовому повітрі, підземних водах, свердловинах або природних газопроявах. Отримані дані також використовують для аналізу газогеохімічних асоціацій H_2 із супутніми газовими компонентами та встановлення можливих зв'язків між їхнім походженням, міграцією і умовами накопичення. Оскільки H_2 може утворюватися внаслідок різних процесів (серпентинізація, радіоліз води та ін.) тому його підвищений вміст сам по собі ще не є достатньою ознакою глибинного походження або наявності перспективної акумуляції. Тому важливим є оцінювання газових асоціацій H_2 , гелію, метану, азоту, вуглекислого газу, радону та сірководню, оскільки вони можуть відображати джерело генерації, шляхи міграції, умови акумуляції та ступінь збереження H_2 у геологічному середовищі.

У сучасних дослідженнях природний водень дедалі частіше розглядається як частина складної підземної газової системи, а не як ізольований компонент (рис. 1). В роботі [1] показано, що для оцінювання перспективності геологічного H_2 необхідно враховувати повний ланцюг процесів: генерацію, міграцію, пасткоутворення, збереження, втрати та можливе відновлення запасів. У цьому контексті супутні гази є важливими індикаторами, оскільки їхні співвідношення з H_2 можуть допомогти відрізнити глибинні флюїдні системи від приповерхневих або локальних біогеохімічних проявів.

Особливу діагностичну роль має гелій (He). На відміну від H_2 , він є хімічно інертним і менш схильним до біогеохімічного перетворення. Присутність He разом із H_2 може вказувати на глибинні, радіогенні або мантіїні джерела газів. Якщо підвищені концентрації H_2 супроводжуються He, N_2 або радоном і просторово збігаються з розломами, зонами тріщинуватості чи геофізичними аномаліями – це все посилює аргументацію щодо глибинного походження газового потоку. Проте асоціація H_2 з CH_4 , CO_2 і H_2S потребує обережної інтерпретації, оскільки вона може бути пов'язана як із глибинними процесами, так і з приповерхневою мікробною активністю.

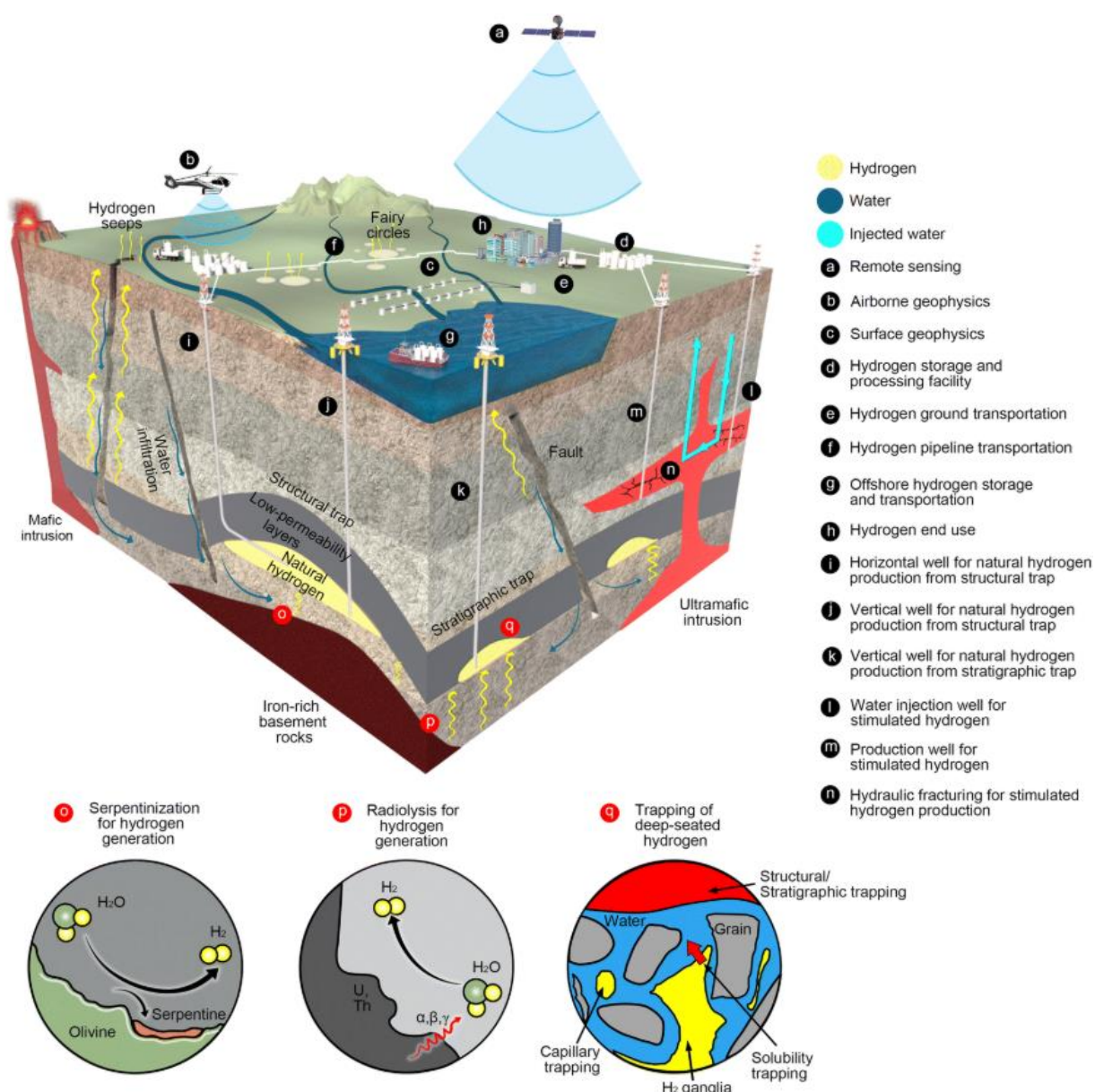


Рис. 1. Схема геологічної водневої системи [1]

Важливим є те, що навіть відносно високі концентрації H_2 у ґрунтовому повітрі не завжди підтверджують геологічну дегазацію. В дослідженні [2] показано, що H_2 у ґрунтах може досягати до 1 об. % і при цьому мати неглибинне походження, пов'язане з мікробними процесами та супутнім утворенням CH_4 і CO_2 . Це означає, що інтерпретація водневих аномалій має спиратися не на одиничне значення концентрації, а на повторюваність вимірювань, глибину відбору проб, газові співвідношення, геологічну будову території та наявність незалежних структурно-тектонічних ознак.

Для виявлення умов акумуляції природного H_2 доцільно поєднувати газогеохімічний аналіз із геологічною моделлю ділянки. Перспективними можуть вважатися не ті зони, де зафіксовано одноразове підвищення H_2 , а ділянки зі стійкою просторовою асоціацією H_2 з індикаторними газами, наявністю можливих джерел генерації, проникних каналів міграції та порід-покришок. Саме така інтеграція дає змогу відокремити випадкові або приповерхневі сигнали від ознак сформованої водневої системи.

Оцінювання взаємозв'язків між концентраціями H_2 та супутніх газів є необхідною умовою для виявлення ознак його глибинного походження і визначення можливих умов його акумуляції. Найбільш інформативними є не абсолютні концентрації, а газові асоціації, їх просторовий розподіл, повторюваність у часі та зв'язок із геологічною будовою території.

Перелік використаних джерел

1. Mao, S. et al. (2025). Geologic hydrogen: A review of resource potential, subsurface dynamics, exploration, production, transportation, and research opportunities. *Energy & Environmental Science*, 18(23), 9991–10035. <https://doi.org/10.1039/D5EE02910D>

2. Etiope, G. et al. (2024). Surprising concentrations of hydrogen and non-geological methane and carbon dioxide in the soil. *Science of the Total Environment*, 948, 174890. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174890>

УДК 621.532.4

Щербюк М. М.

студент групи ТЗ-23-1

Кривенко Г. М.

к.т.н., доцент кафедри Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ СКРАПЛЕНИХ ПРИРОДНИХ ГАЗІВ У РЕЗЕРВУАРАХ

Технологічні операції, що проводяться на об'єктах зберігання та транспортування скраплених природних газів (СПГ) магістральними газопроводами за певних умов можуть створювати пожежну та вибухову небезпеку. Адже зберігання та транспортування скраплених природних газів є небезпечними. Недотримання вимог безпечної експлуатації може призвести до виникнення вибухів та пожеж, які є причиною забруднення навколишнього середовища, травм та загибелі людей. Тому особливо актуальним є питання збереження здоров'я та життя обслуговуючого персоналу. Для цього проведено аналіз небезпек під час зберігання СПГ. Вихідною подією виникнення і розвитку аварій є розгерметизація обладнання, що спричиняє викидання парів СПГ з подальшим займанням. Слід звернути увагу, що однією з основних причин порушення герметичності резервуара є механічний або корозійний знос електрохімічної природи, а також помилки обслуговуючого персоналу. У інженерній практиці прогноз наслідків аварійного вибуху полягає у визначенні розмірів зон можливих втрат, ступеня впливу ударно-імпульсного навантаження на людину і обладнання. Визначено умовну ймовірність різного ступеня

ураження людини вибуховою хвилею. Основними параметрами, що характеризують вибухову хвилю, є надлишковий тиск ΔP_{ϕ} , та імпульс хвилі тиску I .

Надлишковий тиск Δp_{ϕ} визначимо за методикою, наведеною у [1]:

$$\Delta p_{\phi} = p_0 \left(\frac{0,8 \cdot m_{np}^{0,33}}{r} + \frac{3 \cdot m_{np}^{0,66}}{r^2} + \frac{5 \cdot m_{np}}{r^3} \right), \quad (1)$$

де p_0 – атмосферний тиск, кПа; r – відстань від геометричного центра хмари газу, м; m_{np} – приведена маса газу, кг.

Приведена маса газу визначається за залежністю:

$$m_{np} = \left(\frac{Q_{32}}{Q_0} \right) \cdot m_z \cdot Z, \quad (2)$$

де Q_{32} – питома теплота згоряння метану, Дж/кг; Q_0 – константа, яка дорівнює $4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг; Z – коефіцієнт участі газу у вибуху; m_z – маса газу, яка викидається у навколишнє середовище через аварію, кг.

Оскільки причиною аварій є розгерметизація обладнання, що спричиняє викидання парів СПГ з подальшим займанням, тому визначено ймовірність виникнення негативних наслідків для людини, яка опинилася у зоні ураження, за допомогою пробіт-функцій. Отримано такі значення пробіт-функцій:

$Pr_1 = 2,49$, $Pr_2 = -3,87$. За розрахованими величинами пробіт-функції згідно [2] визначено ймовірність ураження. Ймовірність розриву барабанних перетинок у людей, що знаходяться на віддалі $r=100$ м від геометричного центру хмари газу, складає 1,7 %. Ймовірність летального наслідку для людини, спричиненого вибуховою хвилею, близька до нуля.

Перелік використаних джерел

1. Чернова О. Т., Кривенко Г. М. Аналіз небезпек на газонаповнювальних пунктах. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2020. 4. С. 120-124.
2. Скоб Ю. О. Математичні тривимірні моделі та методи аналізу руху газоповітряних сумішей в задачах промислової аеродинаміки та екології. *Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук*. Харків. 2021. 45 с.

ЗЕЛЕНІ ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ З АГРОВІДХОДІВ: ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА МЕХАНІЗМИ ДІЇ

Сучасні екологічні вимоги зумовлюють необхідність заміни токсичних інгібіторів корозії (хроматів, амінів) на безпечні альтернативи. Одним із найбільш перспективних напрямів є використання агропромислових відходів, обсяг яких перевищує 1,5 млрд тонн щорічно. Такі відходи є дешевими, відновлюваними та містять широкий спектр біоактивних сполук.

Екстракти агровідходів багаті на фенольні сполуки, флавоноїди, алкалоїди, жирні кислоти та гетероатоми (N, O, S), які забезпечують їх високу адсорбційну здатність на поверхні металів. У результаті формується захисна плівка, що блокує анодні та катодні реакції корозії.

Серед найбільш ефективних інгібіторів виділяють:

- кавовий шрот, на основі якого отримано діалкіл-діаміди з ефективністю до 99 % у CO₂-насичених розчинах NaCl [1];
- апельсинові та бананові шкурки, які демонструють ефективність до 90 % у кислотних середовищах [2];
- рисову лузгу та макуху ріпаку, що забезпечують інгібування на рівні 87–91 % [3];
- яєчну шкаралупу та лушпиння горіхів, які також проявляють високі захисні властивості [4].

Механізм дії зелених інгібіторів базується на адсорбції молекул на поверхні металу. Виділяють фізичну адсорбцію (електростатична взаємодія) та хімічну адсорбцію (утворення координаційних зв'язків). У більшості випадків реалізується змішаний механізм. Адсорбційні процеси описуються ізотермами Ленгмюра або Темкіна, а термодинамічні параметри свідчать про спонтанність процесу.

До основних переваг агровідходів як інгібіторів належать:

- низька вартість та доступність;
- екологічність і біорозкладність;
- висока ефективність у реальних середовищах (зокрема CO₂ + NaCl).

Водночас існують певні обмеження: варіабельність складу сировини, залежність від сезонності, необхідність стандартизації методів екстракції та нижча термостійкість порівняно з синтетичними аналогами.

Перспективними напрямами є створення гібридних інгібіторів (екстракти + наночастинки), використання синергетичних добавок (наприклад, йодид-іонів),

а також масштабування технологій отримання інгібіторів для потреб нафтогазової галузі.

Отже, агровідходи є ефективною та сталою альтернативою традиційним інгібіторам корозії, що відповідає принципам зеленої хімії та циркулярної економіки.

Перелік використаних джерел

1. Gomez-Guzman N.B. et al. (2023). Inhibition of X52 Corrosion in CO₂-Saturated Brine by a Dialkyl-Diamide from Coffee Bagasse Oil. *Molecules*, 28, 763. DOI: [10.3390/molecules28020763](https://doi.org/10.3390/molecules28020763)
2. Elazabawy, O., Attia, E., Shawky, N., Hyba, A. (2023). Eco-friendly orange peel extract as corrosion resistant for carbon steel's deterioration in petroleum formation water. *Scientific Reports*. 13. 10.1038/s41598-023-47916-w.
3. Tidke, S., Kulkarni, S., Marathe, A. (2025). “Comprehensive review of green corrosion inhibitors for safe and sustainable protection of mild steel in acidic environments”. *Discover Electrochemistry*. 2. 10.1007/s44373-025-00055-5.
4. Vorobyova, V., Skiba, M., Gnatko, E. (2023). Agri-food wastes extract as sustainable-green inhibitors corrosion of steel in sodium chloride solution: A close look at the mechanism of inhibiting action. *South African Journal of Chemical Engineering*. 43. 273-295. 10.1016/j.sajce.2022.11.004

УДК 621.67:621.313:620.9

Лучка В.,
студент групи ЕТСм-25-1
науковий керівник
Яремак І.І.
к.т.н., доцентка кафедри електричної інженерії

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДНИХ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ НАФТОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

З огляду на сучасні виклики, пов'язані з декарбонізацією виробничих процесів та постійним подорожчанням енергоресурсів, зокрема електроенергії, питання підвищення енергоефективності електроприводних насосних агрегатів (ЕНА) набуває особливої актуальності [1-3]. У структурі витрат під час магістрального транспортування нафти частка видатків на електроенергію може перевищувати 30% загальних експлуатаційних затрат, що безпосередньо впливає на вуглецевий слід процесу перекачування. Водночас значна частина діючих НПС в Україні функціонує в режимах, далеких від оптимальних, часто з

недовантаженням, що призводить до перевитрат електроенергії та зростання як енергетичних витрат, так і непрямих викидів CO₂ [1].

Зменшення енерговитрат та підвищення екологічної ефективності транспортування нафти можливе завдяки таким подходам:

- впровадженню енергоощадних технологічних рішень;
- модернізації обладнання шляхом заміни застарілих і зношених агрегатів на більш ефективні сучасні аналоги;
- удосконаленню режимів роботи системи перекачування з метою мінімізації питомих енерговитрат.

Перші два напрями потребують значних фінансових ресурсів і тривалого часу для реалізації, оскільки пов'язані з поступовим оновленням обладнання. Натомість зосередження на оптимізації технологічних режимів дозволяє досягти відчутного ефекту в коротші терміни, адже передбачає вдосконалення керування процесом транспортування нафти магістральним нафтопроводом без заміни насосних агрегатів (насоса та електродвигуна).

На основі проведеного дослідження встановлено, що забезпечення енергоефективних режимів роботи ЕНА дозволяє:

- скоротити споживання електроенергії без зменшення об'ємів перекачування;
- мінімізувати знос основного обладнання;
- підвищити ефективність ЕНА шляхом наближення їхньої роботи до оптимальних режимів функціонування.

Таким чином, встановлення енергоефективних режимів роботи, визначених з урахуванням технологічного стану ЕНА, є важливою складовою реалізації підходів до підвищення енергоефективності та декарбонізації процесів магістрального транспортування нафти.

Перелік використаних джерел

1. І.І. Яремак, Я.В. Бацала, Р.О. Яремак. Оцінка потенціалу енергоефективності електроприводних насосних агрегатів в усталених режимах роботи // *Нафтогазова енергетика* : всеукраїнський науково-технічний журнал ІФНТУНГ, 2021, №2(36), с.88-97. DOI: 10.31471/1993-9868-2021-2(36)-88-97.

2. І. І. Яремак, І. В. Гладь, Р. О. Яремак, «Модель системи керування насосною станцією на засадах теорії електричних кіл», *Вісник ВПІ*, вип. 6, с. 72–77, Груд. 2025. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-183-6-72-77>.

3. I. Morshch, "Analysis of the causes of damage to centrifugal pumps during operation and methods of their elimination," *Problems of Tribology*, vol. 30, no. 1/115, pp. 60–65, 2025, doi: 10.31891/2079-1372-2025-115-1-60-65.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ, ПОВІТРЯ ТА ҐРУНТІВ

Забруднення навколишнього середовища є одним із найгостріших викликів сучасності. За даними Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP), щороку у світові водойми потрапляє понад 300–400 млн тонн важких металів, токсичних відходів і розчинників. В Україні проблема загострилась через масштабне промислове та аграрне навантаження на екосистеми, а воєнні дії 2022–2026 років спричинили додаткове забруднення ґрунтів і водних об'єктів внаслідок руйнування інфраструктури та розповсюдження небезпечних речовин.

Розвиток ефективних технологій очищення є необхідною умовою збереження екосистем і здоров'я людини, а також відновлення постраждалих територій. Тема є надзвичайно актуальною як у глобальному, так і у вітчизняному контексті, адже передбачає інтеграцію сучасних наукових розробок у практику природоохоронної діяльності.

Серед сучасних методів водоочищення провідне місце посідають мембранні технології — нанофільтрація, ультрафільтрація та зворотний осмос. Мембранні системи забезпечують видалення до 99,9% забруднювачів, включаючи мікропластик, важкі метали, фармацевтичні сполуки та патогенні мікроорганізми [1]. Озонування та УФ-опромінення широко застосовуються для знезараження питної води і є ефективними у поєднанні з коагуляцією та флокуляцією. Біологічні методи — аеробна та анаеробна обробка з використанням активного мулу і біофільтрів — ефективно розкладають органічні сполуки в стічних водах. Перспективним напрямом є використання фотокаталізу на основі діоксиду титану (TiO_2), який руйнує стійкі органічні забруднювачі (зокрема, мікрозабруднювачі та ендокринні дизраптори) під дією ультрафіолету [2]. Серед новітніх підходів виокремлюють гібридні реактори, що поєднують мембранну фільтрацію з біологічним очищенням (MBR — membrane bioreactor), а також застосування нанорозмірних сорбентів — графенових оксидів і вуглецевих нанотрубок — для видалення мікродозових забруднювачів. Електрохімічні методи очищення, зокрема електрокоагуляція та електрофлотація, набувають поширення у промисловому водоочищенні завдяки своїй ефективності та відносній простоті автоматизації.

Для очищення промислових газових викидів застосовують електрофільтри, тканинні рукавні фільтри, мокрі скрубери та каталітичні нейтралізатори. Електрофільтри здатні вловлювати частинки розміром менше 1 мкм з ефективністю понад 99% і широко використовуються на теплових електростанціях та металургійних підприємствах [3]. Адсорбційні методи на основі активованого вугілля, цеолітів і силікагелю застосовуються для видалення

летких органічних сполук (ЛОС), діоксинів, фуранів і неприємних запахів. Каталітичне окиснення дозволяє ефективно руйнувати органічні забруднювачі при знижених температурах порівняно з термічним спалюванням. Біофільтри з використанням мікроорганізмів (*Pseudomonas*, *Nitrosomonas* та ін.) є екологічно безпечною і економічно вигідною альтернативою для очищення повітря від аміаку, сірководню та органічних забруднювачів на харчових і сільськогосподарських підприємствах [4]. Актуальним є також застосування фотокаталітичного окиснення з TiO_2 для внутрішнього очищення повітря, а також розробка “зелених стін” та “живих фільтрів” у міській забудові для зниження концентрації $\text{PM}_{2.5}$ і NO_2 . Системи плазмового очищення та нетермічний плазмовий розряд демонструють високу ефективність у знищенні стійких мікробіологічних забруднювачів і вірусів у замкнених приміщеннях.

Рекультивация забруднених ґрунтів здійснюється фізичними (промивання, термічна десорбція, екстракція парою), хімічними (іммобілізація важких металів стабілізуючими агентами, хімічне окиснення) та біологічними методами. ФітореMediaція — використання рослин-гіперакумуляторів (*Thlaspi caerulescens*, *Nocca caerulescens*, соняшник, верба, тополя) — є економічно привабливим і екологічно безпечним підходом для видалення важких металів (свинцю, кадмію, цинку) і нафтопродуктів з верхнього шару ґрунту [5]. Мікробна ремедіація із застосуванням бактеріальних консорціумів (*Rhodococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*) дозволяє деградувати вуглеводні нафти та пестициди безпосередньо в ґрунті; біостимуляція та біоаугментація значно підвищують швидкість розкладання. Метод електрокінетичної ремедіації (електроосмос і електроміграція) застосовується для видалення важких металів і органічних токсикантів із дрібнодисперсних та глинистих ґрунтів. У контексті поствоєнного відновлення України особливого значення набувають технології знешкодження ґрунтів від вибухонебезпечних речовин і важких металів військового походження, що потребують комплексного поєднання фізичних, хімічних і біологічних підходів [6]. Нанотехнології очищення ґрунтів — наночастинки заліза нульової валентності (nZVI) — ефективно відновлюють хлоровані органічні розчинники та важкі метали *in situ*, мінімізуючи необхідність виїмки і транспортування забруднених мас.

Сучасна парадигма природоохоронних технологій спрямована на комплексний і міждисциплінарний підхід. Інтеграція цифрових інструментів — систем онлайн-моніторингу, штучного інтелекту та Інтернету речей (IoT) — дозволяє в режимі реального часу контролювати стан очисних установок та оперативно реагувати на зміни якості середовища [7]. Концепція циркулярної економіки передбачає повернення очищених ресурсів у виробничий цикл: регенерацію тепла зі стічних вод, виробництво біогазу при анаеробній переробці осаdів, вилучення фосфору і азоту для виготовлення добрив (технологія *Struvite*). У галузі водоочищення перспективним є розвиток форвард-осмосу і мембранної дистиляції — технологій, що споживають значно менше енергії порівняно зі зворотнім осмосом. Для комплексного захисту довкілля використовують так звані природо-орієнтовані рішення (*Nature-Based Solutions*, *NbS*): штучні водно-болотні угіддя, конструктивні ставки-відстійники та зелена інфраструктура, які

одночасно очищають воду, покращують якість повітря і підвищують біорізноманіття [8].

Сучасні технології очищення води, повітря та ґрунтів демонструють високу ефективність і постійно вдосконалюються завдяки інтеграції фізичних, хімічних, біологічних та цифрових підходів. Комплексне застосування мембранних систем, фотокаталізу, біоремедіації, фіторемедіації та природо-орієнтованих рішень забезпечує максимальний екологічний ефект при мінімальних затратах ресурсів. Цифровізація природоохоронних процесів та впровадження принципів циркулярної економіки є стратегічними пріоритетами сталого розвитку. Для України впровадження інноваційних технологій очищення середовища є не лише екологічним, а й соціально-економічним пріоритетом, критично важливим для відновлення постраждалих від бойових дій територій та забезпечення здоров'я населення.

Перелік використаних джерел

1. Мальований М. С. Технології захисту довкілля. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2023. 304 с.
2. Шевченко О. Л. Сучасні методи очищення стічних вод. Харків: ХНУМГ, 2022. 215 с.
3. Запольський А. К., Салата А. А. Основи екології. Київ: Вища школа, 2021. 382 с.
4. Crini G., Lichtfouse E. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. *Environmental Chemistry Letters*. 2019. Vol. 17. P. 145–155. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0785-9>
5. Ali H., Khan E., Sajad M. A. Phytoremediation of heavy metals — concepts and applications. *Chemosphere*. 2013. Vol. 91, No. 7. P. 869–881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
6. Куліш С. М., Ткаченко Т. В. Екологічні наслідки військових дій та технології відновлення забруднених територій. *Екологія і природокористування*. 2023. № 28. С. 45–54.
7. Badiozamani M. M. et al. Digital transformation in water quality monitoring: IoT and AI integration. *Water Research*. 2024. Vol. 249. P. 120–134. DOI: [10.29303/jppipa.v12i2.13150](https://doi.org/10.29303/jppipa.v12i2.13150)
8. European Environment Agency. Nature-Based Solutions in Europe: Policy, Knowledge and Practice for Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction. Luxembourg: Publications Office of the EU, 2021. 142 p. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe>.

ІНТЕРАКТИВНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ДОВКІЛЛЯ МІСТА

Сучасні міста є складними природно-антропогенними системами, у межах яких відбувається постійна взаємодія кліматичних, екологічних, урбаністичних та соціально-економічних процесів. Посилення урбанізації, ущільнення забудови, зростання транспортного навантаження, зміна структури зелених насаджень і вплив глобальних кліматичних змін зумовлюють потребу у впровадженні нових цифрових інструментів для комплексного аналізу стану міського довкілля. Особливої актуальності набуває дослідження локальних кліматичних змін, які проявляються у підвищенні температурного фону, формуванні міських теплових островів, нерівномірності випадання атмосферних опадів, ризиках підтоплення та зміні мікрокліматичних умов урбанізованих територій [3,4]. Традиційні методи екологічного моніторингу часто не забезпечують достатньої оперативності, наочності та комплексності для прийняття ефективних управлінських рішень. У зв'язку з цим важливого значення набуває створення інтерактивних інформаційно-аналітичних систем, які поєднують збір, обробку, аналіз і візуалізацію екологічних даних. Метою дослідження є розробка інтерактивної системи аналізу довкілля міста «EcoData», яка забезпечує обробку, аналіз і візуалізацію кліматичних, просторових та урбоекологічних показників для оцінки стану урбанізованої території. Об'єктом дослідження є екологічний стан урбанізованої території міста Івано-Франківська та цифрові інструменти його комплексного аналізу. Предметом дослідження виступають кліматичні, урбоекологічні та просторові показники міського середовища, а також методи їх збору, обробки, візуалізації та інтерпретації в межах інтерактивної інформаційно-аналітичної системи [1,2].

Методичною основою роботи є комплексний підхід, що поєднує методи екологічного моніторингу, кліматичного аналізу, статистичної обробки даних, просторового моделювання, геоінформаційного підходу та інтерактивної візуалізації результатів. Для аналізу використано багаторічні кліматичні дані за період 1990–2024 років, що дало змогу простежити сезонну та міжрічну динаміку температури повітря і кількості атмосферних опадів, виявити аномальні періоди та оцінити довгострокові кліматичні тенденції. У межах дослідження розроблено програмний застосунок «EcoData», який функціонує як інтегрована багатofункціональна система. До його структури входять модулі аналізу температури, атмосферних опадів, тривимірної температурної моделі, 3D-моделювання водних об'єктів, візуалізації міських теплових островів та оцінки

впливу озеленення на температурний режим міста. Модуль аналізу температури дозволяє досліджувати щоденні температурні коливання за тривалий період, визначати сезонні закономірності, температурні максимуми й мінімуми, а також виявляти аномально теплі або холодні періоди. Побудова 3D температурної моделі забезпечує одночасне відображення дня року, року спостереження та температури повітря, що дає можливість простежити як сезонну циклічність, так і багаторічні тенденції зміни температурного режиму [1,3]. Модуль аналізу атмосферних опадів спрямований на дослідження річної та сезонної динаміки зволоження території. Інтерактивний графік річної кількості опадів дозволяє виявляти аномально дощові або посушливі роки, оцінювати міжрічну мінливість опадів, а також визначати потенційні періоди підвищеного ризику підтоплення чи дефіциту вологи.

Важливою складовою системи є модуль 3D теплових островів, який забезпечує просторовий аналіз розподілу теплового навантаження в межах міста. Побудована модель демонструє концентрацію тепла в центральній частині Івано-Франківська, що може бути пов'язано з високою щільністю забудови, значною часткою штучних поверхонь та транспортним навантаженням. Водночас території з більшою часткою зелених насаджень характеризуються нижчим рівнем температурного навантаження. Модуль 3D-моделювання водних об'єктів дає змогу аналізувати гідрографічну структуру міста, зокрема розташування річок та особливості рельєфу прилеглих територій. Такий інструмент є важливим для оцінки потенційних зон накопичення води, ризиків підтоплення та впливу водних об'єктів на формування локального мікроклімату. Окреме значення має модуль оцінки впливу озеленення на температурний режим міста. Побудована модель демонструє залежність між збільшенням кількості зелених насаджень і зниженням температурного навантаження. Це підтверджує важливість озеленення як природоорієнтованого заходу адаптації міського середовища до кліматичних змін.

Перелік використаних джерел

1. Meteostat. Historical weather and climate data API [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://meteostat.net>
2. WorldClim. Global climate data repository [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.worldclim.org>
3. Качала С.В., Гутник В. Охорона біорізноманіття в умовах зміни клімату: виклики та перспективи для України /Матеріали Регіональної конференції «Молодіжний екогеофорум - 2025», 19 - 20 листопада 2025 р. – Івано-Франківськ, 2025. – 252 с. С. 25-26
4. Грицуляк В., Процюк В. Р. Прогнозування забруднення ґрунтів важкими металами за допомогою програми розробленою на python-кодi. Регіональна конференція "Молодіжний екогеофорум- 2025" С. 225-229.
5. Грицуляк В. М., Грицуляк Г. М., Коробейникова Я. С. Електронні відходи: ідентифікація та напрямки використання в контексті ресурсозбереження. Адаптація до глобальних змін та викликів в економіці, туризмі : матеріали І

УДК 620.92:621.311

Гудков О.С.
магістр екології
кафедри екології та екоменеджменту

Національний університет харчових технологій

РОЛЬ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ У ПОДОЛАННІ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Глобальний перехід до кліматично нейтральної економіки нерозривно пов'язаний із масовим впровадженням відновлюваних джерел енергії. Проте їхня ключова проблема — часова нерівномірність виробництва електроенергії — створює критичні загрози для стабільності енергосистем. У цьому контексті системи зберігання теплової енергії (Thermal Energy Storage, TES) за циклом «електроенергія-тепло-електроенергія» (Power-to-Heat-to-Power) можуть розглядатися як один із найперспективніших інструментів забезпечення гнучкості енергомереж.

Аналіз систем зберігання тепла для екологічного балансування енергомереж із високою часткою ВДЕ.

Використання теплових накопичувачів дозволяє ефективно поглинати надлишкову електроенергію в години пікової, до прикладу, сонячної чи вітрової активності, зберігати її з мінімальними втратами та повертати в мережу під час дефіциту. Найбільш перспективними є технології на основі інертних твердих середовищ:

1. Надвисокотемпературні вуглецеві накопичувачі (концепція Antora Energy та Fourth Power). Надлишкова електроенергія нагріває графітові блоки до 2000–2500 °С, а термофотоелектричні (TPV) панелі генерують зворотний струм. Завдяки оптичним системам без рухомих частин такі установки миттєво реагують на падіння напруги, слугуючи маневровими потужностями. [1]

2. Термодинамічні CO₂-системи (Батареї Карно). У термодинамічних системах (компаній Energy Dome, Echogen) надлишок енергії стискає CO₂, акумулюючи тепло у сталевому брукті чи піску. Під час розряджання нагрітий газ розширюється, обертаючи турбіну. Установки досягають ККД 60–75% і забезпечують фізичну стабільність енергомережі завдяки інерції турбомашин.

3. Технології на основі піску. Розробки компаній Polar Night Energy та Magaldi Power демонструють здатність акумулювати величезні обсяги енергії у кварцовому піску. Ключова перевага цих технологій — здатність підтримувати температури понад 1000 °С. Це робить їх ідеальними для металургії, виробництва цементу та хімічної промисловості. [2]

Впровадження TES сприятиме декарбонізації процесу балансування енергомереж. Використання нетоксичних природних і вторинних матеріалів (пісок, вуглець, брукт) замість хімічних батарей усуває ризики забруднення довкілля. Крім того ці системи можуть працювати понад 30 років без деградації ємності, а їх складові можна переробити. [1]

Технології зберігання теплової енергії можуть бути критично важливим елементом для переходу до енергосистем, де переважають відновлювані джерела. Інтеграція систем LDES на основі твердих середовищ дозволяє не лише подолати проблему переривчастості «зеленої» генерації, але й створити екологічно безпечну, економічно рентабельну та незалежну від критичної сировини енергетичну інфраструктуру.

Перелік використаних джерел

- 1 Innovation trends on high-temperature thermal energy storage to defossilize energy systems / A. M. Pantaleo et al. *Advances from Eurotherm Seminar #116 “Innovative solutions for thermal energy storage deployment”*. 2024. No. 116. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X24038477> (date of access: 01.05.2026).
- 2 Energy storage: from fundamental principles to industrial applications / T. I. Serrano-Arévalo et al. *Processes*. 2025. No. 13(6). URL: <https://www.mdpi.com/2227-9717/13/6/1853> (date of access: 01.05.2026).

UDC 620.9:005.334

Yatsyshyn T.M^{1,2}

Professor, Senior Research Fellow

¹*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

²*Center for Information-Analytical and Technical Support for Monitoring of Nuclear Energy Facilities of the National Academy of Sciences of Ukraine*

RISK-ORIENTED APPROACH TO SAFETY MANAGEMENT OF ENERGY INFRASTRUCTURE

The safety management of energy infrastructure should be based on a systematic risk-oriented approach aimed at the timely identification of hazard sources, assessment of vulnerabilities, and implementation of preventive measures. The key objective of the risk-oriented approach is to shift from a strategy of responding to consequences to a strategy of proactive prevention, systematic neutralization of factors that may disrupt life-support systems, and enhancement of the resilience of energy infrastructure.

In the context of the energy sector, risk can be defined as the probability of adverse consequences resulting from the impact of uncertainty on achieving the goal of stable, safe, and uninterrupted energy supply. The main components of risk include threat, vulnerability, and impact.

To develop an effective risk management system for energy infrastructure, it is advisable to be guided by the following principles:

1. Unconditional priority of safety - human life and health must prevail over economic feasibility.

2. Acceptable risk - determination of an admissible level of risk, taking into account technical capabilities, the cost of measures, and social consequences.

3. Minimum hazard - reduction of risk to a level that is realistically achievable with the available resources.

4. Consistent approximation to absolute safety - continuous improvement of the protection system, even when complete elimination of risk is impossible.

5. Priority of preventive actions - prevention of accidents, sabotage, failures, and crisis situations should be more effective than elimination of their consequences.

6. Continuity of risk management - risk assessment should not be a one-time procedure but should be carried out on a continuous basis.

The process of risk management of energy infrastructure should be continuous. For the practical implementation of the risk-oriented approach, it is advisable to focus on the areas presented in Table 1.

Table 1 - Set of Practical Measures to Improve the Safety and Resilience of Energy Infrastructure

No.	Practical area	Content of measures	Expected result
1	Technical modernization	Replacement of worn-out equipment, automation of network management, implementation of early fault detection systems.	Reduction in accident rates, increased reliability of energy facilities, and shorter time required to detect technical problems.
2	Energy supply redundancy	Creation of alternative power sources, local microgrids, backup generators, and battery storage systems.	Ensuring uninterrupted energy supply to critical facilities in the event of accidents, attacks, or outages.
3	Physical protection of facilities	Strengthening security, video surveillance, access control, and engineering protection of critical nodes.	Reduction of the risk of sabotage, unauthorized access, damage, or destruction of infrastructure.
4	Cybersecurity	Protection of dispatch control systems, regular penetration testing, and staff training in information security rules.	Prevention of cyberattacks, data leaks, and disruption of automated control systems.
5	Personnel training	Training of emergency response teams, instruction on actions in crisis situations, simulations, and command-and-staff exercises.	Increased readiness of personnel for rapid response and reduction of the human factor in emergency situations.
6	Interagency coordination	Establishment of a clear system of information exchange between energy enterprises, public authorities, the State Emergency Service of Ukraine, law enforcement agencies, and communities.	Coordinated response to emergencies, rapid data exchange, and effective distribution of responsibilities.

No.	Practical area	Content of measures	Expected result
7	Community engagement	Informing the population about actions during power outages, establishing resilience points, and promoting energy literacy among citizens.	Increased community resilience, reduced panic during crises, and preparedness of the population for temporary interruptions in energy supply.

The introduction of a risk-oriented approach in the energy sector is a necessary condition for strengthening national resilience, community safety, and the stable functioning of life-support systems. This approach makes it possible not only to respond to accidents or destruction but also to identify weaknesses in advance, forecast the development of hazardous scenarios, and implement specific preventive solutions. Practical tools for implementing this approach should include risk registers, digital monitoring, certification and documentation of critical facilities, energy supply redundancy, equipment modernization, development of cyber protection, training of emergency response teams, and the use of artificial intelligence for threat forecasting.

УДК 550.832

Федоришин Д.С.

Студент групи НЗФм-25-1

Науковий керівник - **Федоришин С.Д.**

к.г.н.

Доцент кафедри нафтогазової геофізики

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики НАН України*

ГАЗОНОСНІСТЬ РОДОВИЩ БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

Газоносність у Більче-Волицькій зоні пов'язана із юрськими, крейдовими та міоценовими відкладами (гельвет, баден, сармат).

На деяких родовищах масивні газові поклади виявлені у крейдових відкладах та облягаючих їх пісковиках гельвету і бадену. Всього у межах Більче-Волицької зони виявлено більше 160 газових покладів. Газові поклади мезозойського комплексу приурочені до ерозійно-тектонічних піднять, які перекриті міоценовою покришкою. По мірі віддалення від цієї покришки вниз по розрізу, скупчень газу у середині мезозойсько-палеозойського комплексу не встановлено.

Неогенові відклади, на відміну від мезозойських, газоносні вздовж всього прогину, із них 90 % прогнозованих і розвіданих запасів розміщено на північному-заході, де товщина і об'єм верхньоміоценових мас найбільші. До цих ділянок приурочено 70 % всього піщаного матеріалу, який виповнює верхню частину нижньодашавської підсвіти (НД1 – НД16). Пояснюється це тим, що ці

ділянки примикають до Краковецького, Калушського та Косівського розломів, які характеризуються значною інтенсивністю прогинання блоків фундаменту, що відповідно супроводжується збільшенням загальної товщини відповідних світ.

Основними, за величиною запасів, є газоконденсатні поклади гельвет-мезозою, а також газові поклади нижньодашавської підсвіти: НД-8, НД-11, НД-12. Всі поклади у сарматських відкладах віднесені до типу прошаркових, тобто приурочені до єдиного піщано-глинистого горизонту.

Газодинамічні сполучення в межах окремих покладів, як видно з процесу розробки, залежать від піщанистості горизонту.

Із зменшенням піщанистості горизонту спостерігається зниження кількості витриманих по площі пластів, а наявність незначної кількості лінзовидних прошарків не забезпечує газосполучення. Припливи газу в окремих блоках, зокрема в Опарському, складають від 11,4 тис. м³/добу при депресії 2,9 МПа і до 245 тис. м³/добу при депресії 1,5 МПа.

Враховуючи особливості геологічної будови газоконденсатних родовищ, зокрема Більче-Волицької зони, нами проводився аналіз та узагальнення їх газоносності з метою оцінки перспектив і подальшої розвідки та дорозвідки покладів вуглеводнів у цій зоні.

Петрофізичні моделі для порід-колекторів складної будови неогенових відкладів Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину

№ п/п	Тип колектора, літологія	Петрофізична характеристика: ємнісна, фільтраційна	Питомий електричний опір, ρ_e (Омм)	Петрофізичні моделі		
				$\Delta T=f(K_n)$ кern- геофізика	$P_n=f(K_n)$ кern- кern	$K_{np}=f(K_{n.b.})$ кern- кern
1	пісковики слабо- зцементовані, заглинизовані	$K_n=(0,22-0,36)$ $K_{np}=(122-400) \cdot 10^{-15} \text{м}^2$	3,8-8,7			
2	пісковики високопористі, незначної глинистості	$K_n=(0,20-0,30)$ $K_{np}=(10-166) \cdot 10^{-15} \text{м}^2$	8,7-19,5			

Перелік використаних джерел

1. Федоришин Д.Д. Вивчення тонкопрошаркових розрізів міоцену Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину методами ГДС / Федоришин Д.Д. // Тези доповіді і повідомлень наук. практ. конференції присвяченої 50-річчю ЗУГРЕ. - м.Львів 22-21 травня 1998. - с.70-71
2. Федоришин Д.Д. Природа підвищеної радіоактивності гельветських відкладів газових родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину / Федоришин Д.Д. // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ [збірник наукових праць]. – Івано-Франківськ, - 1994. - №31. - с.66-69
3. Федоришин Д.Д. Роздільна спроможність апаратури радіоактивних методів при дослідженні свердловин / Федоришин Д.Д. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ [збірник наукових праць ІФНТУНГ]. – Івано-Франківськ, - 1996. - №33. - с.42-49

МАГНІТНІ НАНОСОРБЕНТИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ

Забруднення ґрунтів важкими металами є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності, оскільки ці полютанти характеризуються високою токсичністю, здатністю до біоаккумуляції та тривалим періодом збереження в ґрунтовому середовищі. Іони свинцю, кадмію, хрому, міді, цинку та нікелю потрапляють у ґрунти внаслідок діяльності промислових підприємств, транспортної інфраструктури, гірничодобувної та нафтогазової галузей, а також через застосування мінеральних добрив і пестицидів у сільському господарстві.

Традиційні методи ремедіації ґрунтів, такі як екскавація, хімічне промивання, стабілізація, фіторемердіація та електрокінетичні технології, мають обмежену ефективність щодо міцно зв'язаних форм важких металів, що зумовлює необхідність розробки нових матеріалів для їх селективного вилучення з ґрунтової матриці. Магнітні наносорбенти на основі магнетиту Fe_3O_4 розглядаються як один із найперспективніших напрямів у цій сфері [5].

Магнітні феритові наночастинки демонструють високу активність у видаленні різних типів забруднювачів навколишнього середовища: металів та неметалів (Hg, Pb, Cr, Cu, U, Ni, As тощо), барвників (конголезький червоний, метиленовий синій, метиловий фіолетовий тощо), фармацевтичних препаратів та інших забруднювачів. [4]. Технологічна привабливість магнітних наносорбентів полягає в можливості їх керованого вилучення з ґрунтового середовища за допомогою зовнішнього магнітного поля після завершення процесу адсорбції. Крім того, відпрацьовані сорбенти можуть бути регенеровані шляхом обробки розчинами кислот або комплексонів, що уможливорює їх багаторазове використання та забезпечує економічну доцільність технології [5].

Створення магнітних наноконкомпозитів на основі вугілля та феритів може ефективно вирішити проблеми складного відновлення та легкої втрати адсорбенту під час очищення ґрунтів. [3]. Порівняно зі звичайним вугіллям або феритами, магнітне вугілля є більш ефективним у видаленні забруднювачів, включаючи Cd(II) , Pb(II) , Zn(II) , Cu(II) , нафтопродукти, тетрациклін, пестициди та фосфати [1,2].

Отже, магнітне вугілля є економічно рентабельною альтернативою очистки стічних вод від різних типів забруднювачів. Доступність сировини,

ефективність очистки та легкість вилучення відпрацьованого матеріалу з розчину роблять магнітне біовугілля конкурентоспроможним біoadсорбентом.

Перелік використаних джерел

1. Kwak, J. H., Islam, M. S., Wang, S., Messele, S. A., Naeth, M. A., El-Din, M. G., & Chang, S. X. (2019). Biochar properties and lead (II) adsorption capacity depend on feedstock type, pyrolysis temperature, and steam activation. *Chemosphere*, 231,
2. Li, X., Wang, C., Zhang, J., Liu, J., Liu, B., & Chen, G. (2020). Preparation and application of magnetic biochar in water treatment: A critical review. *Science of the total environment*, 711, 134847. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134847>
3. Zhao, Q., Xu, T., Song, X., Nie, S., Choi, S. E., & Si, C. (2021). Preparation and application in water treatment of magnetic biochar. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 769667. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.769667>
4. Tatarchuk, T., Soltys, L., & Macyk, W. (2023). Magnetic adsorbents for removal of pharmaceuticals: A review of adsorption properties. *Journal of molecular liquids*, 384, 122174. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2023.122174>
5. Zarabadipour, M., Soleimani, M., & Afshar, M. G. (2025). Application of functionalized Fe₃O₄/SiO₂ nanoparticles as an adsorbent for heavy metal removal. *Results in Chemistry*, 102514. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102514>

УДК 550.832

Федоришин Д.С.

Студент групи НЗФм-25-1

Науковий керівник - **Федоришин С.Д.**

к.г.н. доцент кафедри нафтогазової геофізики

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики НАН України*

ВИДІЛЕННЯ ТА ОЦІНКА ХАРАКТЕРУ НАСИЧЕННЯ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ВІДКЛАДІВ НАФТОГАЗОКОНДЕНСАТНИХ РОДОВИЩ ДДЗ

Виділення порід-колекторів, оцінка характеру їх насичення за комплексом геолого-геофізичних даних є складним завданням, особливо у складнобудованих геологічних розрізах. Найбільш широко використовуються для вирішення цього завдання, методи електричного (БКЗ, БК, МБК, мікрозонди), радіоактивного (ННК_т, ННК_ш, ІННК), акустичного (АК), густинного (ГГК-Г) каротажу. Особливо ускладнюється виділення порід-колекторів та оцінка характеру їх насичення коли відсутній керновий матеріал, за результатами досліджень якого можна здійснювати прив'язку отриманих даних до кривих геофізичних свердловинних досліджень, а також встановлювати надійні петрофізичні репери і взаємозв'язки. Враховуючи особливості мінералогічної будови матриці поліміктових пісковиків, а також

неоднозначність їхньої геофізичної характеристики на кривих електрометричних та радіоактивних досліджень, нами проводились роботи із вивчення можливостей нових методів, зокрема таких, що базуються на вимірюваннях енергетичних спектрів інтегральних радіоактивних полів для виділення поліміктових пісковиків у візейських та турнейських відкладах нафтогазових родовищ ДДЗ. При обробці та інтерпретації результатів радіоактивних методів одним із важливих напрямків досліджень є встановлення природи радіоактивності порід, розкритих свердловиною. Результати досліджень показали, що вміст польових шпатів і слюд, які входять до складу пісковика, найбільш тісно корелюється із радіоактивним ізотопом K^{40} . Збільшення вмісту польового шпату призводить до пропорційного зростання концентрації калію для пісковиків, які відрізняються між собою вмістом слюд не більше ніж на 2,5%. Для встановлення зв'язку коефіцієнта глинистості із відношенням гідрослюд до каолініту, яке утворюється в процесі пелітизації поліміктових пісковиків, було проведено експериментальні дослідження кернавого матеріалу. За даними досліджень було встановлено, що зв'язок концентрації калію із вмістом мінералів у твердій фазі породи практично відсутній, за винятком тих пісковиків у яких присутні акцесорні мінерали-циркон, гранат, каолінит. Відмічається також відсутність зв'язку урану (радію) із мінералами, які входять до складу матриці поліміктового пісковика.

Перелік використаних джерел

1. Федак І.О. Використання ядерно-фізичних методів досліджень свердловин для оцінки мікротріщинуватості колекторів карбонатного типу / І.О. Федак, В.А. Старостін // Науковий вісник 2(16)2007 “Факел” - 23 с.
2. Федоришин Д.Д. Роздільна спроможність апаратури радіоактивних методів при дослідженні свердловин / Федоришин Д.Д. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ [збірник наукових праць ІФНТУНГ]. – Івано-Франківськ, - 1996. - №33. - с.42-49
3. Федоришин Д.Д. Причини низькоомності порід-колекторів та оцінка характеру їх насичення в умовах нафтогазових родовищ України / [Федоришин Д.Д., Федоришин С.Д., Старостін А.В., Коваль Я.М.] // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ. 2006.

ТЕПЛОВІ ЕФЕКТИ ВТОРИННОГО ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО ЛЕГУВАННЯ ТА РАФІНУВАННЯ СТАЛИ

В роботі виконано аналіз теплових ефектів матеріалів та електроенергії при позапічній обробці сталей 10Г2С1, 15ГС, 20ХГС та 25ГС із застосуванням технології вторинного електротермічного легування та рафінування (ВЕЛР). Технологія ВЕЛР дозволяє використовувати металургійні шлаки замість дефіцитних і коштовних легуючих матеріалів, що, в свою чергу, сприяє отриманню конкурентоспроможної сталі з мінімальними витратами [1, 2].

На відміну від інших методів позапічного легування та рафінування технологія ВЕЛР має ряд переваг, в числі яких можливість утилізації конвертерних і доменних шлаків, значне зменшення забруднення сталі неметалевими включеннями в процесі обробки, зменшення шкідливих викидів в атмосферу і димоутворення, висока економічна ефективність.

Розглянуто особливості зміни теплових ефектів матеріалів залежно від питомого заряду шлаку та частки внесених матеріалів. Показано, що залежно від поточного стану системи «метал-шлак-газ» теплові ефекти матеріалів можуть бути як позитивними, так і негативними, що зумовлено складною взаємодією елементів, що входять до їх складу, з рідкою сталлю та шлаком. Перераховано основні складові такої взаємодії: поглинання фізичного тепла розплаву матеріалом із температурою навколишнього середовища; неідеальність багатокомпонентного металевого розчину; взаємодія елементів із розчиненим у рідкому металі киснем [3].

Встановлено, що теплові ефекти матеріалів при обробці низьколегованих сталей з використанням технології ВЕЛР істотно залежать як від частки внесених матеріалів, так і від питомого заряду шлаку. Розраховані теплові ефекти всіх матеріалів, що використовуються для розкислення-легування, включаючи феросплави, карбід кремнію, вапно та електроенергію. Показано, що збільшення питомого заряду шлаку знижує тепловий ефект вторинного алюмінію та інших матеріалів із великим екзотермічним ефектом. У той же час відбувається відносно підвищення теплового ефекту вуглецевмісних матеріалів, таких як карбід кремнію. Зроблено узагальнюючі висновки щодо факторів, що впливають на теплові ефекти при введенні матеріалів у рідку сталь [4].

Застосування технології ВЕЛР для обробки сталі в модернізованих установках піч-ківш дозволяє отримати такі основні переваги: економія

коштовних феросплавів, синтетичних шлаків та порошкоподібних модифікаторів; можливість утилізації рядових конвертерних, мартенівських і доменних шлаків; зменшені викиди газів, пилу і тепла в атмосферу порівняно з існуючими методами легування та розкислення сталі.

Перелік використаних джерел

1. Харченко О. В., Лаптев Д. О., Башлій С. В. Експериментальні дослідження технології вторинного електротермічного легування та рафінування. *Зб. наукових праць ЗДІА. Металургія*. 2014. Вип. 1 (31). С. 30-35.
2. Харченко О. В., Синяков Р. В., Воденніков С. А., Лічконенко Н. В. Спосіб позапічної обробки сталі. Патент України №132087, зареєстрований в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 11.02.2019.
3. Харченко О. В., Лічконенко Н. В. Вторинне електротермічне легування та рафінування металу за участю газової фази. *Зб. наукових праць ЗДІА. Металургія*. 2016. Вип. 1 (35). С. 9-13.
4. Харченко О. В., Лічконенко Н. В. Теплові ефекти вторинного електротермічного легування та рафінування сталі. *Металургія*. 2020. Вип. 1. С. 11-18.

УДК 550.832

Фіщич О.М.

Студент групи НЗФм-25-1

Науковий керівник - **Федоришин С.Д.**

к.г.н.

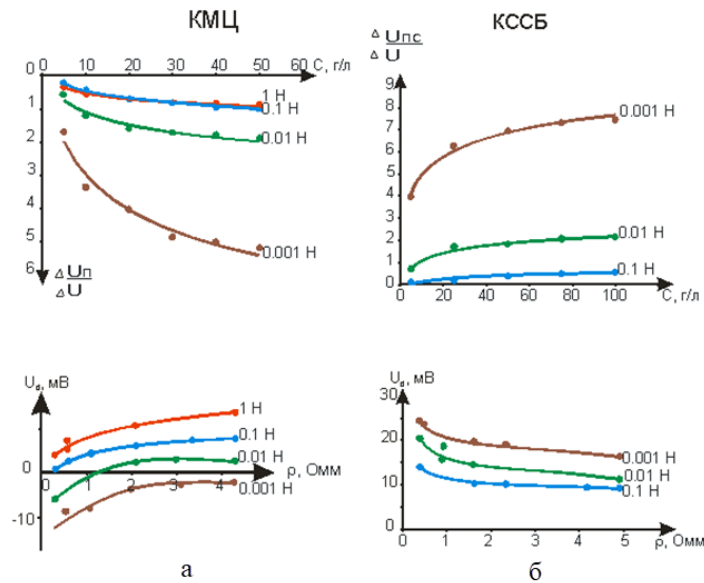
Доцент кафедри нафтогазової геофізики

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики НАН України*

ВПЛИВ БУРОВИХ РОЗЧИНІВ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ

В складних геологічних розрізах з тонким перешаруванням глинистих, піщанистих та алевролітистих літотипів інформативність типового комплексу методів ГДС значно падає. Особливо це відчутно у свердловинах коли один або декілька змішаних флюїдів заповнюють пустотний простір породи-колектора. В цьому випадку, глинисті частинки породи адсорбують в значній мірі іони одного знаку, спричиняючи їх перерозподіл, тим самим змінюється адсорбційно-дифузійний потенціал, який відіграє основну роль у створенні електричних параметрів природного електричного поля. Бурові розчини з добавками КССБ та КМЦ підсилюють адсорбційно-дифузійні властивості глинистих гірських порід та змінюють величину електропровідності, а відповідно і адсорбційно-дифузійний потенціал (U_{da}). Слід відмітити, що розчини з добавками хімреагенту

КМЦ здатні змінити ці потенціали від додатних до від'ємних. Як видно із рисунку наявність у буровому розчині КССБ зумовлюють тільки підвищення додатних значень дифузійно-адсорбційних потенціалів гірських порід.



а) — для розчинів КМЦ;

б) — для розчинів КССБ;

шифр кривих — мінералізація розчинів NaCl без хімреагентів.

Рис. 1 - Відносна зміна дифузійних потенціалів та електричного опору від концентрації хімреагентів в одному з контактуючих розчинів

Перелік використаних джерел

1. Федак І.О. Використання ядерно-фізичних методів досліджень свердловин для оцінки мікротріщинуватості колекторів карбонатного типу / І.О. Федак, В.А. Старостін // Науковий вісник 2(16)2007 "Факел" - 23 с.
2. Федоришин Д.Д. Роздільна спроможність апаратури радіоактивних методів при дослідженні свердловин / Федоришин Д.Д. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ [збірник наукових праць ІФНТУНГ]. – Івано-Франківськ, - 1996. - №33. - с.42-49
3. Федоришин Д.Д. Причини низькоомності порід-колекторів та оцінка характеру їх насичення в умовах нафтогазових родовищ України / [Федоришин Д.Д., Федоришин С.Д., Старостін А.В., Коваль Я.М.] // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ. 2006.

Брик М.¹

студентка групи 6.G2.25-тзнс

Розсоха К.¹

студентка групи 7.G2.25-тзнс

Галич А.¹

студент групи 6.2634

Венгер Л.О.^{1,2}

к.т.н., доцент кафедри металургійних технологій,
екології та техногенної безпеки

¹*Запорізький національний університет*

к.т.н., доцент кафедри екології та збалансованого природокористування

²*Національний університет «Львівська політехніка»*

ЗАСТОСУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ НАСЛІДКІВ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ

Глобальна зміна клімату належить до найгостріших екологічних викликів сучасності. Зростання обсягів парникових газів в атмосфері призводить до підвищення температури повітря, порушення кліматичних процесів і погіршення стану природних екосистем. У роботі досліджено можливості використання біотехнологічних методів для скорочення викидів CO₂, зокрема застосування мікроводоростей як ефективного засобу біологічного поглинання вуглекислого газу. Розглянуто сучасні способи культивування мікроводоростей та особливості використання фотобіореакторів. Визначено, що мембранні фотобіореактори забезпечують більш ефективну фіксацію CO₂ і є перспективними для промислового впровадження.

Сучасні кліматичні зміни значною мірою спричинені діяльністю людини, зокрема розвитком промисловості, транспорту та використанням викопного палива. Підвищення концентрації CO₂ посилює парниковий ефект і негативно впливає на екологічну рівновагу.

У зв'язку з цим важливим є впровадження екологічно безпечних технологій, спрямованих на зменшення антропогенного навантаження на довкілля. Одним із перспективних рішень є використання мікроводоростей, які інтенсивно поглинають CO₂ у процесі фотосинтезу та формують біомасу, придатну для подальшого використання. Мікроводорості характеризуються високою швидкістю фотосинтезу та здатністю ефективно перетворювати вуглекислий газ на органічні речовини. Основними етапами цього процесу є поглинання світла, фотоліз води та фіксація CO₂ у циклі Кальвіна. Отриману біомасу застосовують у виробництві біопалива, кормових добавок, фармацевтичної продукції та інших біологічно активних речовин.

Для вирощування мікроводоростей використовують відкриті й закриті системи. Відкриті водойми є економічно доступними, проте залежать від погодних умов і мають ризик забруднення сторонніми мікроорганізмами. Більш

ефективними вважаються закриті фотобіореактори, у яких можна контролювати температуру, освітлення, рівень рН та концентрацію CO₂.

Особливе значення мають мембранні фотобіореактори, які покращують процес газообміну та підвищують ефективність поглинання вуглекислого газу. Дослідження з використанням *Chlorella vulgaris* підтвердили, що такі системи забезпечують вищі показники фіксації CO₂ порівняно зі стандартними установками. Технології на основі мікроводоростей можуть застосовуватися для очищення промислових викидів і стічних вод, виробництва біопалива та біоре mediaції забруднених територій. Таким чином, біотехнології є перспективним інструментом зменшення наслідків глобального потепління та розвитку екологічно безпечної економіки.

Список використаних джерел

1. IPCC. *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva, 2023.
2. Wang B. et al. CO₂ bio-mitigation using microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2008.
Zhu L. et al. Cultivation of microalgae in photobioreactors: a review. *Bioresource Technology*. 2019.

СЕКЦІЯ 2

“ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА АДАПТАЦІЯ ЕКОСИСТЕМ ДО ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН”

УДК 502.13.17

Лабецька У.І.,
студентка 4-го курсу спеціальності 101 Екологія
Науковий керівник – Роман Л.Ю.,
к.х.н., доц., доцент кафедри екології та
охорони навколишнього середовища

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

ПОШИРЕННЯ ВИДІВ РОДИНИ ORCHIDACEAE JUSS. У НПП «БОЙКІВЩИНА»

Родина Зозулинцеві або Орхідні (Orchidaceae Juss.) є однією з найбільших родин квіткових рослин та налічує близько 30000 видів. Проте в Україні зростає близько 70 видів, які занесені до Червоної книги України. Дані види дуже вразливі, мають складну біологію розвитку оскільки потребують мікоризу та чутливі до змін середовища місцезростання.

Рідкісні орхідеї родини Зозулинцеві в межах Національного природного парку (НПП) «Бойківщина» приурочені здебільшого до унікальних оселищ букових та буково-ялицевих пралісових екосистем. Деякі представники орхідних обирають більш відкриті середовища – субальпійські луки чи верхові болота, зокрема болото «Надсяння». Популяції родини Зозулинцеві часто займають невеликі за площею природні ділянки та характеризуються низькою щільністю.

У межах НПП «Бойківщина» зафіксовано зростання дев'яťох червонокнижних видів родини Зозулинцеві (табл. 1.). Найбільшу кількість локалітетів виявлено для коручки морозниковидної – 38. Таку поширеність виду можна пояснити його широкою еколого-ценотичною амплітудою. Вид добре зростає в хвойних, широколистяних та мішаних лісах і не вибагливий до родючості ґрунту: зростає як на добре угноєних, так і на бідних ґрунтах різної вологості та кислотності. Всього один локалітет виявлено для коручки болотної. Це дуже вразливий вид, зростає переважно на вологих ґрунтах (болотах), дуже чутливий до умов середовища.

Представники видів родини Orchidaceae Juss у НПП «Бойківщина»

№	Назва	Латинська назва	Кількість локалітетів
1	Коручка болотна	<i>Epipactis palustris</i>	1
2	Траунштейнера куляста	<i>Traunsteinera globosa</i>	4
3	Зозульки Фукса	<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	10
4	Любка дволиста	<i>Platanthera bifolia</i>	12
5	Зозульки травневі	<i>Dactylorhiza majalis</i>	6
6	Зозульки пляmistі	<i>Dactylorhiza maculata</i>	11
7	Зозульки м'ясочервоні	<i>Dactylorhiza incarnata</i>	3
8	Зозулині сльози яйцеподібні	<i>Listera ovata</i>	5
9	Коручка морозниковидна	<i>Epipactis helleborine</i>	38

Основними екологічними загрозами видів родини Зозулинцеві є порушення чи руйнування природних місцезростань, осушення екотопів, надмірне випасання та скошування. Негативну роль відіграє і рекреація, зокрема низька екологічна свідомість рекреантів, які під час відпочинку зривають квіти для створення декоративних букетів або витоптування трав'яного покриву під час прогулянок у не призначених для цього місцях.

Перелік використаних джерел

1. Екологічний паспорт Львівської області за 2024 рік. URL: <https://drive.google.com/file/d/1iwqY0tDJTV9c3XS0BW-dBev-UbuG-DXZ/view>.
2. Офіційний сайт НПП «Бойківщина». URL: <https://boikivshchyna-park.in.ua/doslidzhuy/pryroda-parku/flora/>.

УДК 504.5

Чемеринська Н.В.

студент групи ЕКО-23-1

Орфанова М.М.

завідувач кафедри Природничих наук

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу***МІКРОПЛАСТИК У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ: ДЖЕРЕЛА,
ПОШИРЕННЯ ТА ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ**

Забруднення навколишнього середовища пластиком стало серйозною глобальною проблемою. За останні 70 років обсяги його виробництва стрімко зросли й сягають приблизно 359 млн тонн щороку. Лідером є Китай із часткою близько 17,5%, тоді як у Середземноморському регіоні значні обсяги відходів генерує Туреччина — близько 144 тонн щодня. Водночас ефективної системи переробки пластику не існує, що призводить до його накопичення у довкіллі.

Значна частина відходів потрапляє у водні екосистеми, де розкладається на мікропластик — частинки розміром 0,1–5 мм [1]. Мікропластик утворюється як унаслідок руйнування більших виробів, так і надходить у вигляді первинних частинок (косметика, промислові гранули). Основними джерелами є побутові та промислові стічні води, поверхневий стік, сільськогосподарська діяльність, зношування автомобільних шин і текстильні волокна під час прання. Накопичення пластику також пов'язане з прибережними зонами, господарською діяльністю в акваторіях і перенесенням річками, які транспортують до 80% пластикових відходів в океани [2].

Виробництво пластмас зростає на 8,4% щороку, що у 2,5 рази перевищує темпи зростання світового ВВП у 1950–2015 роках. До 2050 року може бути вироблено близько 26 млрд тонн полімерів і 6 млрд тонн волокон. Із загального обсягу відходів приблизно 37% буде спалено, 26% перероблено, а ще 37% потрапить у довкілля, що свідчить про масштабність пластикової кризи.

Значну відповідальність несуть компанії DOW, ExxonMobil, Imperial Oil, Sinopec та NOVA Chemicals. Проблемою є і хімічний склад пластику: використовується понад 140 потенційно небезпечних речовин (антипірени, пластифікатори, УФ-стабілізатори тощо), серед яких бісфенол А та фталати. Дослідження показують, що близько 74% виробів містять небезпечні речовини, а загалом ідентифіковано понад 1400 хімічних сполук [3]. Зменшення впливу мікропластику можливе через удосконалення очищення стічних вод: механічні методи (фільтрація, осадження), мембранні технології (зворотний осмос, нанофільтрація) та біологічні підходи. Зокрема, бактерія *Ideonella sakaiensis* розкладає ПЕТ, а гриб *Fusarium oxysporum* також має подібні властивості [4].

Отже, проблема потребує комплексних рішень: скорочення використання одноразового пластику, розвиток сортування і переробки, вдосконалення очищення вод та контроль токсичних добавок. Важливими залишаються екологічна свідомість і перехід до безпечніших матеріалів. Лише поєднання технологій, регулювання та відповідальної поведінки дозволить зменшити масштаби забруднення.

Перелік використаних джерел

1. Mustapha, S., et al. Technological approaches for removal of microplastics and nanoplastics in the environment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2024, 12.2: 112084.
2. Фоменко Д. І. Мікропластик у водному середовищі: прихована загроза екосистемам. In: *Інноваційні матеріали та технології: біотехнологія, прикладна хімія та екологія*. Київський національний університет технологій та дизайну, 2025
3. Zimmermann, Lisa, et al. Benchmarking the in vitro toxicity and chemical composition of plastic consumer products. *Environmental science & technology*, 2019, 53.19: 11467-11477.

Білякевич Т.В.
студент групи І СМ
науковий керівник – Дмитрів В.Я.
викладач природничих наук
Фаховий коледж культури і мистецтв (м. Калуш)

ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА

У сучасному світі питання енергетики є одним із ключових для розвитку людства. Традиційні джерела енергії, такі як вугілля, нафта та природний газ, спричиняють значне забруднення довкілля та є обмеженими ресурсами. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розвиток зеленої енергетики - системи виробництва енергії з відновлюваних і екологічно безпечних джерел.

Зелена енергетика базується на використанні природних ресурсів, які постійно відновлюються. До таких джерел належать сонячна, вітрова, гідроенергія, геотермальна енергія та енергія біомаси. Їх головною перевагою є мінімальний вплив на навколишнє середовище та відсутність шкідливих викидів у процесі виробництва енергії.

Одним із найбільш перспективних напрямів є сонячна енергетика. Сонячні батареї перетворюють енергію Сонця на електричну, що дозволяє забезпечувати електроенергією як окремі будинки, так і великі підприємства. Вітрова енергетика також активно розвивається: вітрові турбіни генерують електроенергію за рахунок сили вітру, що є особливо ефективним у прибережних і відкритих місцевостях.

Важливу роль у розвитку зеленої енергетики відіграє хімія. Саме завдяки хімічним дослідженням створюються нові матеріали для сонячних панелей, акумуляторів та паливних елементів. Наприклад, літій-іонні батареї дозволяють накопичувати енергію, а водневі технології відкривають перспективи отримання чистого палива, продуктом згоряння якого є лише вода.

Ще одним важливим напрямом є використання біомаси - органічних відходів рослинного та тваринного походження. З них можна отримувати біогаз або біопаливо, що є альтернативою традиційним видам пального. Це не лише зменшує кількість відходів, а й сприяє раціональному використанню ресурсів.

Незважаючи на значні переваги, зелена енергетика має і певні труднощі. Серед них - висока вартість обладнання, залежність від погодних умов та необхідність розвитку інфраструктури. Сучасні наукові досягнення поступово вирішують ці проблеми, роблячи відновлювану енергетику доступнішою.

Отже, зелена енергетика є важливим кроком до зменшення негативного впливу людини на довкілля. Її розвиток сприяє зниженню викидів парникових газів, збереженню природних ресурсів і забезпеченню енергетичної незалежності. У майбутньому саме відновлювані джерела енергії можуть стати основою глобальної енергетичної системи.

Перелік використаних джерел

1. Бойко В. П. Основи енергетики та енергозбереження : навчальний посібник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020.
2. Гончаренко Г. І., Кузнецов В. І. Екологія : підручник для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти. Київ : Генеза, 2021.
3. Енергетична стратегія України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» : схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України.
4. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003 р. (зі змінами).
5. Пустовойт О. В., Литвиненко І. С. Загальна екологія : підручник для закладів вищої освіти. Київ : Либідь, 2018.
6. Савченко В. М., Ткаченко О. П. Хімія : підручник для 10 класу (рівень стандарту). Київ : Освіта, 2019.

УДК 502.131.1:332.1(477.87-25)

Брензович М.В., Пішта І.М.

студенти 2 курсу спеціальності Екологія

науковий керівник – Глух О.С.

к.х.н., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

ОЦІНКА РЕАЛІЗАЦІЇ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НА ЛОКАЛЬНОМУ РІВНІ: КЕЙС МІСТА УЖГОРОД

Реалізація Цілей сталого розвитку (ЦСР) ООН в Ужгороді здійснюється шляхом інтеграції глобальних орієнтирів у Стратегію розвитку міста до 2030 року. Ужгород, як адміністративний центр прикордонного регіону, має специфічний профіль реалізації ЦСР, що фокусується на екологічній безпеці та транскордонному співробітництві [1].

Метою дослідження є оцінка ефективності впровадження глобальних цілей ООН у межах стратегічного планування міста, аналіз результатів екологічних, соціальних та інституційних проєктів, а також визначення шляхів подолання виявлених системних розривів у гуманітарній та освітній сферах.

Методи дослідження. У роботі застосовано аналіз стратегічних документів територіальної громади, моніторинг результатів реалізації інфраструктурних проєктів, польові спостереження у місцях надання соціальної допомоги та аналіз відкритих даних щодо стану освітньої та судової мереж міста.

Результати дослідження. Аналіз моніторингу Стратегії «Ужгород-2030» дозволив виокремити результати за декількома напрямками. У сфері енергоефективності (ЦСР 7, 13) встановлено, що впровадження сонячної генерації на дахах комунальних та медичних установ забезпечило зниження

витрат на електроенергію на 15–20% [2]. Також проведено модернізацію вуличного освітлення із застосуванням LED-обладнання, що зменшило навантаження на енергомережу.

У контексті екологічної безпеки (ЦСР 6, 15) виявлено зростання обізнаності населення через пілотні програми сортування сміття, хоча питання будівництва сміттєпереробного заводу залишається невирішеним. Продовжується робота над розширенням зелених зон та інвентаризацією насаджень для збереження статусу «зеленого міста».

Реалізація соціальних цілей у 2024–2026 роках відбувається в умовах необхідності адаптації до гуманітарних потреб. Щодо ЦСР 2 (Подолання голоду), встановлено функціонування пунктів гарячого харчування (район пл. Петєфі, вул. Митрака), де впроваджено систему видачі продуктів на декілька днів. Однак відсутність власних приміщень у благодійних організацій створює фінансову нестабільність у цьому секторі.

У сфері освіти (ЦСР 4) зафіксовано успішне впровадження інновацій, зокрема відкриття STEM-центру на базі ПАДІОНу (Палац дитячої і юнацької творчості.) у співпраці з ЮНІСЕФ. Разом з тим, виявлено інфраструктурні виклики, станом на 2024–2025р. лише 67% шкіл забезпечені укритами, а активна забудова міста за відсутності нових освітніх закладів призводить до переповнення класів [3].

Аналіз інституційної стійкості (ЦСР 16) на прикладі місцевої судової системи вказує на проблеми з прозорістю розподілу справ та низький рівень довіри громадян до інституцій через закритість системи.

У ході дослідження встановлено, що Ужгород демонструє значну активність у залученні міжнародних інвестицій і грантових ресурсів ЄС, зокрема у сферах енергоефективності та міського благоустрою, що відповідає цілям Цілі сталого розвитку ООН (ЦСР 17). Водночас зафіксовано дисбаланс між інтенсивністю житлової забудови та розвитком соціальної інфраструктури, що створює додаткові бар'єри для забезпечення доступу до якісної освіти (ЦСР 4). Також виявлено, що підтримка соціально вразливих груп має переважно фрагментарний і ситуативний характер, що свідчить про необхідність переходу до більш цілісної та системно організованої муніципальної моделі соціального захисту. У зв'язку з цим доцільно розглянути впровадження незалежного механізму громадського контролю за дотриманням етичних стандартів у діяльності інституційних органів, а також ініціювати створення повноцінного муніципального соціального центру, здатного забезпечити стабільне та комплексне надання соціальних послуг населенню.

Перелік використаних джерел

1. Allen C., Metternicht G., Wiedmann T. National pathways to the Sustainable Development Goals (SDGs): A comparative review of scenario modelling tools // Environmental Science & Policy. — 2019. — Vol. 66. — P. 199–207. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.09.008>.

2. Ужгород отримав грант на встановлення сонячних панелей у медзакладах. [Електронний ресурс] // Rionews. – Режим доступу:

<https://www.rionews.com.ua/news/ratusha/now/n2586135810> (дата звернення: 28.04.2026).

3. Безпека в освіті: ситуація з укриттями у школах та садочках Ужгорода [Електронний ресурс] // Karpat Telehraf. – Режим доступу: <https://karpat-telehraf.net/bezpeka-v-osviti-sytuacziya-z-ukryttyamy-u-shkolah-ta-sadochkah-uzhgoroda/> (дата звернення: 28.04.2026).

УДК 628.4:581.5

Решетняк Є. Д.

студентка групи ЕКО-23-1

Грицуляк Г. М.

завідувачка кафедри ТЗБП,

доктор сільськогосподарських наук,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти та газу

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ЯК СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Проблема зменшення кількості органічних і неорганічних відходів, а також очищення забруднених територій від відходів і токсичних речовин є однією з найактуальніших на сучасному етапі розвитку людства. Одним із перспективних природоохоронних підходів є фіторемедіація — різновид біоремедіації, що передбачає використання рослин для очищення ґрунтів, води та інших компонентів довкілля від забруднювачів. Рослини здатні поглинати, накопичувати, розкладати, стабілізувати або трансформувати полютанти, зменшуючи їхню токсичність і рухливість у навколишньому середовищі.

Основними напрямками фіторемедіації є фітостабілізація, фітоекстракція, фітодеградація, фітотрансформація, ризофільтрація, ризодеградація та фітовипаровування. Фітостабілізація полягає у переведенні забруднювачів у нерозчинні або малорухомі форми за допомогою корневих виділень рослин. Це запобігає поширенню токсичних речовин у ґрунтові води та повітря, зменшує ерозійні процеси і сприяє поступовому відновленню біорізноманіття. Фітоекстракція передбачає поглинання важких металів і радіонуклідів кореневою системою з подальшим накопиченням цих речовин у надземній частині рослин, яку згодом скошуюють і безпечно утилізують. Фітодеградація та фітотрансформація пов'язані з розкладанням складних ксенобіотиків до менш токсичних або нетоксичних сполук завдяки метаболічним процесам у рослинах. Ризофільтрація та ризодеградація забезпечують очищення рідких середовищ завдяки поглинальній здатності коренів і взаємодії рослин із мікроорганізмами ризосфери. Фітовипаровування полягає у вилученні токсикантів із ґрунту та їх виділенні в атмосферу у формі летких, менш небезпечних сполук [1-4].

Одними з найпоширеніших деревних рослин, які використовують у фіторемедіації та біоенергетиці, є тополя і верба. Вони добре пристосовані до умов помірної кліматичної зони, витримують несприятливі ґрунтові та

кліматичні умови, швидко ростуть і здатні поглинати значні обсяги важких металів. Завдяки великій кількості видів і сортів ці культури широко застосовуються для очищення ґрунтів від важких металів і нафтопродуктів [2]. Крім того, в Україні для очищення ґрунтів від важких металів можуть використовуватися бурачок муровий, гірчиця біла, конопля, ряска, водяний гіацинт та інші рослини.

Важливим фіторемедіатором є також соняшник, який має здатність очищувати ґрунти й водні середовища від нафтопродуктів, токсикантів, важких металів і радіоактивних речовин. Одночасно він сприяє зменшенню ерозії ґрунту та обмеженню поширення забруднень. Соняшник активно використовували через кілька років після аварії на Чорнобильській АЕС: рослини висаджували на воді на плавучих понтонах, а їхня коренева система поглинала зі стічних вод значну частину радіоактивного стронцію та цезію.

В Україні існують приклади практичного застосування фіторемедіаційних технологій. Зокрема, на хвостосховищах збагачувальних фабрик у Кривому Розі використовували фітостабілізацію для закріплення пилюватих поверхонь, що містять важкі метали. Для цього висаджували суміші багаторічних трав, зокрема кострицю та міскантус, що сприяло зменшенню рознесення токсичного пилю вітром. До 2022 року в Маріуполі проводилися експерименти з використанням гірчиці сарептської для фітоекстракції свинцю та кадмію на територіях, прилеглих до металургійних підприємств. Ця рослина здатна накопичувати метали в надземній біомасі, яку після скошування необхідно безпечно утилізувати. У деокупованих районах Харківщини також розглядається можливість використання технічних конопель і міскантусу для відновлення ґрунтів, забруднених залишками вибухових речовин і важкими металами внаслідок бойових дій.

Отже, фіторемедіація є перспективним і стратегічно важливим напрямом для України, особливо з огляду на екологічну шкоду, спричинену промисловим навантаженням і воєнними діями. Вона поєднує екологічну безпечність, відносну доступність і можливість поступового відновлення деградованих територій. Подальші дослідження та впровадження фіторемедіаційних технологій можуть стати важливою складовою відновлення довкілля та раціонального використання забруднених земель.

Перелік використаних джерел

1. Boretska I., Dzhura N., Romanyuk O. Phytoremediation of technogenically contaminated soils by means of energy crops. *Ecological Sciences*. 2021. No. 6. P. 72–76. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11> (date of access: 31.03.2026).
2. Ризики використання біоенергетичних рослин для відновлення земель, забруднених від воєнних дій - Екодія. Екодія. URL: <https://ecoaction.org.ua/ryzyky-bioenerhet-roslyn-vidnovl-zemel.html> (дата звернення: 28.04.2026).
3. Соняшник – кращий рятівник ґрунту – Агробізнес сьогодні. Агробізнес сьогодні. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/27303-soniashnyk-krashchyi-riativnyk-gruntu.html> (дата звернення: 28.04.2026).
4. Sciencedirect. *Journal of Environmental Radioactivity*.

Черевко Х.М.

аспірантка (спеціальність 101 – екологія)

Наукові керівники – **Сухарев С.М.**

д.х.н., проф., завідувач кафедри екології

та охорони навколишнього середовища

Сухарева О.Ю.

к.х.н., доц., доцент кафедри аналітичної хімії

ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Україна)

SQUALIUS CEPHALUS L. ЯК ЛОКАЛЬНИЙ БІОІНДИКАТОР ЕКОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ ГІРСЬКИХ РІЧОК

Екологічний статут річок у значній мірі визначається геологією, тектонікою та геохімією їх басейнів, а також антропогенним навантаженням на водний об'єкт. Гірські річки Закарпаття відносяться до басейну річки Тиса, більшість з них мають транскордонний характер, а їх басейни мають виражену ландшафтну зональність та складні геологічні (і тектонічні) умови. Оцінку екологічного статусу річок проводять за різними параметрами, але як інтегральний показник стану часто використовують біоіндикатори. Як біоіндикатори можуть бути використані різні організми, але перспективним є використання аборигенної іхтіофауни. Серед аборигенної іхтіофауни гірських річок Закарпаття, потенційним локальним біоіндикатором є Головень європейський (*Squalius Cephalus L.*), що зумовлено рядом причин:

- достатня поширеність *Squalius Cephalus L.* у верхніх і середніх течіях гірських річок, відсутність заповідного статусу;
- всеїдність *Squalius Cephalus L.* з вираженою здатністю до біокумуляції забруднювальних речовин;
- малорухомий (осілий) спосіб життя.

У даному дослідженні нами проведена оцінка можливості використання *Squalius Cephalus L.* як локального біоіндикатора екологічного статусу гірських річок басейну Верхньої Тиси (Україна) за біонакопиченням важких металів (ВМ) та природних гамма-активних радіонуклідів (ГАР), ряду ^{238}U та ^{232}Th . Територія басейну Верхньої Тиса є переважно природно-заповідна, з невеликим антропогенним навантаженням.

На основі проведених досліджень встановлено:

- вміст ВМ металів у м'язовій тканині риб (*Squalius Cephalus L.*) є невисоким, причому спостерігається загальна тенденція до збільшення вмісту ВМ з течією річок (від гірських до передгірських ландшафтів);
- встановлено, що співвідношення Zn/Cu у зразках *Squalius Cephalus L.* коливається у межах 10,6-19,2, причому, також, прослідковується тенденція

щодо збільшення цього співвідношення при переході від гірських до передгірських ландшафтів вниз за течією річок;

- загальна питома гамма-активність зразків *Squalius Cephalus* L. коливається у межах 32,4-88,8 Бк/кг; у гірських районах питома активність зразків є значно вищою, ніж у передгірських;

- співвідношення $\sum 232\text{Th}/\sum 238\text{U}$ у зразках Головеня європейського коливається у межах 0,86-1,42, причому у гірській місцевості переважають ГАР ряду 238U, а у передгірських – ряду 232Th.

Встановлені закономірності відображають особливості геології, геохімії та тектоніки басейну річок Верхньої Тиси, у т.ч. розподіл ГАР у зразках *Squalius Cephalus* L. за течіє річок. Такі ж закономірності прослідковуються за розподілом ВМ і ГАР у донних відкладах досліджуваних річок, тому, як локальний біоіндикатор, *Squalius Cephalus* L. є ефективним.

Таким чином встановлено, що *Squalius Cephalus* L. є ефективним локальним біоіндикатором екологічного статусу гірських річок (за біонакопиченням ВМ та ГАР) як інтегральний критерій стану річок.

УДК 004.9:912:502

Дівончук У.А., Луньова Є.В.
студентки групи ЕКО-24-1
Сисак К.О.
к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН І ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЛОКАЛЬНИХ ЗМІН ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Антропогенна діяльність змінює склад атмосферного повітря, зокрема через вплив транспорту та урбанізованого середовища. Це зумовлює необхідність локального моніторингу якості повітря для оцінки його стану в межах окремих територій.

На території Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу проходить інтенсивна будівельна діяльність, зокрема будівництво житлових будинків, доріг, відбудова університету, що призвело до зростання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Це спричиняє надходження в атмосферу таких компонентів, які за своїм характером, концентрацією та обсягами є не типовими для природних умов. Критерієм розподілу атмосферного повітря (як природного об'єкта) та іншого повітря є природний, непорушний зв'язок повітря з довкіллям.

Великий розмір часток найчастіше походить від будівельних майданчиків (будівництво жилих будинків, в межах території ІФНТУНГ), автомобільного транспорту, пилу з ґрунту тощо.

Метою роботи було оцінити стан атмосферного повітря, визначити вміст кисню, діоксиду вуглецю та оксиду вуглецю на території, прилеглій до Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, з використанням портативного газоаналізатора СЕМ GD-3803., статистичний метод для збору та аналізу даних забруднення компонентів приземного шару повітря твердими частками дрібнозернистого пилу, оксидом вуглецю CO, діоксиду вуглецю CO₂.

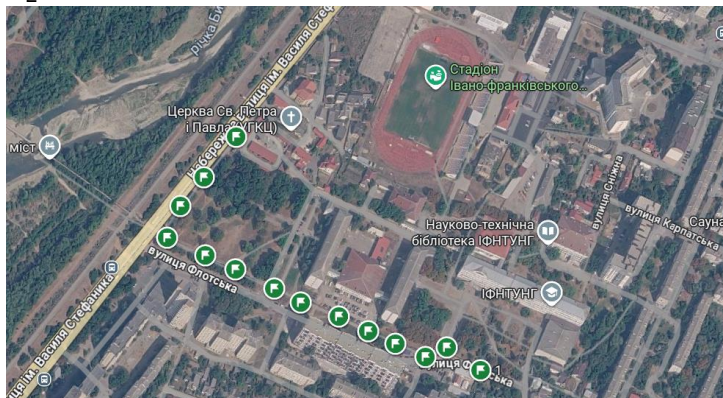


Рисунок 1 — Розташування точок вимірювання на досліджуваній території

Вимірювання проводились у 14 точках, розташованих навколо університету, зокрема поблизу транспортних ділянок, житлової забудови та прибережної зони річки Бистриця (рис.1). У кожній точці визначали вміст O₂ (%) та концентрації CO₂ і CO (ppm), результати узагальнено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Результати вимірювання концентрацій O₂, CO₂ та CO у точках дослідження

№ точки	Координати точки	O ₂ , %	CO ₂ , ppm	CO, ppm
1	48°55'42.9"N 24°41'44.3"E	20	428	0
2	48°55'43.8"N 24°41'42.4"E	20	412	0
3	48°55'43.4"N 24°41'41.2"E	20	406	0
4	48°55'43.9"N 24°41'39.4"E	19,9	416	0
5	48°55'44.4"N 24°41'37.8"E	19,9	421	0
6	48°55'45.0"N 24°41'36.1"E	19,8	409	0
7	48°55'45.5"N 24°41'33.8"E	19,8	433	0
8	48°55'46.2"N 24°41'31.4"E	19,7	407	0
9	48°55'46.8"N 24°41'30.1"E	19,7	410	0
10	48°55'47.3"N 24°41'28.3"E	19,7	410	0
11	48°55'48.3"N 24°41'25.8"E	19,7	400	0
12	48°55'49.2"N 24°41'26.8"E	19,8	419	0
13	48°55'50.3"N 24°41'28.2"E	19,8	416	0
14	48°55'51.8"N 24°41'30.1"E	19,8	416	0
Норма		~20,9%	~400 ppm	
Максимально разове ГДК				5 мг/м ³ (~4 ppm)

За отриманими даними, вміст кисню коливався в межах 19,7–20,0%, концентрація CO₂ становила 400–433 ppm, тоді як оксид вуглецю (CO) у всіх точках не виявлений (0 ppm). Відсутність CO може пояснюватися відкритістю території, достатнім перемішуванням повітря, а також відсутністю інтенсивних джерел неповного згоряння палива на момент вимірювань; крім того, цей газ швидко розсіюється та може не фіксуватися при низьких концентраціях.

Порівняння результатів із нормативними значеннями показало, що вміст кисню відповідає фізіологічній нормі (~20,9%), концентрація CO₂ знаходиться на рівні, близькому до фонового (~400 ppm), а значення CO не перевищують максимально разового гігієнічного нормативу (5 мг/м³, або близько 4 ppm). Просторовий аналіз свідчить про незначне підвищення CO₂ поблизу транспортних шляхів, тоді як у віддалених від них ділянках показники наближені до природного фону. Загалом стан атмосферного повітря на досліджуваній території є задовільним і не характеризується перевищенням допустимих концентрацій [1-4].

Узагальнюючи результати, можна констатувати, що повітряне середовище території ІФНТУНГ є помірно забрудненим із вираженою просторовою прив'язкою до місць накопичення будівельних відходів та скупчення транспорту.

Результати досліджень підкреслили значущість проведення локального моніторингу для створення подальших планів покращення якості атмосферного повітря, прийняття раціональних рішень екологічному плануванні території дослідження та дотриманням норм.

Перелік використаних джерел

1. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (ДСП 173-96). — Київ: МОЗ України, 1996.
2. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 2021: The Physical Science Basis.
3. World Health Organization (WHO). Air quality guidelines for Europe. — Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
4. Adamenko, Y.O., & Kachala, T.B. (2022). Investigation of the dispersion of PM₁₀ and PM_{2.5} solid particles in the atmospheric air of Yamnytsia UTC. Ecological Safety and Balanced Use of Resources, 26(2), 101-110. doi: 10.31471/2415-3184-2022-2(26)-101-110.

Мишілюк І.І.,
аспірантка кафедри екології та біомоніторингу
науковий керівник – **Жук А.В.**,
д.б.н., доцент кафедри екології та біомоніторингу

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН ТА ІНВАЗІЙНА ЗАГРОЗА В ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕННЯХ РІЗНИХ КАТЕГОРІЙ МІСТА ЧЕРНІВЦІ

Зелені насадження формують екологічний каркас урбоєкосистеми та забезпечують стійкість міського середовища до антропогенних навантажень. Попри те, що видовий склад і фітосанітарний стан дерев істотно варіюють залежно від типу зелених територій [1, 2], ці відмінності рідко стають об'єктом порівняльного аналізу. У зв'язку з цим, метою роботи є порівняльна оцінка фітосанітарного стану деревних насаджень закладів дошкільної освіти (ЗДО) та вуличних насаджень центральної частини м. Чернівці, а також аналіз представленості інвазійних видів у цих двох категоріях зеленої інфраструктури.

Первинна база даних охоплює результати інвентаризації дендрофлори 41 ЗДО та 8 вулиць історичного центру міста. Для кожного дерева фіксувалися видова належність, морфометричні параметри та якісний стан за 3-бальною шкалою (добрий / задовільний / поганий).

Порівняльний аналіз виявив суттєві відмінності між двома категоріями насаджень (табл. 1).

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика деревних насаджень ЗДО та вуличних насаджень м. Чернівці

Показник	Насадження ЗДО	Вуличні насадження
Кількість об'єктів обстеження	41 ЗДО, 3527 екз.	8 вулиць, 446 екз.
Добрий стан, %	86,6	72,5
Задовільний стан, %	10,3	23,4
Поганий стан, %	3,1	4,1
Частка інвазійних видів, %	1,2	28,4 *

* з них *Acer negundo* L. – 121 екз. (27,3 %), *Robinia pseudoacacia* L. – 5 екз.

Насадження ЗДО характеризуються кращим фітосанітарним станом: 86,6 % екземплярів у доброму стані проти 72,5 % на вулицях. Частка дерев із задовільним станом на вулицях більш ніж удвічі вища (23,4 % проти 10,3 %), що відображає інтенсивніший урбанізаційний стрес. Характерна залежність фітосанітарного стану від морфометричних параметрів виявлена у межах насаджень ЗДО. Середній діаметр стовбура дерев у поганому стані (39,7 см)

суттєво перевищує показник дерев у доброму стані (29,2 см), що вказує на вікову деградацію насаджень і необхідність планової заміни перестійних екземплярів.

Найбільш різкий контраст спостерігається у частці інвазійних видів. У ЗДО вона становить лише 1,2 %, що відповідає 43 екз. у 16 із 41 об'єкта. Ця група представлена переважно *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L. та *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Ці ж види формують 28,4 % вуличних насаджень, де *A. negundo* домінує з часткою 27,3 % (121 екз. із 446 досліджених). Аналіз за видами дозволив визначити групу ризику у складі насаджень ЗДО. Поганий стан ідентифіковано здебільшого у *Prunus cerasus* L. (15 екз.), *Acer platanoides* L. (14 екз.), *Betula pendula* Roth (10 екз.), *Malus domestica* Borkh. (9 екз.) та *Fraxinus excelsior* L. (8 екз.).

Отримані результати свідчать про необхідність диференційованого підходу до управління різними категоріями міської зеленої інфраструктури в Чернівцях. Якщо для насаджень ЗДО пріоритетом є планова заміна перестійних екземплярів видів групи ризику, то для вуличних насаджень першочерговим завданням є поступове виведення інвазійних видів та їх заміна аборигенними або екологічно безпечними інтродуцентами.

Перелік використаних джерел

1. Жук А. В., Мишілюк І. І. ГІС-облік вуличних деревних насаджень як інструмент управління зеленою інфраструктурою міста Чернівці. Біологічні системи. 2025. Т. 17. Вип. 1. С. 120–127. DOI: 10.31861/biosystems2025.01.120.

2. Мишілюк І. І., Жук А. В. Видова структура дендрофлори закладів дошкільної освіти міста Чернівці як чинник формування екосистемних послуг. Biota. Human. Technology. 2026. № 1. С. 28–39. DOI: 10.58407/bht.1.26.2

УДК 504.06:332.1

Матаржук А.І.

студент групи ЕКО-25-1

Москальчук Н.М.

к. т. н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

На початкових етапах вивчення екології важливо розуміти, що будь-яка господарська діяльність може негативно впливати на довкілля. Екологічний ризик — це ймовірність виникнення негативних змін у природному середовищі під впливом антропогенних чинників [1]. Для Івано-Франківської області, де поєднуються природні території Карпат і промислові об'єкти, оцінка таких ризиків є важливою складовою екологічної безпеки.

Сучасні підходи до оцінки стану довкілля передбачають використання як статистичних даних, так і цифрових технологій моніторингу [2].

У роботі використано загальнонаукові методи аналізу та синтезу. Дослідження має оглядово-аналітичний характер і базується на опрацюванні наявної інформації з відкритих джерел. Основу становить аналіз даних екологічного паспорта Івано-Франківської області за 2023 рік [1], а також інших доступних інформаційних ресурсів. Статистичний метод полягав у вивченні та узагальненні опублікованих показників стану довкілля. Експертний підхід використано у вигляді узагальнення наукових публікацій, у яких розглядаються підходи до оцінки екологічних ризиків. Також у роботі використано результати відкритого супутникового моніторингу та елементи геоінформаційного аналізу, що представлені у відповідних джерелах. Прогнозування здійснювалося методом екстраполяції на основі узагальнення наявних даних. Об'єктом дослідження є Івано-Франківська область.

У ході аналізу літературних джерел та статистичних даних було визначено основні екологічні ризики регіону [1].

Техногенні ризики пов'язані з діяльністю великих підприємств, зокрема Бурштинської ТЕС та об'єктів Калуського промислового вузла. Основними проблемами є викиди забруднюючих речовин та накопичення відходів, що можуть впливати на стан ґрунтів і водних ресурсів [1].

Природно-антропогенні ризики проявляються у вигляді паводків, які посилюються внаслідок вирубки лісів у Карпатському регіоні. Зменшення лісового покриву впливає на гідрологічний режим території та підвищує ризик ерозії ґрунтів. Ризики для здоров'я населення пов'язані із забрудненням атмосферного повітря в містах, що формується під впливом транспорту та промислових підприємств [1].

На основі узагальнення наявних даних можна припустити, що за відсутності природоохоронних заходів рівень антропогенного навантаження на водні ресурси регіону може зростати в найближчі роки. Водночас впровадження екологічних технологій може зменшити ці ризики.

Оцінка екологічних ризиків є важливим інструментом для запобігання негативним змінам у довкіллі. Поєднання аналізу статистичних даних, літературних джерел та сучасних методів моніторингу дозволяє отримати більш повне уявлення про стан екосистем. Для Івано-Франківської області актуальним є застосування комплексного підходу до оцінки ризиків для забезпечення сталого розвитку регіону.

Перелік використаних джерел

1. Екологічний паспорт Івано-Франківської області за 2023 рік. Департамент екології та природних ресурсів Івано-Франківської ОДА. URL:<https://www.if.gov.ua/dovkillya/ekologichni-pasporti-ivano-frankivskoyi-oblasti>

2. ЕкоСистема — єдина екологічна платформа України. URL:<https://eco.gov.ua/>

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ІВАНО- ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Івано-Франківська область розташована у західній частині України та характеризується складним рельєфом, що включає рівнинні, передгірські та гірські території. Клімат є перехідним від помірно-вологого до континентального, що суттєво впливає на процеси розсіювання забруднюючих речовин у атмосфері [1]. У 2024 році середня річна температура повітря становила +10,4 °С, що перевищує кліматичну норму приблизно на 2 °С, а кількість опадів коливалась від 617 мм на рівнині до понад 1800 мм у гірських районах [1]. Такі природні умови (часті опади, гірський рельєф, наявність лісів) частково сприяють самоочищенню атмосфери, однак у промислових вузлах формується локальне забруднення.

Протягом року загальний обсяг викидів від стаціонарних джерел склав 115,1 тис. тонн, що демонструє позитивну динаміку – зменшення на 32,6 тис. тонн порівняно з попереднім роком [1]. Основним джерелом забруднення залишається енергетичний сектор, на який припадає 87,8% усіх викидів, а найбільшими підприємствами-забруднювачами є Бурштинська ТЕС, «Івано-Франківськцемент», «Свісс Кроно» та «Карпатнафтохім» [2].

Оцінка якості атмосферного повітря неможлива без проведення точних інструментальних вимірювань. В Івано-Франківській області така оцінка забезпечується функціонуванням системи моніторингу, що включає як автоматизовані, так і стаціонарні пости спостереження. Зокрема, діє мережа автоматизованих постів спостереження (АПС), які здійснюють безперервний контроль стану повітря. Станції, розташовані у м. Калуш (АПС-05), м. Надвірна (АПС-04), м. Бурштин (АПС-01), а також у с. Тустань (АПС-02), с. Ямниця (АПС-03), с. Брошнів-Осада (АПС-06), с. Княжолука (АПС-07) та с. Небилів (АПС-08), які забезпечують автоматичне вимірювання концентрацій забруднюючих речовин [1]. Поряд із цим функціонують стаціонарні пости Гідрометцентру, де відбір проб атмосферного повітря здійснюється вручну кілька разів на добу з подальшим лабораторним хімічним аналізом. Такий підхід дозволяє отримати більш деталізовану інформацію про склад забруднення [2].

У межах цієї системи контролю визначаються основні забруднюючі речовини, серед яких тверді частинки (PM_{2.5} та PM₁₀), діоксид азоту (NO₂), діоксид сірки (SO₂), оксид вуглецю (CO) та озон (O₃) [1]. Такий моніторинг дозволяє оцінювати рівень забруднення атмосферного повітря, виявляти перевищення гранично допустимих концентрацій і своєчасно реагувати на потенційні екологічні загрози.

Оцінювання якості атмосферного повітря в Івано-Франківській області здійснюється за різними режимами залежно від рівня забруднення та результатів попередніх індикативних вимірювань. Для діоксиду сірки застосовується режим фіксованих вимірювань, для діоксиду азоту – комбінований режим, а для оксиду вуглецю, твердих частинок (ТЧ10, ТЧ2,5) та озону – режим моделювання або об'єктивного оцінювання через низькі концентрації [4].

Для узагальнення інформації про стан атмосферного повітря, в якому одночасно присутні пил і газоподібні домішки, використовується індекс якості повітря (ІЯП), що дає змогу оцінити загальний рівень його забруднення [3].

Оцінка якості атмосферного повітря в Івано-Франківській області була здійснена на основі аналізу результатів моніторингу та обсягів викидів забруднюючих речовин. Зокрема, враховано дані автоматизованих постів спостереження та інформацію системи SaveEcoBot, яка забезпечує щоденний контроль концентрацій основних забруднювачів. У ході аналізу встановлено, що більшість показників якості повітря протягом року перебували в межах допустимих значень. Водночас у промислових центрах області (Бурштин, Калуш, Надвірна) періодично фіксувалися перевищення гранично допустимих концентрацій окремих речовин, що свідчить про наявність локального антропогенного впливу. Додатково при оцінці враховано дані Екологічного паспорта Івано-Франківської області за 2024 рік, відповідно до яких у звітному періоді спостерігається зменшення загального обсягу викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел порівняно з попереднім роком, що свідчить про позитивну динаміку та покращення екологічної ситуації в регіоні.

Отже, незважаючи на зафіксовані локальні перевищення, загальна екологічна ситуація в області свідчить про задовільну якість атмосферного повітря, з окремими зонами підвищеного антропогенного навантаження.

Перелік використаних джерел

1. Екологічний паспорт Івано-Франківської області за 2024 рік. URL: <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/uploaded-files/ekologicnii-pasport-ivano-frankivskoyi-oblasti-za-2024-rik.pdf>
2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в області у 2024 році. URL: <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/uploaded-files/regionalna-dopovid-2024.pdf>
3. Про затвердження Порядку інформування населення про якість повітря за основними показниками з використанням індексу якості повітря в Україні. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0536-25>
4. Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/827-2019-п>

Кирилів Б.
студент групи ЕКО-23-1,
Орфанова М. М.

к.т.н., доцент, завідувач кафедри екології
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Сучасний стан довкілля України формується під впливом двох взаємопов'язаних чинників – воєнних дій та глобальних кліматичних змін, що зумовлює виникнення комплексних екологічних ризиків. За оцінками міжнародних організацій, зокрема UNEP та в межах Ukraine Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3), наслідки війни охоплюють усі компоненти природного середовища та мають довготривалий характер [1; 2].

Одним із ключових проявів екологічної дестабілізації є погіршення якості атмосферного повітря. Вибухи боєприпасів та пожежі нафтобаз супроводжуються викидами оксидів азоту (NO_x), чадного газу (CO) і дрібнодисперсного пилу ($\text{PM}_{2.5}$), що призводить до формування аерозольного забруднення та підвищує ризики для здоров'я населення [1]. Додатковим джерелом емісій є пошкодження об'єктів теплових електростанцій, що супроводжується викидами оксидів сірки (SO_x), важких металів (Pb , Cd) і продуктів неповного згоряння палива [2]. Наслідком цих процесів є формування кислотних опадів і накопичення токсикантів у ґрунтах.

Суттєвої деградації зазнають ґрунтові екосистеми. Потрапляння залишків вибухових речовин і паливно-мастильних матеріалів спричиняє тривалу токсикацію ґрунтів, тоді як механічні порушення, пов'язані з вибухами, призводять до руйнування структури ґрунту, втрати екосистемних функцій [1].

Значних змін зазнають і водні екосистеми. Руйнування Каховської гідроелектростанції спричинило масштабні гідрологічні трансформації, що проявляються у зміні водного режиму, аридизації окремих територій та втраті водних біотопів. Водночас пошкодження гідротехнічної інфраструктури й очисних споруд підвищує ризик надходження неочищених стічних вод у водні об'єкти, що стимулює розвиток евтрофікації [2].

Кліматичні зміни посилюють ці процеси через підвищення температури та зростання частоти екстремальних погодних явищ. В Україні це поєднується з деградацією рослинного покриву внаслідок бойових дій, що призводить до зниження біопродуктивності екосистем і порушення вуглецевого балансу [3].

Синергія воєнних і кліматичних чинників формує каскадні ефекти, за яких локальні порушення трансформуються у регіональні та транскордонні. Це спричиняє втрату біорізноманіття, зниження стійкості екосистем і погіршення якості природних ресурсів.

Отже, екологічні ризики в Україні мають системний характер і потребують міждисциплінарного підходу для розроблення стратегій післявоєнного відновлення та забезпечення сталого розвитку [3].

Перелік використаних джерел

1. Hryhorczuk D., et al. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine // Journal of Occupational Medicine and Toxicology. 2024. URL: <https://occup-med.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12995-023-00398-y>
2. World Bank; Government of Ukraine; European Union; United Nations. Ukraine Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3), February 2022 – December 2023. Washington, 2024. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/817e607e-2933-4b5c-a716-8af453ca1ed0>
3. Leal Filho W., et al. War in Ukraine: environmental impacts and consequences for human health // Frontiers in Sustainable Resource Management. 2024. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsrma.2024.1423444/full>

УДК 504:656

УДК 504:351.777

Давидчук Д.В.

студентка групи ЕКО-23-1

Орфанова М.М.

к.т.н., завідувачка кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ

Сучасний розвиток промисловості та зростання споживання призводять до постійного збільшення обсягів відходів, що створює значне навантаження на довкілля. Проблема їх утворення та накопичення є однією з ключових екологічних викликів сьогодення, оскільки відходи спричиняють забруднення ґрунтів, води та повітря, а також втрату цінних ресурсів.

Основними причинами накопичення відходів є орієнтація виробництва на вибіркове використання сировини, застосування багатих руд та недостатній рівень технологій комплексної переробки. У результаті значна частина сировини та побічних продуктів не використовується повторно і накопичується у вигляді відходів. Водночас, у сучасних умовах видобуток природних ресурсів стає дорожчим, що зумовлює необхідність розглядати відходи як вторинну сировину та потенційні техногенні родовища.

Управління відходами є напрямом державної екологічної політики, спрямованим на зменшення негативного впливу відходів на навколишнє

природне середовище та забезпечення екологічної безпеки. Відповідно до Закону України «Про управління відходами», діяльність у цій сфері охоплює комплекс заходів державного регулювання, планування, обліку та контролю у процесі поводження з відходами на національному і місцевому рівнях [1, 2].

Управління відходами є важливим інструментом екологічної політики. Відновлення відходів – основна операція, яка дозволяє зменшити обсяги їх утворення та нагромадження [1].

Особливої актуальності питання управління відходами набувають на рівні окремих населених пунктів. Для міста Івано-Франківськ характерними є стабільні тенденції до зростання обсягів утворення побутових відходів, що пов'язано зі збільшенням чисельності населення, розвитком житлової забудови та сфери послуг. Значне навантаження припадає на систему збирання та розміщення відходів, що ускладнює забезпечення належного санітарного стану міських територій.

У межах міста Івано-Франківськ актуальними залишаються питання організації управління потоками відходів, дотримання екологічних вимог під час їх накопичення та посилення ролі органів місцевого самоврядування у реалізації державної екологічної політики.

Загалом, управління відходами виступає важливим інструментом екологічної політики держави, спрямованим на зменшення антропогенного навантаження на довкілля, покращення екологічного стану населених пунктів і забезпечення безпечних умов життєдіяльності населення відповідно до чинного законодавства України.

Перелік використаних джерел

1. Про управління відходами : Закон України № 2320-IX. Редакція від 02.03. 2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 28.04.2026).

2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»: Закон України від 25.06.1991. № 1264-XII. Редакція від 08.08.2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 28.04.2026).

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В АРХІТЕКТУРІ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИХ СПОРУД ПРИКАРПАТТЯ

Проектування та будівництво енергоне залежних споруд у Прикарпатському регіоні є складним інженерно-архітектурним завданням, що зумовлено специфічними кліматичними умовами: значними перепадами температур, нерівномірною сонячною інсоляцією та підвищеною вологістю. Традиційні методи енергозбереження часто виявляються недостатніми для досягнення повної автономії, що вимагає впровадження високотехнологічних рішень для динамічного управління енергобалансом [1]. Використання штучного інтелекту (AI) стає ключовим фактором трансформації сучасної будівлі з пасивного споживача ресурсів на активну інтелектуальну систему, здатну до самооптимізації.

Фундаментом для розрахунку технологічних параметрів енергоне залежних споруд та моделювання їхньої поведінки в різних сценаріях експлуатації є мова програмування Python. Завдяки широкому інструментарію математичних бібліотек, це дозволяє реалізувати складні моделі машинного навчання (Machine Learning) для прогнозування сонячної інсоляції та адаптивної оптимізації роботи теплових насосів у режимі реального часу [2]. Програмне моделювання дає змогу ще на етапі проектування оцінити ефективність різних архітектурних рішень та обрати найбільш енергоефективну конфігурацію об'єкта.

Синергія відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та ШІ базується на принципах предиктивного управління (Model Predictive Control). Алгоритми машинного навчання глибоко аналізують історичні бази даних метеорологічних спостережень та поточні показники датчиків для точного балансування між генерацією енергії фотовольтаїчними панелями та її споживанням внутрішніми системами будівлі [3]. У контексті мікроклімату Прикарпаття це дозволяє ефективно використовувати періоди максимальної сонячної активності для накопичення теплової енергії та її раціонального розподілу в періоди пікових навантажень, що суттєво підвищує загальний рівень автономності споруди.

Впровадження інтелектуальних систем управління вимагає комплексного підходу до бюджетування та глибокого аналізу ризиків ще на етапі розробки концепції [1]. Інтеграція штучного інтелекту для предиктивного обслуговування (Predictive Maintenance) дозволяє виявляти потенційні аномалії в роботі дорогого енергообладнання до виникнення критичних поломок. Це значно знижує операційні ризики, зменшує витрати на аварійні ремонти та подовжує термін експлуатації обладнання, що в кінцевому результаті значно покращує економічні показники та інвестиційну привабливість проекту [4].

Синергетичне поєднання штучного інтелекту та відновлюваної енергетики в архітектурній концепції енергонезалежних споруд дозволяє створювати стійкі, адаптивні та екологічно безпечні системи. Такі об'єкти здатні гнучко реагувати на зовнішні виклики та відповідають найвищим міжнародним стандартам енергоефективності. Розвиток цього напрямку на Прикарпатті є перспективним кроком до створення енергетично безпечного та екологічно чистого життєвого простору.

Перелік використаних джерел

1. Гнатюк Л. Р. Архітектурно-конструктивні принципи формування енергоефективного житла. — Київ: КНУБА, 2020. — 212 с.
2. Geron, A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. — O'Reilly Media, 2019.
3. Mellit, A., & Kalogirou, S. A. Artificial intelligence techniques for photovoltaic (PV) systems. — Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009.

УДК 502.7:712.4(477.86)

**Дмитраш-Вацеба І.І.,
Капець Н.В.**

к.б.н., в.о. директора, к.б.н.,
науковий співробітник

КП «Дністровський регіональний ландшафтний парк імені Сергія Дідича»

ПРИРОДООРІЄНТОВАНІ РІШЕННЯ В ОЗЕЛЕНЕННІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Сучасні урбанізовані території дедалі більше втрачають здатність виконувати базові екосистемні функції, що негативно позначається на якості життя населення. Івано-Франківськ не є винятком. За даними аналізу супутникових знімків платформи BiodiversityLab, зелені зони міста мають фрагментарний характер і займають незначну частку його території. При цьому деревне покриття не перевищує 5% практично на 80% загальної площі міста. Показник антропогенної трансформації для більшої частини території наближається до максимального значення, що свідчить про критичний рівень урбаністичного навантаження.

Це призводить до деградації зелених зон, зменшення їх площі, збіднення біорізноманіття та втрати екосистемних послуг. Місто поступово перетворюється на «острів тепла», акумулює високу температуру й токсичні речовини у повітрі, воді та ґрунті, формуючи несприятливе середовище для населення.

Рослинний покрив Івано-Франківська характеризується низьким видовим різноманіттям, домінуванням синантропних і рудеральних видів та майже повною відсутністю природних фітоценозів. Деревний ярус переважно сформований декоративними та інвазійними видами (зокрема *Quercus rubra*,

Rhus typhina), тоді як аборигенні види представлені обмежено. Аналогічна ситуація спостерігається і в чагарниковому ярусі. Водночас природні екосистеми прилеглих територій мають у кілька разів вище видове різноманіття.

Основними причинами такої ситуації є мала площа зелених зон у розрахунку на кількість населення, надмірне рекреаційне навантаження та нераціональні практики догляду: часте скошування травостою і повне вилучення листяної підстилки, що призводить до деградації трав'яного покриву.

Суттєвою є і проблема ґрунтів, які переважно дуже ущільнені, мають низький вміст органічної речовини та порушену водопроникність. Поширеною є практика створення ділянок «голої землі», що призводить до зміни радіаційного балансу поверхні: зменшення затінення, випаровування та додаткового нагрівання міського середовища.

Проблеми водного менеджменту проявляються у відведенні атмосферних опадів через зливову каналізацію замість їх інфільтрації в ґрунт, що порушує водний баланс і сприяє посуші. Якість повітря також погіршується через високу концентрацію забруднювачів, тоді як деградовані зелені насадження не здатні ефективно виконувати захисні функції. Значні площі міста встелені штучними покриттями без інтеграції зелених елементів.

В умовах посилення кліматичних змін особливої актуальності набуває впровадження природоорієнтованих рішень. У контексті цього одним із найефективніших підходів є створення природних садів – багаторусних насаджень із високим рівнем біорізноманіття, переважанням аборигенних видів, які імітують природні екосистеми. Такі насадження забезпечують регулювання мікроклімату, зменшення температурних екстремумів, покращення інфільтрації води, відновлення ґрунтів і підтримання біорізноманіття. Вони передбачають формування зімкненого травостою із 2–4 ярусною структурою, а також підбір характерних для регіону видів із різними періодами вегетації, що забезпечує їх функціональність протягом усього сезону. Порівняно з традиційним озелененням, такі системи – більш стійкі та менш витратні в догляді.

Перспективними територіями для впровадження природних садів у Івано-Франківську є лісопаркові зони, приозерні території, а також простори громадського користування – освітні та медичні заклади, прибудинкові території. Важливим напрямом є також перепланування пішохідних просторів із частковою ренатуралізацією.

Отже, перехід до природоорієнтованого озеленення є необхідною умовою відновлення екологічного каркасу міста, підвищення його кліматичної стійкості та покращення якості життя населення.

Стасюк М.І.
студентка групи ІІ СМ
науковий керівник – Дмитрів В.Я.
викладач природничих наук
Фаховий коледж культури і мистецтв (м. Калуш)

ВПЛИВ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ НА ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ МОЛОДІ В УКРАЇНІ

Екологічна свідомість молоді є важливим чинником забезпечення сталого розвитку суспільства. У сучасних умовах глобальних екологічних загроз, кліматичних змін та соціально-політичних трансформацій питання формування відповідального ставлення до довкілля набуває особливої актуальності.

Екологічна свідомість охоплює не лише систему знань про навколишнє середовище, а й екологічні цінності, установки та практичні дії, що проявляються у повсякденному житті. До таких дій належать раціональне використання природних ресурсів, зменшення кількості відходів, сортування сміття, відмова від одноразового пластику, а також підтримка екологічно відповідальних ініціатив. Формування подібних звичок сприяє становленню екологічно відповідальної поведінки.

Серед сучасної молоді спостерігається поширення моделей поведінки, орієнтованих на принципи сталого розвитку. Зокрема, популярності набуває концепція «Reduce, Reuse, Recycle», що передбачає зменшення споживання, повторне використання ресурсів та їх переробку. Водночас поширюються такі тенденції, як свідоме споживання, мінімалізм, використання багаторазових товарів та розвиток шеринг-економіки. Важливу роль відіграє також цифровий активізм, який дозволяє молоді поширювати екологічні ідеї через соціальні мережі та долучатися до екологічних ініціатив.

Формування екологічної свідомості молоді зумовлюється низкою чинників. Серед них – доступ до інформації, що забезпечується розвитком цифрових технологій; глобалізаційні процеси, які сприяють усвідомленню взаємозалежності екологічних проблем; а також система освіти, яка інтегрує екологічні знання у навчальні програми.

Особливого значення набуває вплив сучасних викликів, зокрема повномасштабної війни в Україні, на екологічну свідомість молоді. Військові дії спричинили масштабне забруднення довкілля: пошкодження ґрунтів, забруднення водних ресурсів, руйнування промислових об'єктів, виникнення пожеж та знищення природних екосистем. Значним екологічним потрясінням стала катастрофа на Каховській гідроелектростанції, що призвела до порушення природних балансів та втрати біорізноманіття. Ці події не лише загострили екологічні проблеми, але й вплинули на рівень екологічної свідомості молоді, підвищивши усвідомлення важливості збереження довкілля та екологічної безпеки.

Незважаючи на позитивні тенденції, рівень екологічної свідомості серед молоді залишається нерівномірним. Частина молодих людей недостатньо усвідомлює значення власної екологічної поведінки або не має достатньої мотивації до змін. У зв'язку з цим важливим завданням є посилення екологічної освіти, популяризація екологічних практик та залучення молоді до природоохоронної діяльності.

Отже, сучасні виклики суттєво впливають на формування екологічної свідомості молоді в Україні, стимулюючи переосмислення цінностей та моделей поведінки. Підвищення рівня екологічної відповідальності молодого покоління є необхідною умовою збереження довкілля та сталого розвитку.

Перелік використаних джерел

1. Бойчук Ю. Д. Екологія і охорона навколишнього середовища : навчальний посібник Київ : Академвидав, 2019.
2. Злобін Ю. А. Основи екології : підручник. Київ : Либідь, 2018.
3. Лопушинський І. П. Підлив Каховської ГЕС: наслідки для екологічної безпеки України. Вісник Херсонського національного технічного університету. - 2023.
4. Кучерявий В. П. Екологія : підручник. Львів : Світ, 2017.
5. Одум Ю. Основи екології. Київ : Либідь, 2001.
6. Стратегія державної екологічної політики України на період до 2030 року. Київ. : Верховна Рада України, 2019.

УДК:341.171

Павко Я.А.,

к.ю.н., доцент, старший науковий співробітник
відділу міжнародного права та права Європейського Союзу

Інститут держави і права імені В. М. Корецького НАН України

УКРАЇНСЬКИЙ КЛІМАТИЧНИЙ ОФІС ЯК ІНСТРУМЕНТ СПРІЯННЯ ВИКОНАННЮ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ЗОБОВ'ЯЗАНЬ

Протидія зміні клімату є важливою складовою політичного порядку денного України, особливо в умовах наближення нашої держави до вступу ЄС. На сьогодні одне із ключових завдань української влади полягає у приведенні кліматичної політики у відповідність до стандартів ЄС.

Необхідно зазначити, що в 2023 році офіційно розпочав свою роботу Український кліматичний офіс (УКО), який має сприяти реформуванню політики у сфері протидії зміні клімату відповідно до євроінтеграційних вимог. Його було створено з метою завершення розбудови кліматичного врядування України за підтримки ЄС та Міжнародної кліматичної ініціативи. Зокрема, УКО

функціонує у межах проєкту «Capacities for Climate Action (C4CA)», який реалізується GIZ Ukraine за дорученням Федерального міністерства довкілля, захисту клімату, охорони природи та ядерної безпеки Німеччини [1]. Його завдання полягають у наступному: підтримка Уряду України щодо реалізації кліматичної політики; залучення «зелених» фінансів для повоєнного відновлення держави; надання допомоги регіонам та бізнесу щодо впровадження проєктів з декарбонізації та адаптації до змін клімату; участь у розбудові національної системи торгівлі квотами на викиди парникових газів; налагодження співробітництва за ст. 6 Паризької угоди 2015 р. та долучення до міжнародного вуглецевого ринку [2].

У квітні 2026 року було створено Керівний комітет УКО для стратегічної координації діяльності офісу та ухвалення необхідних рішень. Крім того, було прийнято Положення про Керівний комітет УКО та план роботи УКО на найближчий час. Відповідно до плану його діяльність буде охоплювати такі напрями, як: гармонізація національного законодавства із законодавством ЄС та кліматичне врядування; розвиток систем вуглецевого ціноутворення та ринків; підтримка кліматично стійкого відновлення та мобілізація фінансових ресурсів [3]. Зауважимо, що важливим досягненням стало підписання Угоди про імплементацію УКО між Кабінетом Міністрів України та GIZ, що сприятиме ефективній співпраці між нашою державою та Німеччиною і реалізації спільних проєктів у сфері боротьби зі зміною клімату. Вона закріплює статус УКО як постійно діючої інституції, яка буде надавати експертну та технічну підтримку щодо впровадження кліматичної політики згідно з вимогами ЄС.

Таким чином, УКО повинен стати одним із дієвих інструментів для узгодження національного законодавства України із законодавством ЄС у сфері протидії зміні клімату. Завдяки його діяльності наша держава зможе адаптувати кліматичну політику до сучасних викликів та європейських стандартів, а також забезпечити досягнення спільної мети з ЄС – кліматичної нейтральності. УКО сприятиме вирішенню міжсекторальних проблем, пов'язаних зі зміною клімату, та формуванню сучасної та прозорої системи кліматичного управління, заснованої на європейських цінностях [4].

Перелік використаних джерел

1. Євроінтеграція: узгоджені подальші кроки діяльності Українського кліматичного офісу. 24.04.2026. URL: <https://me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=cac06cec-d101-4485-9573-3ee5ad3ee84b&title=KlimatichniiOfis> (дата звернення: 02.05.2026)
2. Український кліматичний офіс офіційно розпочав роботу. 22.10.2023. URL: <https://suspilne.media/599511-ukrainskij-klimatichnij-ofis-oficijno-rozpocav-robotu/> (дата звернення: 02.05.2026)
3. Україна посилює кліматичне врядування: створено Керівний комітет Українського кліматичного офісу та ухвалено стратегічну рамку. 27.04.2026. URL: <https://ukrainian-climate-office.org/ukrayina-posyliuie-klimatychne-vriaduvannia-stvoreno-kerivnyi-komit-et-ukrayinskoho-klimatychnoho-ofisu-ta-khvaleno-stratehichnu-ramku/> (дата звернення: 02.05.2026)

4. Український кліматичний офіс. URL: <https://ukrainian-climate-office.org/pro-nas/> (дата звернення: 03.05.2026)

УДК 504:528.8

Мальованчук А.В.
аспірант кафедри екології
Москальчук Н.М.,
к.т.н., доцент кафедри екології
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ЗА ДАНИМИ LANDSAT 8/9 В УРБООКОСИСТЕМАХ ПРИКАРПАТТЯ

Температура земної поверхні (LST - Land Surface Temperature) є ключовим параметром дослідження міського теплового острова (МТО), що відображає просторову диференціацію термічного навантаження залежно від структури земного покриття [1, 2]. Супутникові дані серії Landsat у поєднанні з хмарними обчислювальними платформами забезпечують систематичний моніторинг LST на регіональному рівні.

Об'єктом дослідження є три міста Івано-Франківської області: Івано-Франківськ (рівнина), Долина (передгір'я) та Яремче (гірська долина р. Прут). Використані знімки Landsat 8/9 Collection 2 Level-1 TOA (Band 10, радіанси після автоматичної конвертації GEE) за літні місяці (червень-серпень) 2015-2025 рр., оброблені в Google Earth Engine (GEE) з фільтрацією хмарності за маскою QA_PIXEL (частка хмарного покриття $\leq 60\%$). Межі міст визначені за полігонами OSM (OpenStreetMap); для нівелювання хмарності застосовано медіанне композування знімків за сезон.

Алгоритм розрахунку LST включає чотири послідовні кроки:

1) розрахунок нормалізованого вегетаційного індексу (NDVI) та частки рослинного покриття (P_v) за формулами (1), (2) [1, 2];

2) визначення емісійності поверхні (LSE - Land Surface Emissivity) за моделлю (3) [3];

3) DN (Digital Number, цифровий відлік) у яскравісну температуру (BT - Brightness Temperature, K) за формулою (4) з константами Landsat 8/9 Band 10, що підставляються автоматично в GEE [1];

4) розрахунок LST з урахуванням емісійності за формулою (5) [1-3], де $\lambda = 10,895 \times 10^{-6}$ м, $\rho = 1,4388 \times 10^{-2}$ м·К.

$$NDVI = \frac{B5 - B4}{B5 + B4}; \quad P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2; \quad (1), (2) [1, 2]$$

$$\varepsilon = 0,004 \cdot P_v + 0,986; \quad BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)}; \quad (3) [3], (4) [1]$$

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot BT}{\rho}\right) \cdot \ln \varepsilon} - 273,15. \quad (5) [1, 3]$$

Апробація методики на трьох містах засвідчила її застосовність для умов складного рельєфу Прикарпаття. Середні значення LST за 2015-2025 рр. наведено у табл. 1. Діапазон LST за ландшафтним градієнтом становить 10,19°C, що підтверджує суттєвий вплив орографічних умов на формування теплових аномалій.

Таблиця 1.

Середні показники LST, NDVI (вегетаційний індекс) та NDBI (індекс забудови) по містах (2015-2025 рр., червень–серпень)

Місто	Висотний пояс	LST, °C	NDVI	NDBI
Івано-Франківськ	Рівнина	35,90	0,250	−0,082
Долина	Передгір'я	29,57	0,356	−0,159
Яремче	Гірська долина	25,71	0,401	−0,210

Запропонована методика є автоматизованою в GEE та придатною для екологічного моніторингу урбоєкосистем різних ландшафтних зон - від рівнин до гірських долин.

Перелік використаних джерел

1. Ermida S.L., Soares P., Mantas V., Göttsche F.-M., Trigo I.F. Google Earth Engine Open-Source Code for LST Estimation from the Landsat Series. Remote Sensing. 2020. Vol. 12. Art. 1471. <https://doi.org/10.3390/rs12091471>
2. Şekertekin A., Bonafoni S. Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5, 7, and 8: Assessment of Retrieval Algorithms and Emissivity Models. Remote Sensing. 2020. Vol. 12. Art. 294. <https://doi.org/10.3390/rs12020294>
3. Sobrino J.A., Jiménez-Muñoz J.C., Paolini L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. Remote Sensing of Environment. 2004. Vol. 90. P. 434-440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>

Бондаренко А.Д.
студентка групи ЕКО-23-1
Орфанова М.М.

к.т.н., завідувач кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТПВ ТА ЙОГО АДАПТАЦІЯ ДО УКРАЇНСЬКИХ УМОВ

Енергетична утилізація твердих побутових відходів є одним із перспективних напрямів сучасного управління відходами, що широко застосовується у країнах Європейського Союзу. Її суть полягає у використанні відходів як вторинного енергетичного ресурсу шляхом термічної переробки з отриманням теплової та електричної енергії. Однак ефективність таких технологій безпосередньо залежить від рівня попереднього сортування, оскільки спалювання несорттованих відходів призводить до утворення токсичних речовин, зокрема важких металів і канцерогенів.

Європейські країни, такі як Швеція, Німеччина, Австрія та Швейцарія, досягли високих показників у сфері утилізації відходів завдяки впровадженню роздільного збору, екологічного оподаткування, принципу розширеної відповідальності виробника та сучасних технологій переробки. У цих країнах відходи активно використовуються для виробництва енергії, що дозволяє суттєво зменшити обсяги полігонного захоронення. На відміну від ЄС, в Україні рівень утилізації твердих побутових відходів залишається критично низьким і становить близько 5–6%. Основним способом управління відходами є їх захоронення на полігонах, значна частина яких перевантажена або не відповідає екологічним нормам. Недостатній рівень сортування, обмежена кількість переробних потужностей та застарілі технології стримують розвиток енергетичної утилізації. Тож важливою перевагою енергетичної утилізації твердих побутових відходів є її здатність інтегруватися в енергетичну систему регіонів [1]. У країнах Європейського Союзу сміттєспалювальні заводи типу Waste-to-Energy (WtE) забезпечують не лише утилізацію відходів, але й стабільне виробництво теплової та електричної енергії для потреб населення. Зокрема, у країнах Північної Європи значна частина житлового фонду опалюється саме за рахунок енергії, отриманої від спалювання відходів. При цьому сучасні технології очищення димових газів дозволяють мінімізувати викиди шкідливих речовин до рівнів, що відповідають найжорсткішим екологічним стандартам.

В Україні потенціал впровадження таких технологій є значним, з огляду на великі обсяги накопичених відходів та потребу в альтернативних джерелах енергії. Використання ТПВ як енергетичного ресурсу дозволяє одночасно вирішити проблему перевантажених полігонів та частково компенсувати дефіцит енергоресурсів. Проте ефективна реалізація таких проєктів можлива лише за умови попереднього сортування відходів, впровадження сучасних

систем фільтрації та дотримання екологічних норм. Адаптація європейського досвіду в Україні потребує комплексного підходу, який включає використання відходів як альтернативного джерела енергії, яке одночасно розвантажить полігони побутових відходів та забезпечить міста стабільним теплом, проте реалізація таких проєктів потребує жорсткого дотримання екологічних стандартів і використання сучасних систем фільтрації. Системна адаптація європейського досвіду має базуватися на модернізації інфраструктури, удосконаленні нормативно-правової бази та підвищенні екологічної свідомості населення, що в сукупності перетворить енергетичну утилізацію на надійний інструмент енергетичної незалежності та екологічної безпеки держави [2].

Перелік використаних джерел

1. Глушенко А. «Зелений» енергетичний перехід як драйвер низьковуглецевої економіки: досвід ЄС. Економіка та суспільство. 2025. Вип. 76. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/6225> (дата звернення: 02.05.2026).
2. Руда М. В., Яремчук Т. С., Бортнікова М. Г. Циркулярна економіка в Україні: адаптація європейського досвіду. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. 2021. Вип. 3, № 1. С. 212–222. URL: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/95382133/menedzhment121-214-224-libre.pdf> (дата звернення: 02.05.2026).

РОЛЬ КОГНІТИВНОГО ЕЛЕМЕНТУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ НА ПРИКЛАДАХ БУДІВНИЦТВА ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Когнітивний аспект в екології стосується того, як люди уявляють природу, оцінюють ризики та конструюють у своїй свідомості образ допустимого й недопустимого втручання в довкілля. Саме ці уявлення – а не лише формальні звіти з оцінки впливу на довкілля чи технічні параметри проєктів – визначають, чи сприйматиметься вітрова електростанція як прогресивний крок до енергетичної безпеки, чи як загроза унікальному ландшафту, що потребує захисту.

У цифрову добу соціальні мережі перетворюють когнітивні образи на публічні наративи й колективні дії – від хештегів і вірусних відео до петицій та політичних рішень. Кейс будівництва вітрової електростанції (ВЕС) на полонині Руна в Закарпатській області демонструє, як когнітивні уявлення про "унікальну природу Карпат", "останні праліси" та символічну цінність високогірних полонин запускають потужну хвилю суспільної реакції у соціальних мережах. Полонина Руна сприймається не просто як майданчик для розміщення турбін, а як частина колективного образу Карпат, що має бути збережений для майбутніх поколінь; у публікаціях екологічних організацій і науковців наголошується на цінності пралісів, рідкісних видів та можливому входженні території до європейських природоохоронних мереж. На початковому етапі конфлікту ключову роль відіграє Facebook: саме тут екологічні НГО, науковці та місцеві активісти систематично роз'яснюють порушення у процедурі оцінки впливу на довкілля, публікують фотозвіти з високогір'я та формують правовий і екологічний фрейм проблеми [1]. Instagram та інші візуальні платформи, використовуючи короткий формат відео, посилюють емоційний вимір когнітивного сприйняття: ріліз та сторіз з кадрами вирубування лісу, будівельної техніки на хребті й панорам "до" та "після" робіт сприяють виникненню відчуття термінової загрози втрати ландшафту. У Х (Twitter) та експертних медіа конфлікт навколо Руни осмислюється як частина ширшої проблеми: відсутність просторового планування ВЕС, неврахування міжнародних зобов'язань щодо охорони Карпат, потреба у мораторії на будівництво вітропарків у високогірних районах [2]. Накопичення таких когнітивних фреймів (унікальність природи, незаконність процедур, протиставлення "громада – корпорація та держава") призводить до переходу від онлайн-обговорень до активних дій: організації протестів, інформаційних кампаній та ініціювання петицій. Лише за одним загальноукраїнським зверненням до Президента щодо збереження природи й

культурної спадщини Карпат, яке безпосередньо стосується і загрози забудови високогір'я, було зібрано понад 25 тисяч підписів у рекордно короткий термін, що свідчить про високий рівень когнітивної мобілізації суспільства [4]. Паралельно на платформі електронних петицій Закарпатської облради петиція про запровадження мораторію на планування та будівництво ВЕС на гірських територіях Карпат (зокрема на полонині Руна) набрала понад тисячу голосів і була формально розглянута органами місцевого самоврядування [5]. На законодавчому рівні з'являється петиція до Верховної Ради щодо мораторію на будівництво ВЕС на високогірних хребтах Карпат, де прямо названо Руну та інші ключові полонини, що переносить конфлікт із локального рівня на загальнонаціональний і вимагає системної реакції держави. Скоординований когнітивний та політичний тиск призводить до конкретних рішень: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів зупиняє процедуру оцінки впливу на довкілля щодо проєкту ВЕС на полонині Руна, а судові інстанції розглядають законність рішень органів місцевої влади щодо відведення земель під вітряки [3].

На противагу цьому, кейс Полтавської ВЕС корпорації ДТЕК демонструє іншу когнітивну конфігурацію: ландшафт сприймається переважно як аграрно-промисловий простір, де будівництво ВЕС пов'язується з подоланням енергетичного дефіциту й залученням інвестицій, а не з загрозою унікальним природним цінностям [6]. У публічних комунікаціях ДТЕК, державних органів та частини медіа домінують технократичні й економічні наративи: "650 МВт нової генерації", "інвестиції понад мільярд доларів", "посилення енергетичної безпеки регіону" – екологічний вимір подається загально і не стає фокусом суспільної дискусії. Аналіз платформ електронних петицій показує відсутність окремих масових звернень, спрямованих проти Полтавської ВЕС, тоді як навколо карпатських високогірних проєктів сформувався цілий комплекс петицій різного рівня – від місцевих до загальнонаціональних [7]. Різниця у кількості та масштабі петицій відображає різний рівень когнітивної активізації: Карпати сприймаються як спільне благо, за яке потрібно боротись, тоді як Полтавська ВЕС – як інфраструктурний проєкт «за замовчуванням прийнятний»

Це свідчить, що там, де територія наділена в суспільній свідомості високою символічною та ландшафтною цінністю, екологічна свідомість активізується значно сильніше, ніж у випадку вже трансформованих агроландшафтів, і конвертується у політичний тиск на органи влади. Когнітивний аспект екологічної свідомості виявляється ключовим модератором рішень: у випадку полонини Руна він приводить до призупинення будівництва, перегляду процедур та постановки питання про нові природоохоронні режими, тоді як у випадку Полтавської ВЕС суспільна увага не створює порівнянної опору й не змінює базовий вектор реалізації проєкту.

Для екологічної політики й освіти це означає, що аналіз когнітивних карт територій – уявлень, символів, наративів і цінностей – має стати обов'язковою частиною планування відновлюваної енергетики, поряд із класичними інструментами оцінки впливу на довкілля. Досвід полонини Руна показує, що поєднання науково обґрунтованої інформації, візуальної комунікації у соцмережах, петицій та правових інструментів може бути ефективним

механізмом захисту вразливих екосистем від невиважених інфраструктурних проєктів. Разом з тим, слабка когнітивна присутність теми екологічних ризиків у випадку Полтавської ВЕС вказує на потенціал для розвитку екологічної освіти в енергетично трансформованих регіонах, де "зелені" проєкти сприймаються переважно через призму енергетичної безпеки, а не довгострокової стійкості ландшафтів. Формування екологічної культури нового типу вимагає інтегрувати когнітивний вимір у комунікацію про відновлювану енергетику – пояснювати не тільки "скільки мегават" дасть новий об'єкт, а й "якою ціною для екосистем і місцевих спільнот" будуть досягнуті ці мегавати.

Перелік використаних джерел

1. Екодія. Що відбувається із незаконним будівництвом на полонині Руна. <https://ecoaction.org.ua/nezakonne-budivnytstvo-polonyni-runa.html>
2. Екоclub. ВЕС на Полонині Руна: рішення що викликає запитання. https://ecoclubrivne.org/wpp_polonuna_ryna_eia/
3. Varosh. Міндовкілля призупинило будівництво вітряків на полонині Руні на Закарпатті. <https://varosh.com.ua/noviny/mindovkillya-pryzupynylo-budivnytstvo-vitryakiv-na-polonyni-runij-na-zakarpatti/>
4. Офіційне інтернет-представництво Президента України. Петиція №22/262246-еп «Щодо невідкладних дій для збереження природи та культурної спадщини Українських Карпат». <https://petition.president.gov.ua/petition/262246>
5. Єдина система місцевих петицій. Запровадження мораторію на планування і будівництво вітрових електростанцій на гірських територіях Карпат в межах Закарпатської області. <https://petition.e-dem.ua/zakarpatska-or/Petition/View/3>
6. ДТЕК. Для зміцнення енергосистеми України ДТЕК побудує на Полтавщині вітроелектростанцію потужністю 650 МВт. <https://dtek.com/media-center/news/ukraines-dtek-to-build-12-billion-650-mw-windfarm-in-poltava-strengthening-energy-sy/>
7. Інтерфакс-Україна. Спорудження Полтавської ВЕС значно посилить енергетичну безпеку регіону – ДТЕК. <https://interfax.com.ua/news/press-conference/1129936.html>

ХИМЕРНІ ОРГАНІЗМИ ТА КСЕНОТРАНСПЛАНТАЦІЯ: ВПЛИВ ЛЮДИНИ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Сучасний розвиток біотехнологій відкриває нові можливості для медицини, зокрема через створення химерних організмів та використання ксенотрансплантації. Водночас ці процеси є прикладом значного втручання людини у природні біологічні системи, що може мати як позитивні, так і негативні наслідки для біорізноманіття.

Химерні організми — це організми, які складаються з генетично різнорідних клітин або тканин, що можуть походити навіть від різних видів. Вони утворюються шляхом злиття ембріонів або трансплантації клітин, що дозволяє досліджувати розвиток організмів і генетичні процеси.[3]

Завдяки створенню химерних організмів наука отримала можливість вивчати складні процеси ембріогенезу, функціонування клітин та спадковість, [1]що має важливе значення для розвитку медицини і генетики.

Іншим важливим напрямом є ксенотрансплантація — пересадка органів і тканин між різними видами. Ідея таких операцій виникла ще у XX столітті, коли вчені намагалися пересаджувати органи тварин людині, однак перші експерименти були невдалими.[2]

Сучасні дослідження спрямовані на використання генетично модифікованих свиней як донорів органів, оскільки вони мають подібну анатомію та можуть бути адаптовані до людського організму за допомогою генної інженерії [2].

Попри значний прогрес, ксенотрансплантація залишається складною, оскільки організм людини часто відторгає чужорідні тканини, а також існує ризик передачі інфекцій від тварин до людини.[1]

З точки зору впливу на біорізноманіття, ці технології мають суперечливий характер. З одного боку, вони можуть зменшити потребу в людських донорських органах. З іншого — розвиток біотехнологій пов'язаний зі створенням трансгенних і химерних організмів, що може призвести до змін у природних екосистемах у разі їх неконтрольованого поширення.

Крім того, активне використання тварин як джерела органів може сприяти їх масовому вирощуванню та експлуатації, що впливає на природні популяції та екологічний баланс.[1]

Отже, химерні організми та ксенотрансплантація є перспективними напрямками науки, які можуть врятувати життя людей, але водночас потребують суворого контролю, щоб мінімізувати ризики для біорізноманіття та довкілля.

Перелік використаних джерел

1. Химерні організми: навчальні матеріали // Studfile : вебсайт. URL: <https://studfile.net/preview/12836949/page:43/> (дата звернення: 01.05.2026).
2. Лікарі підклали нам свиню: як виникла ідея пересаджувати тваринні органи людям і чого вдалося досягти // Nauka.ua : вебсайт. URL: <https://nauka.ua/article/likari-pidklali-nam-svinyu-yak-vinikla-ideya-peresadzhuvati-tvarinni-organi-lyudyam-i-chogo-vdalosya-dosyagti> (дата звернення: 01.05.2026р.)
3. Химера (біологія) // Вікіпедія : вебсайт. URL : [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0\(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F)) (дата звернення : 01.05.2026р.)

УДК 502/504:355.01(477)

Шеремета В.І.

студентка групи ЕКО-24-1

Височин М.О.

к.б.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВПЛИВ ВІЙНИ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ЗАПОВІДНІ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Повномасштабна війна в Україні, що триває з 2022 року, спричинила глибокі та довготривалі зміни у стані природного середовища. Найбільш вразливими є природні екосистеми та біорізноманіття, яке відображає їх екологічну стабільність і здатність до самовідновлення [1]. Біорізноманіття є ключовим індикатором стану довкілля, тому його деградація прямо відображає масштабність антропогенного, зокрема військового, впливу.

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, станом на 2023 рік під впливом бойових дій опинилося близько 900 об'єктів природно-заповідного фонду загальною площею понад 1,2 млн га, що становить приблизно третину всієї природоохоронної мережі країни. При цьому 20–30% заповідних територій зазнали пошкоджень різного ступеня інтенсивності [2], що свідчить про масштабну фрагментацію екосистем і втрату їх цілісності.

Військові дії призводять до руйнування природних ландшафтів, знищення рослинного покриву та деградації ґрунтів через переміщення важкої техніки та вибухові впливи. Особливо вразливими є лісові, степові та водно-болотні екосистеми, які мають обмежену здатність до відновлення. Додатковим фактором є масштабні пожежі, що виникають унаслідок обстрілів і призводять до втрати біотопів, загибелі тварин та руйнування місць їх розмноження.

Суттєвою проблемою є хімічне забруднення довкілля. Унаслідок бойових дій у ґрунти та водні об'єкти потрапляють нафтопродукти, важкі метали та вибухові речовини. У деяких регіонах їх концентрація перевищує допустимі

норми у 5–10 разів, що негативно впливає на біогеохімічні процеси та родючість ґрунтів [3].

Наукові дослідження підтверджують суттєве скорочення біорізноманіття у зонах бойових дій: чисельність окремих рідкісних видів рослин і грибів зменшилася на 30–50%, а популяції деяких видів птахів — на 25–40% [4; 5]. Це свідчить про глибокі структурні зміни в екосистемах та втрату їх стабільності.

Особливо критичною є ситуація на тимчасово окупованих територіях, де відсутній контроль за природоохоронною діяльністю, що призводить до браконьєрства, вирубки лісів та руйнування природних комплексів [6]. Додатковою проблемою є мінування територій, яке унеможливує проведення екологічного моніторингу та відновлювальних заходів.

Втрати біорізноманіття мають довготривалий характер і можуть призвести до незворотних змін екосистем. Загальні екологічні збитки оцінюються у десятки мільярдів гривень, а площі пошкоджених природних територій — у десятки тисяч гектарів. У 2024 році визначено стратегічну мету розширення природно-заповідного фонду України до 15%, тоді як фактичний показник становить близько 6,7% [7], що підкреслює необхідність посилення природоохоронної політики.

Сучасні підходи до відновлення довкілля включають рекультивацію порушених земель, очищення територій від забруднень, відновлення природних середовищ існування та використання геоінформаційних систем і дистанційного зондування Землі для моніторингу екологічного стану.

Таким чином, війна в Україні є потужним фактором деградації біорізноманіття та природно-заповідного фонду. Її наслідки мають масштабний і довготривалий характер, що потребує комплексного підходу до відновлення екосистем і забезпечення екологічної безпеки держави у післявоєнний період.

Перелік використаних джерел

1. United Nations Environment Programme. Environmental impacts of the war in Ukraine [Електронний ресурс]. – 2022–2024. – Режим доступу: <https://www.unep.org> (дата звернення: 10.04.2026).

2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Стан довкілля в умовах війни [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua> (дата звернення: 10.04.2026).

3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Biodiversity in crisis regions [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://www.fao.org> (дата звернення: 10.04.2026).

Consequences of the ongoing war in Ukraine on the environment [Електронний ресурс] // ResearchGate. – 2023. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net> (дата звернення: 10.04.2026).

4. Impact of military operations on biodiversity in Ukraine [Електронний ресурс] // Чернігівський національний університет імені П. Могили. – 2023. – Режим доступу: <https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/3248> (дата звернення: 10.04.2026).

5. Заповідники в окупації: екологічні наслідки війни [Електронний ресурс] // UAnimals. – 2023. – Режим доступу:

звернення: 10.04.2026).

6. World Wide Fund for Nature (WWF). The impact of war on protected areas in Ukraine [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://www.wwf.mg> (дата звернення: 10.04.2026).

7. Пацева І. Г., Курбет Т. В. Сучасні проблеми екології : матеріали наукової конференції. – Житомир, 2022. – 156 с.

УДК 504.064.3:628.1.033

Гураль В.І., Мельник О.Б.

студенти групи ЕКО-24-1

Мосюк М.І.

к.т.н., доцент кафедри екології

Височин М.О.

к.б.н., доцент кафедри екології

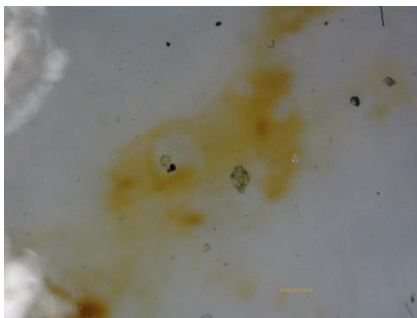
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОЦІНКА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПИТНОЇ ВОДИ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ ЇЇ ОЧИЩЕННЯ

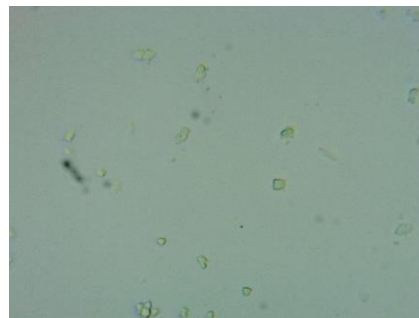
Питна вода є життєво важливим ресурсом для людини. Однак, у контексті активного розвитку промисловості та сільськогосподарського сектора, питання якості питної води набуває особливої актуальності. Крім механічного, хімічного та фізичного забруднення, вода може бути забруднена мікроорганізмами, що становить не меншу загрозу. Таке біологічне забруднення зумовлене проникненням у воду мікроорганізмів, бактерій і паразитів, здатних викликати небезпечні захворювання. Особливо вразливою є вода, що походить з відкритих джерел, розташованих у безпосередній близькості до населених пунктів, промислових територій чи сільськогосподарських угідь. Отже, постійний контроль якості та своєчасна обробка води є ключовим елементом забезпечення екологічної безпеки.

У рамках нашої роботи було проведено комплекс наукових досліджень якості питної води з метою ідентифікації різноманітних видів мікроорганізмів. Аналіз мікробіологічного складу води здійснювався згідно з затвердженими методиками [3]. Одним з ключових етапів роботи стало мікроскопічне вивчення виділених культур для ідентифікації видового різноманіття мікроорганізмів та оцінки рівня мікробіологічної контамінації води. Результати, отримані в наступних зразках, представлені далі:

Зразок 1. У досліджуваному зразку було виявлено такі ймовірні види: *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis*.



Збільшення 10X

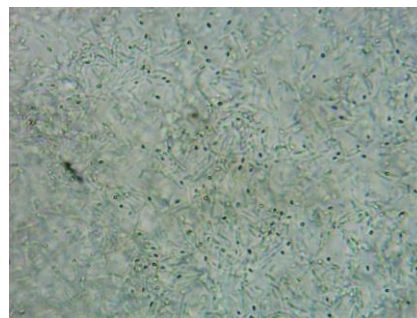


Збільшення 40X / 0,65

Зразок 2. У цьому зразку встановлено наявність таких мікроорганізмів: *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Paenibacillus polymyxa*, *Paenibacillus dendritiformis*.



Збільшення 10X



Збільшення 40X / 0,65

Зразок 3. Під час аналізу було ідентифіковано *Micrococcus luteus*, *Bacillus Subtillis*, *Paenibacillus* spp.

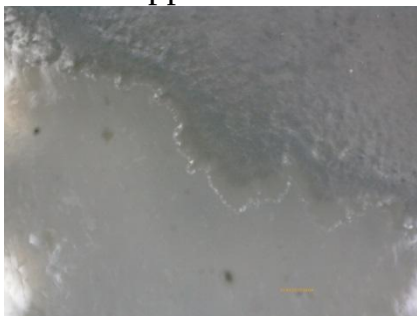


Збільшення 10X

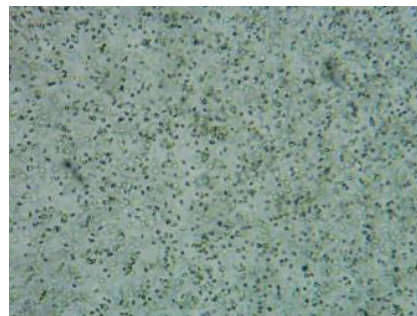


Збільшення 40X / 0,65

Зразок 4. У зразку виявлено *Pseudomonas* spp., *Micrococcus* spp., *Staphylococcus* spp..



Збільшення 10X

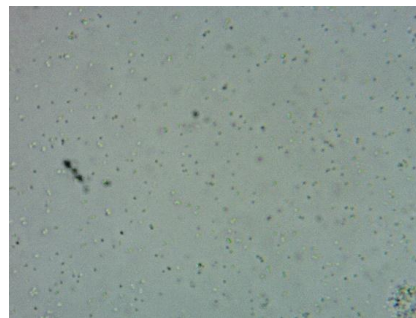


Збільшення 40X / 0,65

Зразок 5. У результаті дослідження було знайдено мікроорганізм, ідентифікований як *Micrococcus luteus*, *Chryseobacterium* spp., *Flavobacterium* spp., *Sphingomonas* spp..



Збільшення 10X



Збільшення 40X / 0,65

Навіть якщо питна вода візуально здається прозорою та чистою, її мікробіологічний склад нерідко виявляє наявність потенційно патогенних мікроорганізмів. Саме тому перед споживанням воду рекомендується знезаражувати, що дозволяє значно знизити концентрацію небезпечних бактерій.

Найбільш розповсюдженим і доступним методом у побуті залишається кип'ятіння, яке фактично є формою стерилізації рідини [5]. Проте варто враховувати, що тривала термічна обробка змінює структуру води: видалення кисню та корисних мікроелементів робить її «мертвою», через що таку воду не радять зберігати понад добу або кип'ятити повторно [6]. Альтернативою для тривалого зберігання є очищення сріблом, яке дозволяє консервувати воду без втрати її смакових якостей [6].

У промислових масштабах та на очисних спорудах часто застосовують електромеханічний спосіб. Він базується на принципі електрохімічного окислення, що забезпечує повне знищення мікрофлори, проте потребує суворого контролю параметрів струму, щоб уникнути утворення побічних хімічних сполук [5]. Водночас для регіонів з обмеженими ресурсами ВООЗ рекомендує метод сонячної дезінфекції (SODIS). Використання сонячного тепла та UVA-випромінювання дозволяє знизити рівень діарейних захворювань на понад 75%, особливо за умови використання поверхонь, що відбивають світло, для інтенсифікації процесу [4].

Варто зазначити, що, як стверджується у джерелі [2, с. 36]: «Постійне удосконалення методів призводить до звикання мікроорганізмів не тільки до антибіотиків, але і до дезінфікуючих засобів». При цьому важливо враховувати, що сприйнятливість різних індивідів до мікроорганізмів може значно варіюватися. У деяких випадках тривале споживання води з певним мікробним складом може сприяти розвитку часткової резистентності організму до присутніх бактерій. Однак для інших індивідів, особливо тих, хто не має подібної адаптації, ці самі мікроорганізми можуть становити значну небезпеку та провокувати гострі інфекційні захворювання.

Отже, проведене дослідження наголошує на критичному значенні моніторингу якості питної води та потребі в комбінуванні методів її знезараження — від традиційного кип'ятіння до інноваційних інтегрованих систем — для повної мінімізації ризиків для здоров'я населення.

Перелік використаних джерел

1. Шестопалов, О.В., et al. Аналіз показників якості води: сучасні аспекти і виклики. Екологічні науки, 2024, 3.54: 76-82.
2. Ковальчук, Н.В. Шляхи вирішення проблем знезараження питної води. Збірник тез доповідей викладацьких, аспірантських та магістрантських наукових досліджень за підсумками проведення "Дня науки-2013", С. 35-37.
3. Ямборко, Г.В., et al. Мікробіологія з основами вірусології. 2018.
4. Мокієнко, А.В.; Лотоцька, О.В. Сонячна дезінфекція води: сучасний стан та перспективи впровадження (Solar disinfection of water: current state and prospects of implementation). Актуальні проблеми транспортної медицини, 2024, 1 (75): 50-61.
5. Юркіна, І.Ю. Електротехнічні методи знезараження води. Матеріали науково-технічної конференції студентів та магістрантів Таврійського державного агротехнологічного університету. Випуск XI. Том II.-Мелітополь: ТДАТУ, 2012.-318 с., 2012.
6. Барківська, В.В.; Тихенко О.М. Сучасні технології доочищення води в побуті. Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи, 2018, 76.

УДК 378.1:504

Северинчик В.

студентка групи ЕКОм-25-1

Орфанова М.М.

к.т.н., завідувачка кафедри екології

Івано-Франківський університет нафти і газу

ЕКОЛОГІЧНА КУЛЬТУРА, ОСВІТА ТА СВІДОМІСТЬ

Екологічна культура, освіта та свідомість є важливими складовими формування ефективної екологічної політики держави. В умовах сучасних екологічних викликів, зокрема наслідків війни та євроінтеграційних процесів, зростає значення відповідального ставлення суспільства до довкілля.

Встановлено, що попри значну шкоду, завдану навколишньому середовищу, екологічна політика в Україні залишається недостатньо ефективною, а сфера охорони довкілля потребує подальшого вдосконалення та належного фінансування [1]. Існуючі механізми її реалізації потребують адаптації до європейських стандартів. Важливим чинником підвищення ефективності екологічної політики є рівень екологічної культури та свідомості громадян. Екологічна освіта виступає ключовим інструментом їх формування, оскільки охоплює всі вікові групи та поєднує теоретичні знання з практичною діяльністю [2]. Основними компонентами екологічної освіти є екологічні знання, мислення, світогляд, етика та культура. Її метою є формування екологічної свідомості населення для запобігання екологічній кризі. Реалізація здійснюється на засадах безперервності, науковості, гуманізму та систематичності.

Отже, підвищення рівня екологічної освіти, культури та свідомості населення є необхідною умовою ефективної реалізації екологічної політики та забезпечення сталого розвитку.

Перелік використаних джерел:

1. Коніщук В. В., Соломаха І. В., Мудрак О. В. Стан та перспективи реалізації екологічної політики в Україні. Агроекологічний журнал. 2024. № 1. С. 6–15. URL : <https://journalagroeco.org.ua/article/view/354118>.
2. Концепція екологічної освіти України : Рішення Колегії Міністерства освіти і науки України від 20.12.2001 № 13/6-19. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v6-19290-01#Text>.

УДК 504.3:519.8

Яцишин А.В.

д.т.н., с.н.с., заступник директора з наукової роботи

Яцишин Т.М.

д.т.н., професор кафедри Технології

захисту навколишнього середовища та безпеки праці,

с.н.с., **Коваленко О.М.**

к.пед.н., с.н.с., **Куценко В.О.**

*Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення
моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України*

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

МОДЕЛІ ТА МОДЕЛЮЮЧІ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ НЕРАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ АЕС НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

Для оцінювання впливу техногенних об'єктів на атмосферне повітря у сучасній міжнародній практиці застосовується широкий спектр математичних моделей і моделюючих систем, які дають змогу перейти від констатації факту наявності викидів до просторово-часового аналізу їх поширення, прогнозування концентрацій забруднювальних речовин і визначення потенційних зон впливу на населення. Особливе значення такі підходи мають для об'єктів енергетичної інфраструктури, зокрема АЕС, оскільки їхній екологічний вплив не обмежується лише радіаційною складовою, а може включати викиди від резервних дизель-генераторів, котелень, допоміжного обладнання, транспортної інфраструктури та інших техногенних джерел.

Одним із найбільш поширених інструментів для локального моделювання промислових викидів є модель AERMOD, яка використовується для розрахунку приземних концентрацій забруднювальних речовин від стаціонарних джерел із урахуванням параметрів джерела, метеорологічних умов, рельєфу та просторового розташування рецепторів. У дослідженнях останніх років AERMOD застосовується для оцінки впливу енергетичних і промислових об'єктів, зокрема для моделювання поширення SO₂, NO₂, CO, PM₁₀, PM_{2,5} та

інших домішок. Наприклад, у роботі [1] AERMOD було поєднано з польовими вимірюваннями для оцінювання просторового поширення SO_2 від електростанцій, що засвідчує практичну придатність цієї моделі для аналізу впливу енергетичних об'єктів на якість атмосферного повітря.

Для складніших метеорологічних і топографічних умов часто використовують CALPUFF – нестационарну лагранжеву модель, яка краще пристосована до аналізу перенесення домішок на більших відстанях, за змінного вітрового режиму, складного рельєфу та просторово неоднорідної метеорологічної ситуації. У сучасних дослідженнях CALPUFF порівнюють з іншими дисперсійними моделями, зокрема LAPMOD і CFD-підходами, що дає змогу оцінити невизначеність результатів і вибрати адекватний інструмент для конкретних умов моделювання. Так, дослідження [2] показало, що для площинних джерел CALPUFF і LAPMOD можуть давати помітно різні результати, а тому валідація моделей за фактичними даними є необхідною умовою їх коректного застосування.

Окрему групу становлять регіональні хіміко-транспортні моделі та комплексні моделюючі системи, зокрема CMAQ, CAMx, WRF-Chem, а також зв'язки типу WRF-CMAQ або WRF-CAMx. Їх застосовують тоді, коли необхідно врахувати не лише первинне перенесення забруднювальних речовин, а й хімічні перетворення в атмосфері, утворення вторинних аерозолів, озону, взаємодію метеорологічних процесів і емісійних потоків. Такі системи особливо важливі для регіональної оцінки якості повітря, сценарного прогнозування та визначення внеску різних груп джерел у загальний рівень забруднення. У сучасних роботах CMAQ і CAMx розглядаються як інструменти регуляторного моделювання, які можуть використовуватися для оцінки концентрацій CO , SO_2 , NO_2 , O_3 , PM_{10} і $\text{PM}_{2,5}$ та аналізу невизначеностей результатів [3].

Для АЕС найбільш доцільним є не ізольоване застосування однієї моделі, а побудова інтегрованої системи оцінювання. Така система може включати інвентаризацію джерел викидів, підготовку метеорологічних даних за допомогою WRF, AERMET або CALMET, дисперсійне моделювання за допомогою AERMOD чи CALPUFF, геоінформаційний аналіз зон впливу, зіставлення розрахункових концентрацій із даними моніторингу та подальшу оцінку ризиків для населення. У роботі [4] для аналізу промислового забруднення було використано саме таку логіку: метеорологічні моделі WRF, AERMET і CALMET поєднувалися з AERMOD, CALPUFF та блоком оцінки ризиків для здоров'я.

Отже, сучасні моделі та моделюючі системи дають змогу оцінювати вплив техногенних об'єктів на атмосферне повітря не лише за фактичними вимірюваннями, а й шляхом прогнозування, сценарного аналізу та просторового картографування зон потенційного впливу. Для АЕС України це створює наукове підґрунтя для комплексного оцінювання нерадіаційних викидів, підвищення якості екологічного моніторингу та прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо мінімізації впливу на довкілля і населення прилеглих територій.

Перелік використаних джерел

1. Schiavo, B. et al. (2025). Monitoring and dispersion of SO₂ emissions from power plants using UV camera and AERMOD: A Case Study of Baja California Sur, Mexico. *Atmosphere*, 16(10), 1128. <https://doi.org/10.3390/atmos16101128>.
2. Tagliaferri, F. et al. (2025). Area source emissions: A validation study of CALPUFF and LAPMOD models. *Environmental Advances*. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2025.100348>.
3. Meng, F. et al. (2026). Evaluation of regional atmospheric models for air quality simulations in the winter season in China. *Atmosphere*, 17(1), 1. <https://doi.org/10.3390/atmos17010001>.
4. Bayraktar, O. M., & Mutlu, A. (2024). Analyses of industrial air pollution and long-term health risk using different dispersion models and WRF physics parameters. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 17, 2277–2305. <https://doi.org/10.1007/s11869-024-01573-8>.

УДК 502.172:574.1

Бондаренко А.Д.

студентка групи ЕКО-23-1

Височин М.О.

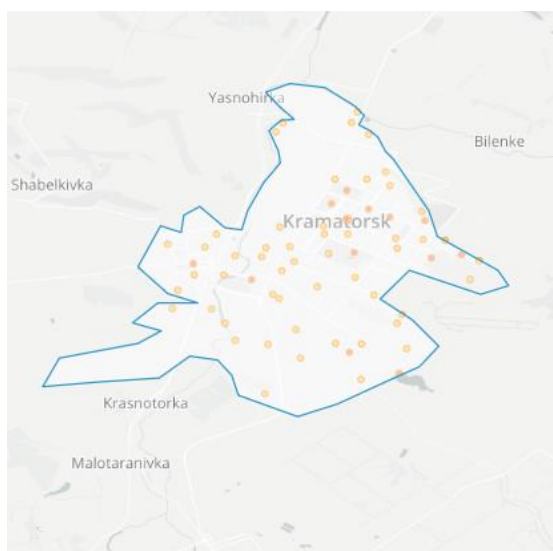
к.т.н., доц. кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

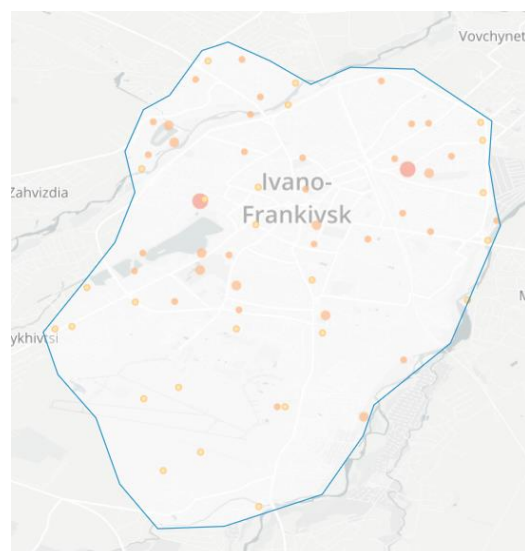
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЕКОСИСТЕМ КРАМАТОРСЬКА ТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА В УМОВАХ РІЗНОГО РІВНЯ УРБАНІЗАЦІЇ

Сучасний розвиток урбанізованих територій супроводжується інтенсивною трансформацією природних екосистем, що призводить до змін у видовому складі та структурі біорізноманіття. Міста виступають осередками підвищеного антропогенного навантаження, де поєднуються фактори забруднення, фрагментації середовищ існування та зміни мікроклімату. У таких умовах збереження біорізноманіття набуває особливої актуальності як складова екологічної безпеки та стійкого розвитку. Водночас ступінь трансформації біотичних угруповань суттєво залежить від профілю міста — його промислової спеціалізації, щільності забудови та площі зелених насаджень. Це зумовлює необхідність проведення порівняльних досліджень між містами з різними типами антропогенного тиску для виявлення закономірностей адаптації екосистем.

Саме тому метою даного дослідження став порівняльний аналіз структури біорізноманіття міста Краматорська (Рис. 1, а), як потужного промислового центру Сходу України, та Івано-Франківська (Рис. 1, б), що характеризується вищим ступенем екологічної збалансованості західного регіону.



а



б

Рисунок 1 — Карти досліджуваних ділянок:
а) Краматорськ; б) Івано-Франківськ

Порівняльний аналіз біорізноманіття здійснювався із застосуванням цифрових інструментів глобальної бази даних GBIF [1], що дозволяє проводити масштабний моніторинг біоти на основі відкритих спостережень.

У дослідженні було визначено такі параметри:

- часовий інтервал охоплював період 2015–2025 років;
- аналізувалися два основні таксони — птахи (Aves) та рослини (Plantae);
- просторові межі територій задавалися за допомогою полігонального виділення міських зон із точністю 1–5 км;
- використовувалися дані типу human observation, що включають спостереження як науковців, так і громадських користувачів.

Такий підхід дозволяє поєднати класичні екологічні принципи з сучасними методами цифрового моніторингу та отримати репрезентативну картину стану міських екосистем.

Отримані дані свідчать про суттєві відмінності у структурі біорізноманіття між досліджуваними містами, що безпосередньо пов'язано з рівнем урбанізаційного навантаження. Кількісні показники альфа-різноманіття (багатство, індекси Шеннона, Сімпсона) для обох локацій зведено у (Табл. 1).

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика індексів біорізноманіття Краматорська та Івано-Франківська (2015–2025 рр.).

Таксон	Місто	Багатство (S)	Шеннона (H')	Симпсона (1-D)
Тварини	Краматорськ	2792	7,35	0,9986
	Івано-Франківськ	874	5,42	0,9904
Рослини	Краматорськ	8236	8,84	0,9997
	Івано-Франківськ	925	6,45	0,9972

Аналіз розрахованих індексів підтверджує складну структуру обох екосистем. Індекс Сімпсона (1-D), який наближається до одиниці (0,99), демонструє надзвичайно високу ймовірність того, що дві випадково вибрані реєстрації з бази даних належатимуть до різних видів. Це підтверджує відсутність монодомінування окремих таксонів у наявній вибірці. Попри те, що формальне видове багатство (S) у Краматорську є значно вищим, вищі значення індексу Шеннона в Івано-Франківську відносно меншої кількості записів вказують на більш якісну збалансованість його природних осередків [2].

Розподіл зустрічаємості видів для тваринних та рослинних угруповань наочно представлено на графіках кількісної оцінки (рис. 2 та рис. 3).

Порівняльний аналіз показав, що в Івано-Франківську спостерігається більш збалансована структура біоценозів: видовий склад розподілений рівномірніше, без різко вираженого домінування окремих таксонів. Серед птахів переважають типові місько-природні види, тоді як рослинний покрив представлений видами, характерними для напівприродних лугових і лісопаркових екосистем. У Краматорську, навпаки, простежується зниження екологічної складності угруповань та посилення ролі видів, стійких до забруднення і порушення середовища, що є типовою ознакою урбоекосистем із високим рівнем техногенного навантаження.

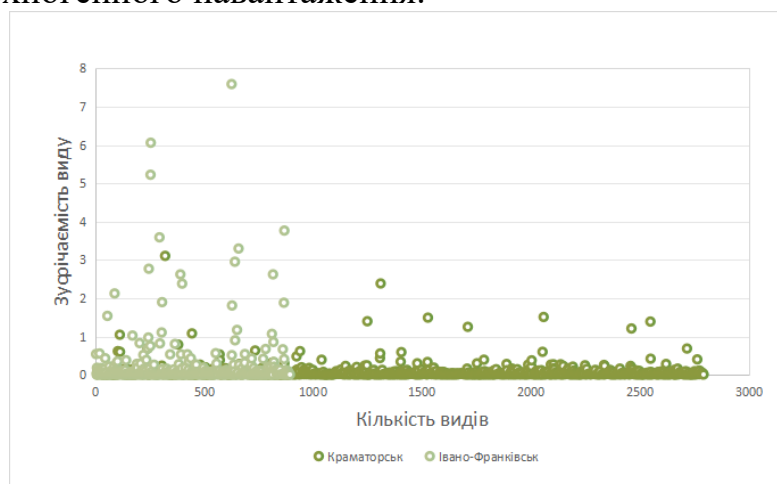


Рисунок 2 — Кількісна оцінка біорізноманіття тваринних екосистем Краматорська та Івано-Франківська

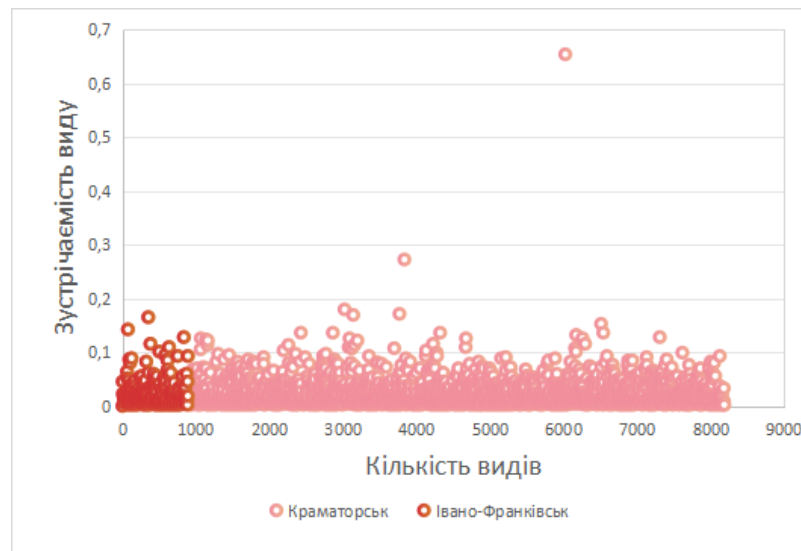


Рисунок 3 — Кількісна оцінка біорізноманіття рослинних екосистем Краматорська та Івано-Франківська.

Проведений аналіз має практичне значення. По-перше, він дозволяє виявляти види-біоіндикатори, які чутливо реагують на рівень антропогенного впливу та можуть використовуватись для оцінки стану довкілля. По-друге, результати демонструють важливу роль зеленої інфраструктури у підтриманні стабільності біоценозів, що особливо добре простежується на прикладі Івано-Франківська. По-третє, використання глобальної бази даних GBIF підтверджує ефективність цифрових методів моніторингу біорізноманіття, які дозволяють отримувати масштабні екологічні дані без значних польових витрат. На основі отриманих результатів можна сформулювати рекомендації щодо покращення стану міських екосистем. Зокрема, доцільним є розвиток та поєднання зелених зон шляхом створення екологічних коридорів, що сприятиме міграції видів і зменшенню фрагментації середовищ існування. Важливим також є відновлення місцевих природних рослинних угруповань у міському середовищі для підвищення стабільності біоценозів, а також розширення практики citizen science з метою покращення якості та репрезентативності даних у міжнародних базах спостережень.

Узагальнюючи, встановлено, що рівень урбанізації суттєво впливає на структуру міського біорізноманіття. Слід зазначити, що використання даних GBIF зумовлює високі значення індексів Шеннона та Сімпсона, що відображає насамперед інформаційну репрезентативність вибірки спостережень (occurrences), а не фактичну щільність біоти. Отримані результати підтверджують доцільність використання кількісних підходів.

Перелік використаних джерел

1. GBIF Secretariat. GBIF: The Global Biodiversity Information Facility. Occurrence search for species in Ukraine. 2026. URL: <https://www.gbif.org/uk/species/search> (дата звернення: 29.04.2026).

2. Грод І. М., Шевчик Л.О. Застосування інформативних індексів з метою оцінки біорізноманіття екосистем. 2020. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/723091/1/4.05.2020_edit.pdf (дата звернення: 30.04.2026).

3. Емельянов И. Г., Полуда А. М., Загороднюк И. В. Оцінка біорізноманіття екосистем на прикладі деяких територій Чернігівської та Київської областей // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. — 2008. — № 1. — С. 72–82. URL: <https://web.znu.edu.ua/herald/issues/2008/2008-biol-1.pdf#page=72> (дата звернення: 30.04.2026).

УДК 504.06

Мельничук Т.В.

PhD, заступник директора з наукової роботи та міжнародної співпраці

Мельничук-Володькіна В.В.

начальник відділу інформаційно-просвітницької роботи,
науковий співробітник

Косько Ю.С.

заступниця начальника відділу інформаційно-просвітницької роботи
*Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник,
Національний музей «Чорнобиль»*

10-РІЧЧЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРИРОДООХОРОННОЇ ТЕРИТОРІЇ В КОНТЕКСТІ ВИКЛИКІВ СУЧАСНОГО СВІТУ

В квітні 2026 року Україна відзначила 40 річницю аварії на Чорнобильській атомній електростанції, яка стала однією з найбільших техногенних катастроф в історії людства.

За час після трагедії територія зони відчуження трансформувалася з простору екологічного лиха у полігон для наукових досліджень та природоохоронної діяльності. Завдяки відсутності постійного антропогенного впливу стало можливим повернення в регіон багатьох видів флори і фауни, включаючи рідкісні та зникаючі, а поєднання природної ренатуралізації та радіаційного фактора утворило тут незвичайну модель розвитку екосистем.

Важливим етапом цієї трансформації стало створення на території зони відчуження у 2016 році Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, який нині відіграє ключову роль у збереженні та вивченні екосистем радіаційно-забрудненої території.

Рослинний і тваринний світ заповідника відрізняється різноманітністю та репрезентує типові поліські природні комплекси – соснові бори, березові, вільхові та мішані ліси, заплавні й суходільні луки, болота, річки та акваторію верхів'я Київського водосховища. Флора налічує 1290 видів судинних рослин,

120 видів лишайників та 20 видів мохів; 164 види занесені в охоронні списки різного рангу.

Тут зафіксовано понад 300 видів хребетних тварин. Нараховується 355 видів фауни, занесених до різних природоохоронних списків. Зокрема, до Червоної книги України занесено 102 види, до Європейського червоного списку 33 види, до Додатку II (види, що підлягають особливій охороні) та III (види, що підлягають охороні, їх регулюванню) Бернської конвенції занесено 194 види, охороняються Конвенцією про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що знаходяться під загрозою зникнення (CITES) – 70 видів, до Боннської конвенції – 105 видів.

Це - один з найбільших болотних масивів Європи, надзвичайно важливий для акумуляції вуглецю та підтримки водного балансу регіону.

Необхідно зазначити, що поєднання екологічних, соціальних і безпекових факторів сьогодні формує тут середовище з довготривалими ризиками та обмеженнями. Найперше це – «радіаційна спадщина» та її вплив: радіонукліди залишаються в ґрунтах, воді та біоті, а межі небезпечних зон можуть змінюватися залежно від нових досліджень і перерозподілу забруднення. І якщо зі створенням Заповідника на цій території вдалось поєднати природоохоронну діяльність із режимом радіаційної безпеки, то нові виклики у вигляді військових дій значно погіршили ситуацію.

Вторгнення країни-агресора у 2022 році продемонструвало вразливість зони відчуження до безпекових ризиків, включаючи пошкодження інфраструктури та порушення систем радіаційного контролю.

Перетворення природоохоронних територій, зокрема території Заповідника, на зону військової активності (навіть опосередкованої – обстріли, мінування, мілітаризація тощо) призвели до втрати контролю за окремими ділянками, пошкодження мережі моніторингу, часткової втрати опції оперативного реагування на надзвичайні ситуації.

Окремо необхідно зазначити, що регіон Полісся, де розташований Чорнобильський біосферний заповідник, є доволі чутливим до змін клімату: збільшення посушливих періодів, зниження рівня ґрунтових вод, деградація боліт - все це поступово змінює природні екосистеми і підсилює пожежні ризики, призводячи до масштабних лісових пожеж (які в свою чергу можуть спричинити вторинне радіаційне забруднення).

Сьогодні Чорнобильський заповідник працює в умовах безпрецедентних викликів, але попри все продовжує активно відновлюватися: фотопастки документують повернення і зростання чисельності багатьох видів тварин, водно-болотні угіддя поступово повертають свою функціональність, що свідчить про високу екологічну цінність Заповідника як зони резервації.

Основним завданням щодо збереження цієї природоохоронної території в контексті протистояння викликам сучасності є активний, науково обґрунтований менеджмент, який враховуватиме всі групи ризиків від радіаційного забруднення до військового фактору та адаптацію стратегій розвитку до можливих кліматичних сценаріїв.

Відзначення цьогорічних дат 40-річчя аварії на ЧАЕС і 10-річчя Чорнобильського заповідника є не лише приводом для вшанування пам'яті та аналізу минулого, але й можливістю переосмислення ролі цієї території у сучасному світі, як символу відновлення природи та усвідомлення наслідків техногенних ризиків, що є надзвичайно важливим у контексті глобальних викликів XXI століття.

Перелік використаних джерел

1. Борсук О. (2024). Вплив військових дій на пожежні режими ландшафтів зони відчуження ЧАЕС. Ліси природно-заповідних територій в умовах глобальних змін. 2024. С.14.
2. Вишневський Д. (2026). Сорок років – від подолання до використання. Чорнобильський науковий хаб. №8. С. 15-19
3. Літопис природи Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. Київ, 2024.
4. Проєкт організації території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника та охорони його природних комплексів. Том1, 2 (2021).

УДК 502:504

Черевко Х.М.

аспірантка (спеціальність 101 – екологія)

Наукові керівники – **Сухарев С.М.**

д.х.н., проф., завідувач кафедри екології та охорони
навколишнього середовища

Сухарева О.Ю.

к.х.н., доц., доцент кафедри аналітичної хімії

ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Україна)

SQUALIUS CERHALUS L. ЯК ЛОКАЛЬНИЙ БІОІНДИКАТОР ЕКОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ ГІРСЬКИХ РІЧОК

Екологічний статут річок у значній мірі визначається геологією, тектонікою та геохімією їх басейнів, а також антропогенним навантаженням на водний об'єкт. Гірські річки Закарпаття відносяться до басейну річки Тиса, більшість з них мають транскордонний характер, а їх басейни мають виражену ландшафтну зональність та складні геологічні (і тектонічні) умови. Оцінку екологічного статусу річок проводять за різними параметрами, але як інтегральний показник стану часто використовують біоіндикатори. Як біоіндикатори можуть бути використані різні організми, але перспективним є використання аборигенної іхтіофауни. Серед аборигенної іхтіофауни гірських річок Закарпаття, потенційним локальним біоіндикатором є Головень європейський (*Squalius Cephalus L.*), що зумовлено рядом причин:

□ достатня поширеність *Squalius Cephalus* L. у верхніх і середніх течіях гірських річок, відсутність заповідного статусу;

□ всеїдність *Squalius Cephalus* L. з вираженою здатністю до біокумуляції забруднювальних речовин;

□ малорухомий (осілий) спосіб життя.

У даному дослідженні нами проведена оцінка можливості використання *Squalius Cephalus* L. як локального біоіндикатора екологічного статусу гірських річок басейну Верхньої Тиси (Україна) за біонакопиченням важких металів (ВМ) та природних гамма-активних радіонуклідів (ГАР), ряду ^{238}U та ^{232}Th . Територія басейну Верхньої Тиси є переважно природно-заповідна, з невеликим антропогенним навантаженням.

На основі проведених досліджень встановлено:

□ вміст ВМ металів у м'язовій тканині риб (*Squalius Cephalus* L.) є невисоким, причому спостерігається загальна тенденція до збільшення вмісту ВМ з течією річок (від гірських до передгірських ландшафтів);

□ встановлено, що співвідношення Zn/Cu у зразках *Squalius Cephalus* L. коливається у межах 10,6-19,2, причому, також, прослідковується тенденція щодо збільшення цього співвідношення при переході від гірських до передгірських ландшафтів вниз за течією річок;

□ загальна питома гамма-активність зразків *Squalius Cephalus* L. коливається у межах 32,4-88,8 Бк/кг; у гірських районах питома активність зразків є значно вищою, ніж у передгірських;

□ співвідношення $\sum^{232}\text{Th}/\sum^{238}\text{U}$ у зразках Головеня європейського коливається у межах 0,86-1,42, причому у гірській місцевості переважають ГАР ряду ^{238}U , а у передгірських – ряду ^{232}Th .

Встановлені закономірності відображають особливості геології, геохімії та тектоніки басейну річок Верхньої Тиси, у т.ч. розподіл ГАР у зразках *Squalius Cephalus* L. за течією річок. Такі ж закономірності прослідковуються за розподілом ВМ і ГАР у донних відкладах досліджуваних річок, тому, як локальний біоіндикатор, *Squalius Cephalus* L. є ефективним.

Таким чином встановлено, що *Squalius Cephalus* L. є ефективним локальним біоіндикатором екологічного статусу гірських річок (за біонакопиченням ВМ та ГАР) як інтегральний критерій стану річок.

Торський О.І.
аспірант групи А-Е2-25
Мандрик О.М.

д.т.н, професор кафедри екології
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ГЕОПРОСТОРОВА ОЦІНКА ДИНАМІКИ ЛІСОМЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ ПРИКАРПАТТЯ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ТА ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Сучасний стан лісомеліоративних систем Прикарпаття характеризується зростаючою вразливістю до поєднання антропогенного навантаження та глобальних кліматичних змін. Аналіз багаторічних тенденцій стану лісових ресурсів регіону демонструє стійку динаміку зниження рівня лісистості та зростання площ пошкоджених насаджень. Проте традиційні методи контролю, що базуються на періодичних наземних обстеженнях та візуальному розпізнаванні знімків, часто не дозволяють оперативно відстежувати приховані процеси деградації у реальному часі.

В умовах обмеженості ресурсів для екологічних заходів розглядається перехід від дискретних спостережень до безперервного інтелектуального моніторингу. Використання хмарних платформ для аналізу великих масивів геопросторових даних дає можливість виявляти ранні стадії деградації через аналіз аномалій у циклах вегетації, що є ключовим для адаптації стратегій відновлення лісів до поточних кліматичних викликів.

Науковий підхід ґрунтується на концепції Serverless Geoprocessing, реалізованій через хмарну платформу Google Earth Engine (GEE). Розглядається використання даного інструментарію для виключення потреби в локальному зберіганні масивних файлів та проведення обчислень безпосередньо в архівах супутникових даних.

Формування часових рядів: Моніторинг передбачає аналіз послідовностей мультиспектральних знімків супутників Sentinel-2. Для кожної ділянки на території дослідження пропонується формування безперервного ретроспективного ряду значень вегетаційних індексів за періоди активного росту рослин.

Алгоритми опрацювання: За допомогою програмних алгоритмів розглядається можливість автоматичного усунення впливу хмарності та тіней від рельєфу. Нормалізований відносний індекс вегетації (NDVI) зазвичай є рекомендованим основним показником стану лісомеліоративних систем.

Статистичний апарат: Для оцінки швидкості та спрямованості змін передбачається застосування статистичного аналізу лінійних трендів. Це дозволяє відокремити випадкові коливання стану рослинності (наприклад,

реакцію на посуху в окремих рік) від тривалих процесів руйнування лісомеліоративних об'єктів.

Таблиця 1.

Порівняння технологічних підходів до моніторингу екосистем Прикарпаття

Характеристика	Класичний підхід (описовий)	Інтелектуальний аналіз (хмарний)
Одиниця аналізу	Окремий лісовий масив: оцінка проводиться для цілих об'єктів без деталізації внутрішніх змін.	Кожна ділянка 10x10 м: дозволяє виявляти точкові осередки деградації всередині насаджень.
Глибина дослідження	Поодинокі знімки: аналіз базується на випадкових кадрах, що не відображають розвиток у часі.	Багаторічний архів: використання повної послідовності супутникових даних за тривалий період.
Обчислювальний ресурс	Локальні потужності: швидкість аналізу обмежена технічними характеристиками локального середовища	Хмарні сервери: обробка даних відбувається на віддалених серверах з високою продуктивністю.
Результат моніторингу	Карта стану на дату: фіксує лише фактичний стан об'єкта в момент зйомки.	Карта трендів: відображає реальну швидкість відновлення або руйнування екосистеми.

Використання хмарних технологій дозволяє автоматизувати моніторинг значних територій, забезпечуючи перехід від статичного спостереження, який наразі займає левову частку моніторингу стану лісів Прикарпаття, до аналізу динамічних показників стану насаджень. Ключові технологічні переваги такого підходу у порівнянні з традиційними методами наведено у таблиці 1.

Застосування хмарних обчислень є потенційним рушієм у покращенні ефективності моніторингу лісових ресурсів Прикарпаття. Впровадження статистичного аналізу у часі забезпечує перехід до системи випереджального екологічного контролю, надаючи можливість виявляти негативні тенденції деградації на ранніх стадіях, що залишаються непомітними при традиційних методах. Отримана геопросторова оцінка динаміки змін слугує науковим підґрунтям для коригування планів лісомеліорації з метою зміцнення екологічної стійкості регіону в умовах глобальних кліматичних викликів.

Перелік використаних джерел

1. Gorelick N., Hancher M, Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. 2017. P. 18-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
2. Rushchak V., Chepurnyi I.. Assessment of Forest Cover Dynamics in Landslide-Prone Areas of the Ukrainian Carpathians using Remote Sensing Data. 2025. P. 1 - 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2025510172>.
3. Дребот О.І., Костюк В.С., Сахарнацька Л.І. Використання супутникових даних та ГІС у моніторингу змін земного покриття. 2025. Vol. 4. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2025.346196>.

УДК 621.311.243

Зварич А.

аспірант групи А-Е2-25

Качала Т.Б.

к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ НА ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

В наш час альтернативні джерела енергії набувають все більшої необхідності та популярності. Адже проблема енергетики з кожним роком стає все актуальнішою. Використання традиційних джерел енергії несе негативний вплив на довкілля, а запаси нафти, вугілля та природного газу поступово вичерпуються. Це супроводжується певними економічними та екологічними наслідками. Оскільки сонячна радіація є необмеженим ресурсом, а її перетворення в електроенергію не супроводжується негативним впливом на навколишнє середовище, це є хорошим варіантом як з екологічної, так і економічної точки зору. Використання енергії сонця дозволяє зменшити залежність від імпортованих енергоресурсів та дає можливість децентралізовано споживати електроенергію. Це хороша альтернатива, особливо в теперішній час, коли ситуація з енергетичною системою в нашій країні є досить напруженою.

Оцінка впливу сонячних електростанцій на навколишнє середовище показала, що під час виробництва електроенергії СЕС практично не створюють викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, не порушують гідрологічний режим територій та не потребують значних обсягів водних ресурсів.

Застосування онлайн-інструменту Global Solar Atlas є ефективним методом оцінки сонячного енергетичного потенціалу на регіональному та локальному рівнях, який дозволяє здійснювати просторовий аналіз сонячної радіації, температурних показників та прогнозованого виробітку електроенергії

фотоелектричними системами та дає змогу отримати достовірні геліоенергетичні характеристики для території Івано-Франківської міської територіальної громади.

Кліматичні та фізико-географічні умови Івано-Франківської міської територіальної громади є сприятливими для розміщення наземних сонячних електростанцій. Помірний температурний режим, відсутність різких кліматичних коливань та достатній рівень інсоляції забезпечують стабільну роботу фотоелектричних систем упродовж року.

Враховуючи потенціал території, запропоновано конкретні земельні ділянки, які за своїми характеристиками (цільове призначення, форма власності, рельєф, родючість ґрунтів) є придатними для розміщення сонячних електростанцій. Обрані території належать до земель енергетичного призначення або мають низьку сільськогосподарську цінність, що мінімізує конфлікти землекористування.

Встановлено, що впровадження великомасштабних СЕС має значний соціально-економічний ефект, зокрема сприяє підвищенню енергетичної незалежності громади, зменшенню витрат місцевого бюджету на електроенергію, розвитку інфраструктури та створенню передумов для формування локальних мікромереж.

Перспективними напрямками використання виробленої сонячної електроенергії визначено: забезпечення роботи систем вуличного освітлення, світлофорних об'єктів, зарядних станцій для електротранспорту, а також резервне живлення об'єктів критичної інфраструктури у надзвичайних ситуаціях.

Загалом результати дослідження підтверджують доцільність та ефективність впровадження сонячних електростанцій на території Івано-Франківської міської територіальної громади. Реалізація таких проєктів відповідає принципам сталого розвитку, сприяє зниженню антропогенного навантаження на довкілля та формує екологічно орієнтовану модель енергозабезпечення регіону.

Таким чином, результати досліджень підтверджують доцільність і перспективність розвитку сонячних електростанцій, як екологічно безпечного та ефективного джерела енергії.

Перелік використаних джерел

1. Solar Family. Сонячні панелі: їхні різновиди та характеристика.
<http://surl.li/umvfi>
2. Eco Tech Ukraine. Сонячна енергетика, енергоефективні технології.
<http://surl.li/umvgf>
3. Dela Energy System. Сучасна сонячна енергетика для бізнесу
<https://delaenergy.systems/articles/princzip-roboti-sonyachno%D1%97-elektrostantsi%D1%97/>
4. Гібридна сонячна електростанція
<https://solarstatumgroup.com.ua/hibrydna-soniachna-elektrostantsiia-na-6->

kvit/?srsId=AfmBOopj1scvbH-Slg6G27jG-m6GjF83GGqMTivulcG-JJq45FQTU17s

5. Сонячні системи. Вплив сонячної електростанції на навколишнє середовище, атмосферу та екологію <https://v.gd/XZPAvg>

6. Altec. Двосторонні сонячні панелі <https://altec.in.ua/ua/tekhnohii/soniachna-enerhetyka/dvostoronni-bifacial-soniachni-paneli>

7. Еко Електрика. Двосторонні сонячні панелі <https://eco-electrics.com.ua/news/dvostoronni-soniachni-paneli-shcho-navishcho-ta-chomu>

8. Двосторонні сонячні панелі <http://surl.li/umzeo>

УДК 504.4:630

Дімітрів Р.

студентка групи ЕКО-22-1

Качала Т.Б.

к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДНІ РЕСУРСИ У ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ

Раціональне використання та охорона водних ресурсів є пріоритетним завданням сучасної екологічної політики, особливо в умовах інтенсивного техногенного навантаження. Проблеми деградації водного середовища особливо загострюються в регіонах з активною промисловою діяльністю, до яких належить Долинська міська територіальна громада Івано-Франківської області, де зосереджено потужні підприємства нафтогазової галузі. Актуальність теми зумовлена необхідністю дослідження впливу промислових факторів на якість підземних і поверхневих вод, а також розробки дієвих механізмів зменшення антропогенного навантаження.

Результати дослідження показали, що найбільшу загрозу становлять несанкціоновані скиди, аварійні розливи нафти, а також зношеність частини систем водовідведення та очищення. Наявність у воді компонентів нафтового походження та перевищення окремих гігієнічних норм підтверджують необхідність посилення екологічного контролю.

В НГВУ „Долинанафтогаз” формується три типи зворотних вод: виробничі, господарсько-побутові та дощові, що відводяться через випуски. В пробах води р. Тур'янка протягом року фіксується збільшений вміст хлоридів.

Аналіз виробничих об'єктів НГВУ "Долинанафтогаз" дозволяє вказати такі джерела потенційного забруднення поверхневих і підземних вод:

очисні споруди з нафтовловлювачами, ставками додаткового відстою та насосними станціями;

витоки вод і нафтопродуктів на установках підготовки газу, нафти і води;
- снігові та дощові води, що переносять забруднюючі речовини з промислових майданчиків.

У зв'язку з тривалою експлуатацією систем відведення зворотних вод та очисних споруд виробничих підрозділів НГВУ, необхідно проводити періодичні роботи по очищенню піщано-гравійних фільтрів, підвідних трубопроводів, колодязів - відстійників та нафтовловлювачів. Випуски зворотних вод потребують очищення та упорядкування.

Мережа спостережних свердловин за станом підземних вод в межах виробничої діяльності НГВУ "Долиналифтогаз" потребує значного розширення та дооблаштування.

Перелік використаних джерел

1. International Energy Agency (IEA). (2022). World energy outlook; flagship report—2022. Paris, France: International Energy Agency. Available online: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> (accessed on 7 May 2024).

2. ПАТ «Укрнафта» Науково-дослідний і проектний інститут (НДПІ): Звіт «Про надання науково-технічних послуг проведення гідрохімічного моніторингу стану поверхневих та підземних вод в постійних та періодичних пунктах спостережень в межах впливу об'єктів НГВУ «Долиналифтогаз», визначення фізико-хімічних властивостей і хімічного складу стічних вод, які скидаються в міську каналізацію(заключний). Івано-Франківськ-2023.

3. Martins, F., Felgueiras, C., Smitkova, M., & Caetano, N. (2019). Analysis of fossil fuel energy consumption and environmental impacts in European countries. *Energies*, 12(6), 964. <https://doi.org/10.3390/en12060964>

УДК 502.4:630

Козира В.

студентка групи ЕКО-22-1

Качала Т.Б.

к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ГІС ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

Існування людського суспільства незмінно пов'язане з використанням довкілля як середовища проживання та створення засобів життєзабезпечення – продуктів харчування, сировини й матеріалів для побутових потреб і виробничої діяльності, виробництва і використання енергії, забезпечення транспортом та засобами зв'язку.

Екологічний моніторинг довкілля є сучасною формою реалізації процесів екологічної діяльності за допомогою засобів інформатизації і забезпечує регулярну оцінку прогнозування стану середовищ життєдіяльності суспільства та умов функціонування екосистем для прийняття управлінських рішень щодо екологічної безпеки, збереження природного середовища та раціонального природокористування.

Характерною рисою сучасного розвитку людства є перехід до інформаційного суспільства. Інформаційні технології все більше охоплюють різні сфери людського життя. Особливий інтерес для географів, екологів і представників інших наук, пов'язаних з використанням просторово-координованої інформації, становлять геоінформаційні технології, що дозволяють залучити до дослідження, практичної діяльності і навчання наймогутніший потенціал електронно-обчислювальної техніки і новітніх, у тому числі космічних технологій.

На основі вивчення наукових джерел та попередніх досліджень проаналізовано історичні етапи становлення та розвитку геоінформаційних систем (ГІС), їхнє значення у природоохоронній діяльності та екологічному моніторингу. Окрему увагу приділено розвитку еколого-геохімічних досліджень, зокрема дослідженню забруднення ґрунтів важкими металами, з акцентом на території Західної України.

Детально охарактеризовано природне середовище Львівської області. Зокрема, було проаналізовано геологічну та тектонічну будову регіону, розподіл четвертинних відкладів, геоморфологічні умови, наявність корисних копалин, особливості клімату, водного середовища, ґрунтового покриву, флори і фауни, ландшафтів та рівень техногенного навантаження. Увагу було приділено також впливу несприятливих природно-техногенних процесів на геологічне середовище, таких як зсуви, селі, ерозія, підтоплення, карст і просідання.

Для оцінки сучасного екологічного стану ґрунтів області була створена мережа з 166 пунктів відбору зразків, у яких проведено лабораторний аналіз на вміст трьох токсикантів – кобальту (Co), молібдену (Mo) та селену (Se). Усі дані були систематизовані та внесені до екологічної бази даних.

Перелік використаних джерел

1. Шкіца Л.Є. Екологічна безпека гірничопромислових комплексів Західного регіону України : автореф. дис. д-ра техн. наук / Л.Є. Шкіца. – Івано-Франківськ, 2006. – 36 с.
2. Коробейнікова Я.С. Оцінка екологічного стану геологічного середовища та рекреаційних можливостей Долинського району Карпат: автореф. дис. канд. геол. наук / Я.С. Коробейнікова. – К., 2002. – 19 с.
3. Кузьменко Э.Д. Способ пространственно-временного прогнозирования оползневых процессов / Э.Д. Кузьменко // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. ст. – Х., 2007. – Т. 1. – С. 93–95.

Коржак І.

студентка групи ЕКОМ-25-1

Качала Т.Б.

к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ОЗЕЛЕНЕННЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Формування стратегічних планів, спрямованих на озеленення міських територій, стають ключовими інструментами у пошуку рішень складних проблем, що пов'язуються зі стрімкою урбанізацією та погіршенням навколишнього середовища. Оскільки міста продовжують збільшуватись через стрімкий ріст населення, потреби у відповідному озелененні міських просторів стає все більш актуальною та нагальною. Створення зелених просторів, посадка стійких рослин, екологічний ландшафтний дизайн - є яскравими напрямками не тільки у вирішенні проблем міського простору, але й для підвищення загальної комфортності та якості життя жителів урбанізованих поселень.

Одним з перспективних напрямів розвитку є рух від максимального зменшення наслідків урбанізації до прагнень інтеграції зелених насаджень у міське середовище. Завдяки досліджень та формувань стратегічних планів можна розкрити потенціал озеленення міст як інструменту позитивних змін, що перетворює урбанізовані простори на придатне для життя, розвитку та оздоровлення природне середовище. Також збільшення загальних показників екологічної ситуації в місті є надважливим для безпеки життєдіяльності перед прогнозованими змінами клімату.

Формування інструментів екологізації для підвищення стійкості міських територій при утворенні зелених мереж урбанізованих територій включає в себе визначення окремих рівнів зеленої мережі міста, для чіткого окреслення проблемних питань.

Використання геоінформаційних систем у дослідженні та планування зеленої інфраструктури є можливістю отримати максимум даних щодо даної території та, відповідно, запобігти багатьом проблемам у майбутньому.

Еколого-містобудівні вимоги та обмеження до впроваджень зелених ініціатив включають в себе конкретні дії, принципи, підходи, які напрямую покращають екологічну ситуацію міста, що не суперечать балансуванню еколого-містобудівної системи.

На основі проведеного аналізу дослідженої території можна сказати, що територія є пустирною у міському середовищі, адже існуючі функції неактуальні та потребують оновлення через різні фактори.

Стан озеленення є незадовільним, що в свою чергу не задовольняє потреби жителів житлового двора в нормативному порядку.

На ділянці дослідження було виявлено проблеми. Вирішення цих проблем потребує комплексного стратегічного підходу.

Стратегічні цілі озеленення на досліджуваній ділянці включають такі аспекти, що впливають із проблематики даної ділянки.

Перелік використаних джерел

1. Carmen Aalbers , Peter Schmitt and Anna Steidle. The legal framework and national policies for urban greenery and green values in urban areas / Carmen Aalbers , Peter Schmitt and Anna Steidle. // NORDREGIO. – 2020. – С. 74;

2. Sory Kourouma. Assessment of Policy and Legal Frameworks of Urban Green Infrastructure Development: Republic of Guinea / Sory Kourouma. // mdpi. – 2023. – С. 30;

3. ЗАКОН УКРАЇНИ Про місцеве самоврядування в Україні (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1997, № 24, ст.170) [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text>. (дата звернення: 20.11.2023).

УДК 502.4:630

УДК 502 / 504

Осадчий В.

студентка групи ЕКО-22-1

Качала Т.Б.

к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ»

У сучасних умовах зростаючого антропогенного тиску та змін клімату питання збереження та сталого використання природоохоронних територій набуває особливої важливості. Природні заповідники та ландшафтні ядра, як-от територія природного заповідника «Медобори», виконують не лише рекреаційні, а й науково-дослідні, біоекологічні функції. Проте останніми роками спостерігається погіршення екологічного стану території, що обумовлено впливом транспортної мережі, локальної та регіональної діяльності людини, а також трансграничних потоків забруднювачів. Це підкреслює необхідність комплексного моніторингу та прогнозування змін екологічного стану території.

Проведені дослідження показали, що сучасний екологічний стан території характеризується незначним техногенним забрудненням, при цьому локальні аномалії концентрацій забруднюючих речовин вимагають контролю. Основними джерелами впливу на довкілля є транспортні шляхи, населені пункти та повітряні переноси з промислових районів.

Встановлено фоновий вміст хімічних елементів у ґрунтах, водах і атмосферному повітрі, що дозволяє оцінювати ступінь техногенного забруднення та виділяти зони з різним рівнем екологічної напруги. На основі цих даних створено поелементні еколого-техногеохімічні карти, які відображають закономірності розподілу забруднювачів у ландшафтах.

Розроблена та обґрунтована методика прогнозу розвитку екологічного стану території передбачає комп'ютерне моделювання змін довкілля за різними сценаріями, що дозволяє планувати заходи з охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів.

Визначено ефективну мережу геоекологічних полігонів для спостережень та відбору проб, яка дозволяє отримати достовірну інформацію про стан довкілля, зменшивши кількість точок у 2,5 рази порівняно з класичною методикою. Це знижує фінансові та матеріально-технічні витрати на проведення моніторингу, водночас зберігаючи якість і точність отриманих даних. Використання системи геохімічних коефіцієнтів та показників дозволило інтегрувати інформацію про стан усіх компонентів довкілля та скласти комплексні карти сучасної екологічної ситуації. Це забезпечило наукову основу для екологічного аудиту, прогнозу та менеджменту території, включно з рекомендаціями щодо прийняття управлінських рішень.

Перелік використаних джерел

1. Козира Л.Я. Основні тенденції динаміки кліматичних показників заповідника "Медобори" за останні 10 років / Козира Л.Я. // Роль природно-заповідних територій Західного Поділля та Юри Ойцовської у збереженні біологічного і ландшафтного різноманіття: Збірник наукових праць українсько-польської наукової конференції. – Гримайлів-Тернопіль: Лілея, 2003. – С. 40-42.

2. Тищенко, В. 2003. Фауна кажанів природного заповідника Медобори. Роль природно-заповідних територій Західного Поділля та Юри Ойцовської у збереженні біологічного і ландшафтного різноманіття: зб. наук. пр. Гримайлів, Лілея, Тернопіль, 519–540

3. Кусьнеж, О. 2012. Дослідження осіннього роїння рукокрилих печери Перлина природного заповідника Медобори. Літопис природи природного заповідника Медобори, 20: 353–354.

4. Природний заповідник «Медобори». Офіційний сайт. URL: <http://www.medoboryreserve.te.ua> (дата звернення 20.10.2025).

СУЧАСНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Київська область зазнає значного антропогенного навантаження через активний розвиток міської і транспортної інфраструктури, розташування численних промислових об'єктів та інтенсивний автомобільний рух. Ці фактори створюють складні умови для підтримання належної якості атмосферного повітря, що вимагає впровадження комплексної системи моніторингу. Створення розгалуженої мережі спостережних пунктів, що охоплюють понад 100 точок спостережень, дозволить забезпечити детальний просторово-часовий аналіз забруднювальних речовин у різних частинах регіону, від міських центрів до приміських та сільських територій. Така мережа має включати стаціонарні автоматизовані станції, мобільні лабораторії та індикативні сенсорні комплекси, які здатні в режимі реального часу надавати інформацію про рівні пилу, оксидів азоту, сірководню, вуглеводнів та інших шкідливих сполук. Важливим аспектом є коректне розміщення пунктів моніторингу з урахуванням переважаючих напрямків вітру, природних бар'єрів, транспортних потоків і розташування джерел викидів, що дозволить отримувати максимально репрезентативні дані. Особливу увагу слід приділити контрольованим зонам навколо великих промислових підприємств та автомагістралей, де концентрації забруднювальних речовин найвищі. Окрім автоматизованих станцій, ефективно застосування знаходять громадські мобільні комплекси, що допомагають оперативно реагувати на локальні екологічні виклики. Системний моніторинг у Київській області сприятиме не лише оцінці поточного стану повітря, а й прогнозуванню змін у довгостроковій перспективі, що є основою для розробки дієвих заходів щодо зниження шкідливих викидів. Важливу роль відіграють державні та регіональні органи, які мають координувати роботу систем моніторингу, забезпечувати своєчасний збір та оприлюднення даних, а також залучати громадськість до контролю за екологічним станом. Підвищення екологічної свідомості населення та підтримка прозорості інформації створюють передумови для колективних дій, спрямованих на збереження чистоти повітря.

Впровадження сучасних автоматизованих систем, що використовують інноваційні технології збору і передачі даних, дозволяє оперативно реагувати на небезпечні перевищення концентрацій забруднювальних речовин і мінімізувати їхній негативний вплив. Крім того, такий підхід сприяє підвищенню ефективності управлінських рішень у сфері екологічної безпеки, що має першочергове значення для стабільного розвитку регіону.

Перелік використаних джерел

1. Про основні напрямки державної політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки [Електронний ресурс] : закон (№ 188/98-ВР) : [прийнято Верх. Радою 05.03.1998] // Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <https://surl.li/xtmewa> (дата звернення: 12.09.2025).
2. Про національну інфраструктуру геопросторових даних [Електронний ресурс] : закон (№ 554-IX) : [прийнято Верх. Радою 13.04.2020] // Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <https://surl.li/kvwfpm> (дата звернення: 10.09.2025).
3. Про Національну програму інформатизації [Електронний ресурс] : закон (№ 2807-IX) : [прийнято Верх. Радою 01.12.2022] // Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-20#Text> (дата звернення: 12.10.2025).

УДК 502.21..523.9(477.86)

Чернявська О.

студентка групи ЕКО-22-1

Качала Т.Б.

к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕРИТОРІЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

В наш час альтернативні джерела енергії набувають все більшої необхідності та популярності. Адже проблема енергетики з кожним роком стає все актуальнішою. Використання традиційних джерел енергії несе негативний вплив на довкілля, а запаси нафти, вугілля та природного газу поступово вичерпуються. Це супроводжується певними економічними та екологічними наслідками. Оскільки сонячна радіація є необмеженим ресурсом, а її перетворення в електроенергію не супроводжується негативним впливом на навколишнє середовище, це є хорошим варіантом як з екологічної, так і економічної точки зору. Використання енергії сонця дозволяє зменшити залежність від імпортованих енергоресурсів та дає можливість децентралізовано споживати електроенергію. Це хороша альтернатива, особливо в теперішній час, коли ситуація з енергетичною системою в нашій країні є досить напруженою.

Враховуючи сьогоденну нестабільну ситуацію з електроенергією в нашій країні та часті відключенні світла, багато користувачів, як корпоративних так і побутових, почали розглядати альтернативні джерела електроенергії. Тому справді вигідною інвестицією може бути встановлення сонячних батарей.

З хорошим розрахунком потужності та правильним вибором панелей, власна, навіть невелика сонячна станція, може дати своєму власнику велику кількість переваг:

- суттєве зменшення або і повна відсутність у майбутньому витрат на електроенергію (в залежності від об'єкта та розміру електростанції);
- в разі продажу даної нерухомості (будиночку чи підприємство), ціна на нього суттєво зростає, адже наявність альтернативних джерел, значно збільшує попит;
- у разі перевищення сумарної генерації електроенергії над використанням, дає можливість підключити «зелений» тариф, що дозволить продавати залишки енергії й отримувати стабільний прибуток (на даний момент, під час воєнного стану послуга «зеленого» тарифу є недоступною)

Якщо поступово відмовлятися від паливних енергоносіїв, це знизить залежність країни від імпорту палива з-за кордону. Саме тому хочу зазначити, що коли є можливість переходу на відновлювальні джерела енергії, це не лише є фінансово вигідно, а ще й дуже екологічно. Це прояв турботи про середовище де ми живемо.

Перелік використаних джерел

1. Solar Family. Сонячні панелі: їхні різновиди та характеристика. <http://surl.li/umvfi>
2. Eco Tech Ukraine. Сонячна енергетика, енергоефективні технології. <http://surl.li/umvgf>
3. Dela Energy System . Сучасна сонячна енергетика для бізнесу <https://delaenergy.systems/articles/princzip-roboti-sonyachno%D1%97-elektrostanzi%D1%97/>
4. Мережева сонячна електростанція <https://v.gd/qDIvgH>

УДК 631.4:504.5:665.6

Караванович Х.
викладач коледжу ІФФКЛНУП

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ ПРИКАРПАТТЯ ВІД НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Проблема нафтового забруднення ґрунтів є однією з актуальних екологічних проблем для регіонів із тривалою історією видобутку, транспортування та переробки вуглеводневої сировини. Особливо гостро вона проявляється на території Прикарпаття, яке належить до найстаріших нафтогазовидобувних районів Європи. Упродовж понад ста років тут здійснюється промислове освоєння нафтових родовищ, що спричинило суттєве техногенне навантаження на природні екосистеми, зокрема на ґрунтовий покрив [1, 4].

Найбільш уразливими є території, прилеглі до історичних і сучасних центрів нафтовидобутку, серед яких Борислав, Долина, Надвірна, Битків та інші населені пункти Івано-Франківської області. У таких районах нафтове забруднення може бути пов'язане як із давніми технологічними порушеннями, так і з накопиченням залишкових вуглеводнів у ґрунтах, витоками нафти, аварійними ситуаціями, недосконалим зберіганням відходів нафтовидобутку та наявністю забруднених амбарів.

Нафтові вуглеводні, потрапляючи у ґрунт, змінюють його фізико-хімічні, біологічні та агрохімічні властивості. Вони порушують структуру ґрунтового профілю, погіршують водно-повітряний режим, знижують проникність ґрунту для вологи й кисню, пригнічують розвиток ґрунтової мікрофлори та зменшують родючість. Унаслідок утворення гідрофобної плівки на поверхні ґрунтових частинок погіршується доступ води до кореневої системи рослин, що призводить до зниження продуктивності рослинного покриву та загальної деградації екосистем.

Традиційні методи очищення забруднених ґрунтів, зокрема механічне вилучення, промивання, термічна обробка або хімічна нейтралізація, часто потребують значних фінансових витрат, спеціального обладнання та можуть супроводжуватися вторинним впливом на довкілля. Саме тому особливої актуальності набувають природоорієнтовані, біологічні та економічно доступні технології відновлення забруднених земель. Однією з таких технологій є фітореMediaція — метод очищення ґрунтів за допомогою рослин та асоційованих із ними мікроорганізмів [2, 4].

Метою роботи є обґрунтування перспектив застосування фітореMediaції для очищення нафтозабруднених ґрунтів Прикарпаття та оцінка можливостей використання рослин-фітореMediaнтів, зокрема енергетичних культур, для екологічного відновлення техногенно порушених територій.

Коренева система рослин виділяє органічні сполуки, які стимулюють розвиток ґрунтових мікроорганізмів. Частина таких мікроорганізмів здатна використовувати нафтові вуглеводні як джерело вуглецю й енергії, поступово розкладаючи їх до менш токсичних сполук. Цей процес називається ризодеградацією. Саме ризодеградація є одним із ключових механізмів очищення ґрунтів, забруднених нафтою та нафтопродуктами [2, 3].

Крім ризодеградації, у процесах фітореMediaції можуть проявлятися й інші механізми: фітостабілізація, фітоекстракція, фітотрансформація та фітовипаровування. Для нафтового забруднення найбільш значущими є стимуляція мікробного розкладання вуглеводнів, покращення структури ґрунту, відновлення біологічної активності та зменшення токсичного впливу забруднювачів на екосистему. Для ефективного застосування фітореMediaції важливим є правильний добір рослинних видів. Рослини-фітореMediaнти повинні бути стійкими до забруднення, мати добре розвинену кореневу систему, швидко формувати біомасу, адаптуватися до місцевих ґрунтово-кліматичних умов і не створювати додаткових екологічних ризиків. Для умов Прикарпаття перспективними можуть бути як кормові, так і енергетичні культури. До кормових культур належать люцерна посівна (*Medicago sativa*), конюшина лучна

(*Trifolium pratense*), жито посівне (*Secale cereale*), костриця лучна (*Festuca pratensis*). Ці рослини мають достатньо розвинену кореневу систему, здатні покращувати структуру ґрунту та сприяти активізації ґрунтової мікрофлори. Особливу увагу заслуговують енергетичні культури, зокрема енергетична верба (*Salix* spp.). Її перевагами є швидкий ріст, висока продуктивність біомаси, здатність формувати потужну кореневу систему та можливість вирощування на малопродуктивних або техногенно порушених землях. Використання енергетичної верби дозволяє поєднати процес очищення ґрунтів із виробництвом біомаси, яка потенційно може бути використана для енергетичних потреб. Важливо зазначити, що ефективність фіторе mediaції значно зростає у разі поєднання рослин із мікробіологічними препаратами, які містять нафтоокиснювальні бактерії. Такі бактерії здатні інтенсифікувати процес розкладання нафтових вуглеводнів, скорочувати тривалість відновлення ґрунтів і підвищувати загальну результативність біологічного очищення [2, 3].

Фіторе mediaція є перспективним методом очищення нафтозабруднених ґрунтів Прикарпаття, оскільки поєднує екологічну безпеку, економічну доцільність і можливість природного відновлення деградованих територій. Її застосування особливо актуальне для регіонів із тривалою історією нафтовидобутку, де традиційні методи рекультивації можуть бути надто дорогими або недостатньо ефективними для великих площ.

Для умов Прикарпаття перспективними рослинами-фіторе mediaнтами є люцерна посівна, конюшина лучна, жито посівне, костриця лучна та енергетична верба. Особливої уваги заслуговує енергетична верба, яка здатна формувати значну біомасу, покращувати стан ґрунту та водночас мати потенціал для використання в енергетичних цілях.

Дослідження на прикладі села Битків демонструє можливість застосування енергетичної верби на нафтозабруднених землях. Порівняння зразків ґрунту до та після посадки культур-фіторе mediaнтів свідчить про зміни у вмісті окремих макро- та мікроелементів, що потребує подальшого наукового аналізу.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення реальної динаміки зменшення концентрації нафтових вуглеводнів, оцінку біологічної активності ґрунтів, вивчення ролі нафтоокиснювальних мікроорганізмів, а також розроблення практичних рекомендацій щодо впровадження фіторе mediaції на забруднених територіях Борислава, Долини, Надвірної, Биткова та інших населених пунктів Прикарпаття.

Перелік використаних джерел

1. Lopushniak V. I., Hrytsuliak H. M. The Models of the Heavy Metal Accumulation of the Multiple Grain Energy Cultures for Wasterwater Deposition on Oil-Polluted Degraded Soils. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 2021, Vol. 22, Issue 4, pp. 1–13. DOI: 10.12912/27197050/137873.
2. Lopushniak V., Polutrenko M., Hrytsuliak H., Plevinskis P., Tonkha O., Pikovska O., Bykina N., Karabach K., Voloshin Y. Accumulation of Heavy Metals in *Silphium Perfoliatum* L. for the Cultivation of Oil-Contaminated Soils. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 2022, Vol. 23, Issue 3, pp. 30–39. DOI: 10.12912/27197050/147145.

3. Hrytsuliak H. et al. Revitalization of Oil-Polluted Soils by Growing Phytoremediation Plants. In: Systems, Decision and Control in Energy VII, Springer, 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-90466-0_26.

4. Lopushniak V., Hrytsuliak H., Lynnyk D., Shymanskyi V. et al. Innovative Approaches to Cleaning the Soil from Oil Products. In: Systems, Decision and Control in Energy VII, Springer, 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-90466-0_27.

УДК 504.064.2:355.48

Юрків В.М.

Студентка гр. ЕКО-22-1

Сисак К.О.

к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ ПРИФРОНТОВИХ ТЕРИТОРІЙ СУМЩИНИ

Актуальність теми. Основними загрозами навколишньому середовищу на даний час є антропогенний вплив, спричинений активними бойовими діями на значній території Сумської області.

Дослідження екологічних проблем досліджуваної території під час бойових дій та можливі шляхи їх подолання у післявоєнний період є актуальним завданням.

Моніторинг поверхневих вод – це система послідовних періодичних спостережень, збору та обробки інформації про стан водних об'єктів, прогнозування можливих змін якості води та розробка науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень щодо покращення стану відкритих водних об'єктів [1-6].

Основними завданнями моніторингу поверхневих вод є спостереження, оцінка та прогноз змін якості води у відкритих водних об'єктах.

Спостереження за водними об'єктами тісно пов'язані з прогнозом їх стану. Спостереження повинні включати дані про джерела забруднення, про склад і характер забруднень, про реакції гідробіонтів і зміни стану водних об'єктів. Дані цих спостережень повинні порівнюватись з даними про природний стан водних об'єктів до початку помітного антропогенного впливу, тобто необхідно мати дані про «фонові» характеристики якості і кількості водних об'єктів.

Основною метою налагодження системи спостережень за рівнем забруднення водних об'єктів є одержання достовірної інформації про природну якість води та аналіз змін якості води під дією антропогенних факторів.

Система моніторингу водних об'єктів вирішує наступні завдання:

–забезпечує спостереження за рівнем забруднення водного середовища за хімічними, фізичними та гідробіологічними показниками;

–вивчає динаміку ЗР і виявляє умови, при яких проходять різні коливання рівнів забруднень;

–вивчає закономірності процесів самоочищення та самовідновлення, а також накопичення ЗР у донних відкладах;

–вивчає закономірності виносу речовин через гирлові створи річок у водойми.

До об'єктів державного моніторингу природних вод України відносяться:

–поверхневі води, до яких відносять природні водойми (озера) і водотоки (річки, струмочки), штучні водойми (водосховища, ставки) і канали;

–підземні води і джерела;

–внутрішні морські води і територіальне море, морська економічна зона України;

–джерела забруднення вод, включаючи оборотні води, аварійні скиди рідких продуктів і відходів, втрати продуктів і матеріалів при видобутку корисних копалин в межах акваторій поверхневих і морських вод;

–води поверхневого стоку з сільськогосподарських угідь;

–фільтрація забруднювальних речовин з технологічних водоймищ і сховищ;

–масовий розвиток синьо-зелених водоростей;

–надходження забруднювальних речовин з донних відкладень (повторне забруднення) та ін. [1-6].

Систематичні спостереження за рівнем забруднень поверхневих вод проводиться на постійних та тимчасових пунктах спостережень, які розміщуються в місцях наявності або відсутності впливу господарської діяльності. При цьому обов'язково організовується:

–стаціонарна мережа пунктів спостережень за природним складом і забрудненням поверхневих вод;

–спеціалізована мережа пунктів спостережень забруднених водних об'єктів для вирішення науково-дослідних задач;

–тимчасова експедиційна мережа пунктів спостережень на об'єктах, не охоплених першими двома видами спостережень.

При організації мережі спостережень обов'язковими є такі вимоги:

–перевага повинна надаватись вивченню антропогенних впливів на поверхневі води;

–систематичність і комплексність спостережень за якістю води за фізичними, хімічними та біологічними показниками з паралельним проведенням відповідних гідрологічних вимірювань;

–узгодження термінів спостережень з характерними гідрологічними ситуаціями;

–визначення показників якості води єдиними методами на всій мережі для забезпечення можливості порівняння результатів;

–оперативність одержання інформації про якість води і стан водних об'єктів.

В умовах надзвичайних ситуацій інформацію збирають у стислі терміни, часто за обмеженого доступу до територій, використовують мобільні лабораторії, а персонал працює в умовах підвищеного ризику.

Системний контроль допомагає оцінити збитки та планувати відновлення постраждалих територій.

На сьогодні, Головне управління статистики у Сумській області, керуючись Законом України «Про захист інтересів суб'єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни» проінформувало, що у період дії воєнного стану або стану війни, а також протягом трьох місяців після його завершення, органи державної статистики призупинили надання статистичної інформації, за винятком інформації за 2021 рік (у разі її наявності), а також за попередні періоди.

У 2026 році були проведені екологічні дослідження у межах Недригайлівської громади (рис. 1.1) [1-6].

Недригайлівська громада розташована у південно-західній частині Сумської області й охоплює територію у 1025 км². Селище міського типу Недригайлів знаходиться на лівому березі річки Сула в місці впадіння її лівої притоки річки Дригайлиха, вище за течією на відстані 1 км розташоване село Вакулки, нижче за течією на відстані 1 км розташоване село Березняки, на протилежному березі – села Засулля і Бродок [4].

Недригайлівська громада, як і більшість прикордонних та наближених до них районів Сумщини, залишається під постійною загрозою обстрілів, що спричиняють руйнування інфраструктури та загрожують життю цивільних

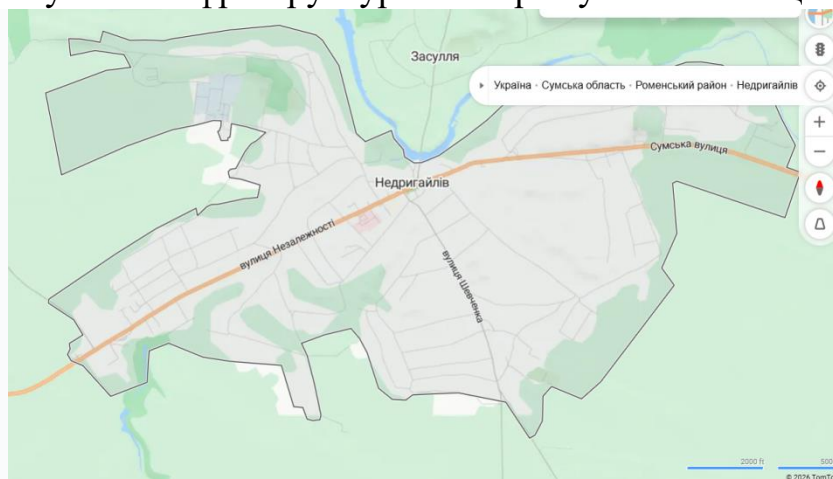


Рисунок 1.1 – Оглядова карта території досліджень

Недригайлівська громада на Сумщині регулярно зазнає російських обстрілів, особливо ударів дронами – «шахедами», спрямованих на агропідприємства. У 2024-2026 роках зафіксовано руйнування зерносховищ, пожежі та пошкодження житлових будинків, зокрема, значні атаки відбувалися у лютому, березні та квітні 2026 року. 23.02.2026 зафіксовано влучання та пожежу на об'єкті, де зберігалося зерно. 12.03.2026 російські війська атакували «шахедами» агропідприємство в селі Курмани Недригайлівської громади. 20.04.2026 внаслідок нічної атаки на Недригайлівську громаду зафіксовано значні руйнування будівлі агропідприємства, виникла пожежа (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Руйнування агропідприємства у Недригайлівській громаді на Сумщині. Фото голови Роменської РВА В. Назаренко

При проведенні дрібномасштабних досліджень (1 : 50 000) у березні 2026 р. на території Недригайлівської громади була розбита мережа із 10 точок спостережень, які більш-менш рівномірно охоплюють весь полігон. В кожній точці спостережень відбирались проби ґрунту, які потім аналізувались на різні види забруднень (табл. 1, рис. 1.3).

Таблиця 1.

База даних екологічної інформації – місця відбору проб ґрунтів на території досліджень Недригайлівської громади (*Державна екологічна інспекція у Сумській області, 2026 р.*)

№№ ч/ч	№№ проб	Географічна прив'язка	Географічні координати	
			Х широта	У довгота
1	2	3	4	5
1	1	сmt. Недригайлів (авіабомба)	50,8351	33,8824
2	2	с. Вакулки (авіабомба)	50,8406	33,9515
3	3	с. Вакулки (авіабомба)	50,8406	33,9515
4	4	с. Курмани (техніка)	50,8117	33,8247
5	5	с. Костянтинів (техніка)	50,8219	33,8189
6	6	с. Засулля (техніка)	50,8241	33,8967
7	7	с. Цибуленки (авіабомба)	50,8541	33,9317
8	8	с. Бродок (техніка)	50,8037	33,869
9	9	с. Іваниця (техніка)	50,9167	33,9405
10	10	с. Городище (техніка)	50,9323	33,9392

Основна мета польових екологічних маршрутів – картування деградаційних явищ змінених ландшафтів на основі візуальних спостережень для складання карт забруднення ґрунтів.

Польові екологічні маршрути проводились методом паралельних маршрутів. Опробування ґрунтів на площі зони забруднення здійснювалось на геоекологічних полігонах в кожній точці спостереження. Зразки відбирались на відкритих ділянках, що віддалена від дороги не менше, ніж на 50м. у межах Недригайлівської громади. Відбір проводився з глибини від 10 до 20 см. З проби видалялась надземна частина рослин, уламки порід, коренева частина рослин.

Вага проби - 1 кг. Проби відбиралися металічним стаканом діаметром від 80 мм. Обов'язковою умовою було зазначення часу відбору проби.

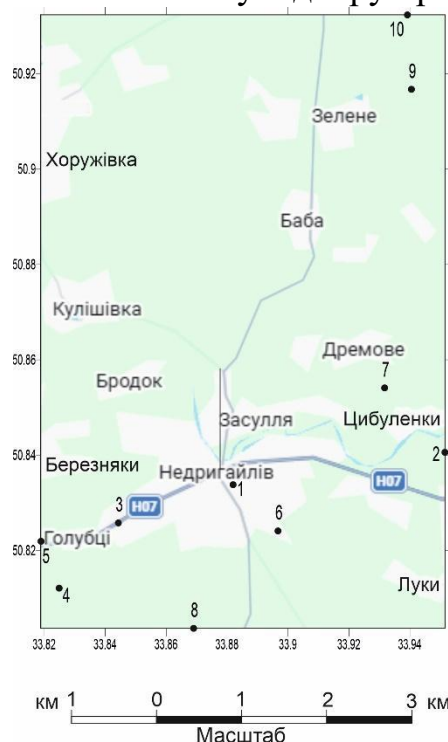


Рисунок 1.3 – Карта фактичного матеріалу відбору ґрунтів

Таким чином, основна методика, яка використовувалась, була концепція оцінки впливу **наслідків війни** на довкілля та конкретна методика польових експедиційних досліджень, аналітичних робіт та комп'ютерної обробки отриманих даних

Перелік використаних джерел

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
2. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>
3. Диняк О.В., Кошлякова І.Є. «Екологічні наслідки воєнних дій в Україні: аналітичний огляд». – Екологічний журнал, 2023. С. 137-139.
4. Семенченко О.О., Безпальченко В. М. Забруднення повітря унаслідок Російської агресії актуальна проблема сучасності. // Екологічна безпека в умовах війни: збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 21 листопада 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. – С. 83-85.
5. Глоговський Л.В. Вплив військових дій на довкілля України. // Екологічна безпека в умовах війни: збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 21 листопада 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. – С. 119-120.
6. Ільїнський О.В. Аналіз воєнних дій на кількість лісових пожеж. // Екологічна безпека в умовах війни: збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 21 листопада 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. – С. 134-135.

Дригулич С.П.
аспірант кафедри екології
Орфанова М.М.

к.т.н., завідувач кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ОБ'ЄКТАМИ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ

Територія України належить до однієї з найстаріших у світі районів видобутку нафти. А Прикарпаття – найстаріший нафтогазопромисловий регіон Європи. Перші спогади про нафту як «скельне масло» у Галичині датуються XIII століттям.

Природне забруднення довкілля вуглеводнями є не менш важливим ніж техногенне, особливо якщо техногенне підсилює природне. Геологічні умови Карпатського регіону характеризуються численними тектонічними порушеннями, що сприяє міграції нафти і газу на денну поверхню під дією пластового тиску.

Також територія відноситься до сейсмічно активних.

Старунський грязьовий вулкан – геологічна пам'ятка природи, яка є єдиною та унікальною не тільки в Україні, а й у світі. Виникнення цієї пам'ятки природи пов'язане не тільки з тектонічними рухами, але й з людською діяльністю.

Св. Надія - залишок газової труби, який час від часу підпалюють місцеві жителі, щоб уникнути надмірної загазованості..

У селищах Битків і Пасічне, які знаходяться на території Битків-Бабченського нафтогазоконденсатного родовища (Івано-Франківська область), спостерігається «блукаючий» метан. Припинення експлуатації Битків-Бабченського родовища приводить до зростання вибухонебезпечної концентрації вуглеводневих газів у підвальних приміщеннях будинків.

Аналогічна ситуація в місті Борислав Львівської області.

Радіус впливу 1 св. на повітря, ґрунт та рослинність становить не менше 2 км. Бувають ситуація розливу бурових розчинів, бурових стічних вод, виливи нафти з мінералізованими пластовими водами на денну поверхню, розливи паливно-мастильних матеріалів. Все це приводить до того, що на поверхні ґрунту може утворюватись глиниста корка, змінюється геохімічний фон і формуються геохімічні аномалії.

Механічне руйнування ґрунту і видалення його верхнього шару приводить до того, що на ділянках, де відбувається процес буріння, формуються складні просторові неоднорідні аномалії з радіусом до 250 м.

Як правило, основна частина забруднюючих речовин акумулюються у верхньому шарі ґрунту в межах 10 – 15 см, але іноді можуть проникати до глибини 1м.

pH ґрунту впливає на рухомість окремих речовин. Тому на території бурових майданчиків формуються локальні аномалії мікроелементів (Ba, Pb, Sr, Zn) і нафтопродуктів.

Процес забруднення гідросфери відбувається шляхом фільтрації забруднювачів до зони водотривкого шару і поширення забруднюючих речовин по водоносному горизонту.

Відходи буріння (буровий шлам, відпрацьовані бурові розчини та бурові стічні води) чинять свій негативний вплив на довкілля, оскільки зберігаються на території бурового майданчика. У компонентному складі відходи буріння містять всі токсичні хімічні реагенти, що використовуються у процесі буріння. Тому, можна вважати, що вони є небезпечними для навколишнього середовища, і при умові їх потрапляння в природні об'єкти, вони можуть чинити як агресивну, так й токсичну дію на них.

Хімічний склад відходів буріння досить різноманітний, що впливає на їх фізико-хімічні властивості. Така особливість відходів значно ускладнює не тільки їх зберігання, а вибір оптимальних напрямків їх подальшої утилізації.

УДК 504.5

Бенюк І.Б.

студентка ЕКО-22-1

Орфанова М.М.

к.т.н., завідувач кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ

Нафтовидобувні підприємства представлені виробничими підрозділами і службами управління. Виробничі підрозділи поділяються на основне і допоміжне виробництво. Основне виробництво охоплює процеси, пов'язані з видобутком вуглеводнів (нафти, газу, конденсату), а допоміжне забезпечує нормальні умови для безперебійного процесу видобутку.

Кожен з етапів технологічного процесу має певні особливості та різні впливи на окремі компоненти довкілля – атмосферу, гідросферу, літосферу, ґрунти. При видобутку нафти, газу, газового конденсату утворюються такі відходи: буровий шлам, відпрацьовані тампонажні розчини, паливно-мастильні матеріали.

В допоміжному виробництві найбільш небезпечними відходами є люмінесцентні лампи, відпрацьовані акумулятори, електроліти, відходи скловати та склотканини від теплоізоляції трубопроводів, а також масла індустриальні відпрацьовані, промаслене ганчір'я, масло моторне, відпрацьоване, надлишковий активний мул-осад з відстійників після механічної та біологічної

очистки, будівельні відходи, металеві відходи, що утворюються в результаті ремонту, реконструкції та заміни нафтогазового обладнання, ТПВ.

Основною проблемою системи управління відходами нафтогазовидобутку є управління нафтовмісними відходами, що утворюються при первинній переробці нафти, зачистці ємностей, промиванні обладнання, очищенні залишкових і дистиляторних масел, і які вивозилися на шламонакопичувачі.

УДК 712

Гатич Т.А.

студентка ЕКО-22-1

Орфанова М.М.

к.т.н., завідувач кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

РОЛЬ ОЗЕЛЕНЕННЯ У МІКРОКЛІМАТІ ПРАГИ

Озеленення Праги є важливим елементом адаптації міст до змін клімату. Дане питання є актуальним для усіх великих міст, які стикаються з поняттям «міського острова тепла».

Прага входить до найзеленіших міст Європи. Парки, сквери та інші зелені території займають значну частину міста. У Празі формується своя візія Стратегії адаптації до зміни клімату столиці Праги [1], яка передбачає поетапне впровадження відповідних адаптаційних заходів для зменшення вразливості до негативних наслідків зміни клімату, зокрема високих температур, міських теплових островів та хвиль спеки, а також недостатнього проникнення дощової води. Акцент робиться на розвитку зеленої інфраструктури.

Зелена інфраструктура [1] складається з усіх типів зелені в ландшафті і природним чином охолоджує довкілля. Ефект охолодження найвищий у деревних рослин, особливо у дорослих дерев, якщо є достатнє джерело підземних вод. Для евапотранспірації рослинністю необхідна наявність води.

Цікавим рішенням є зелені дахи та фасади [2]. Зелені фасади не лише естетично привабливі, а й захищають будівлі від перегріву, знижуючи температуру всередині та зовні. Зелені дахи затримують воду, що особливо важливо у спекотний період.

Досвід Чехії свідчить про доцільність висаджування багаторічних квітучих трав. Така рослинність краще затримує вологу в ґрунті та поступово її випаровує охолоджуючи повітря та покращуючи мікроклімат а також збагачує біорізноманіття [2].

Важливим для розвитку зеленої інфраструктури є також покращення якості повітря та достатня наявність водних об'єктів. Не менш важливим є дерева, які акумулюють дрібнодисперсний пил та поглинають вуглекислий газ, тим самим зменшуючи температуру в місті.

Перелік використаних джерел

1. Capital City of Prague Climate Change Adaptation Strategy Vision. URL : <https://adaptacepraha.cz/en/adaptation-strategy-vision/>
2. Адаптація, зелень і вода в містах: досвід Чехії. URL : <http://newdruzhkivka.com.ua/adaptatsiya-zelen-i-voda-v-mistah-dosvid-chehiyi/>

УДК 504.064:355.01

Аданік О.

студент групи 6.1834

Галич А.

студент групи 6.2634

Маханько Р.

студент групи 6.2634

Бєлоконь К.В.

к.т.н., доцент кафедри металургійних технологій,
екології та техногенної безпеки

Запорізький національний університет

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ВОЄННИХ ТА ІНДУСТРІАЛЬНИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ І ДЕМОГРАФІЧНОГО СТАНУ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Запоріжжя є важливою ланкою Дніпровського екологічного коридору, що забезпечує міграцію видів загальноєвропейського значення. Антропогенна трансформація ландшафтів внаслідок бойових дій загрожує цілісності цієї екомережі. Природно-заповідний фонд міста Запоріжжя включає 13 об'єктів (4,34% площі), ядром якого є заказник «Дніпровські пороги» (1383 га). Руйнування Каховського водосховища поставило під пряму загрозу 25 вразливих типів оселищ та локальні популяції 82 видів рослин і тварин, охоронюваних Бернською конвенцією. Особливо вразливою є плавнева зона південної частини о. Хортиця. Ці угіддя виконували роль біологічного фільтра, проте після обміління їхня екосистемна функція була підірвана. Деградація природних зон посилюється накопиченням воєнних відходів, що призводить до довгострокової токсикації ґрунтів. Загальна потужність об'єктів розміщення відходів (шламонакопичувач б. Капустянка – 148,46 га; полігон у б. Середня – 221 га) створює ризики масштабного вторинного забруднення у разі влучання засобів ураження. У 2024 році обсяг утворених відходів I-IV класів склав 1397,2 тис. т. Особливу аналітичну увагу слід приділити відходам I-III класів небезпеки (високонебезпечні), обсяг яких у 2024 році склав 2,496 тис. т.

Станом на 2024 рік середній гамма-фон становив 13 мкР/год, що вписується у природний діапазон (6-20 мкР/год). Відсутність радіологічних аномалій у моніторинговій точці свідчить про відсутність транскордонного

переносу радіонуклідів з окупованої ЗАЕС, попри постійні ризики. Водночас стан ґрунтів погіршується через аеротехногенне забруднення важкими металами й нафтопродуктами від автотранспорту (його частка в емісії сягає 40-60% за пріоритетними речовинами). Екологічна деградація промислового вузла безпосередньо віддзеркалюється на показниках громадського здоров'я та демографічній динаміці. Чисельність наявного населення скоротилася з 750,7 тис. (2016) до 710,1 тис. (2022). Загальна смертність зросла з 14,8% (2018) до 21,2% у 2022 році. Народжуваність знизилася до критичних 3,7% у 2022 році. Високий рівень захворюваності органів дихання, новоутворень та патологій системи кровообігу безпосередньо корелює з індустриальним навантаженням. Показовим є той факт, що у 2022 році 566 смертей від COVID-19 мали прямий зв'язок із коморбідністю: майже 100% померлих мали хронічні захворювання органів дихання та серцево-судинної системи, що розвинулися на фоні тривалого перебування в умовах забрудненого довкілля.

Отже, воєнні ризики для Запоріжжя мають комплексний характер, де синергія руйнування екосистем Смарагдової мережі та застарілого промислового навантаження веде до поглиблення демографічної кризи. Для запобігання катастрофічним наслідкам необхідне негайне впровадження систем раннього попередження про надзвичайні ситуації та радикальне посилення екологічного моніторингу в зоні впливу промислового вузла.

Список використаних джерел

1. Белоконь К. В., Пірогова І. М., Мальований М. С., Комариста Б. М. Вдосконалення систем прогнозування та регулювання забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя за несприятливих метеорологічних умов. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 13. С. 349-360.

Розсоха К.

студентка групи 7.G2.25-тзнс

Аданік О.

студент групи 6.1834

Маханько Р.

студент групи 6.2634

Бєлоконь К.В.

к.т.н., доцент кафедри металургійних технологій,
екології та техногенної безпеки

Запорізький національний університет

ОЦІНЮВАННЯ ВОЄННИХ РИЗИКІВ ДЛЯ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Запорізький промисловий вузол є одним із найпотужніших індустріальних центрів Східної Європи, що визначає економічний та оборонний потенціал держави. Стратегічна значущість міста зумовлена концентрацією близько 65% виробничих потужностей області. Промисловий потенціал регіону базується на енергоємних галузях: чорній та кольоровій металургії, машинобудуванні, хімічній та будівельній індустрії. Масштабне антропогенне навантаження, притаманне регіону у мирний час, в умовах воєнного стану набуло ознак системної екологічної кризи. Традиційні промислові ризики трансформувалися у критичні загрози екосфері, де аеротехногенне навантаження та деградація гідрохімічного режиму річки Дніпро стали провідними факторами дестабілізації екологічної безпеки.

В умовах воєнної агресії моніторинг атмосферного повітря набув статусу стратегічного інструменту оцінки безпеки, оскільки перебої з електропостачанням та дестабілізація технологічних процесів безпосередньо впливають на ефективність роботи газоочисного устаткування. Аналіз за даними Головного управління статистики свідчить про суттєві коливання обсягів викидів від стаціонарних джерел. У 2021 році показник становив 67,6 тис. т. У 2022 році відбувся спад до 46,4 тис. т, що пояснюється не екологічною модернізацією, а вимушеною зупинкою виробничих циклів та розривом логістичних ланцюгів. Протягом 2023-2024 років спостерігається поступове відновлення активності. Слід враховувати методологічний нюанс: дані за 2024 рік (53,8 тис. т) наведені по Запорізькій територіальній громаді, що ускладнює пряме статистичне порівняння з довоєнним періодом, який охоплював лише межі міста. За даними Запорізького обласного центру з гідрометеорології, у 2024 році зафіксовано критичні перевищення середньорічних концентрацій: формальдегід – 2,2 ГДК, фенол – 2,0 ГДК, діоксид азоту – 1,6 ГДК. Обсяг викидів пилу у 2024 році склав 3066,0 т. Високі ризики забруднення зумовлені застарілими технологіями та морально зношеним устаткуванням, що

в умовах війни створює передумови для транскордонного переносу забруднювачів та посилює загрозу для водних ресурсів.

Річка Дніпро є безальтернативним джерелом водопостачання Запоріжжя, забезпечуючи 100% потреб міста. Гідрологічна стабільність регіону була радикально підірвана внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС у 2023 році. Руйнування спричинило катастрофічне обміління берегів та островів. За даними ДУ «Запорізький ОЦКПХ МОЗ» у 2024 році ситуація з якістю води набула критичного характеру: 100% проб не відповідали гігієнічним нормам за санітарно-хімічними показниками; 10,5% проб мали відхилення за мікробіологічними показниками. Отже, для запобігання катастрофічним наслідкам необхідне негайне впровадження систем раннього попередження про надзвичайні ситуації та радикальне посилення екологічного моніторингу в зоні впливу промислового вузла.

Список використаних джерел

1. Белоконь К. В., Пірогова І. М., Мальований М. С., Тарабан Є. В. Оцінка якості атмосферного повітря міста Запоріжжя. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2024. № 1. С. 39-48.

УДК 504.064

Дзеса М.

Студентка гр. ЕКОМ-25-1

Сисак К.О.

к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ГЕОЛОГІЧНА ПАМ'ЯТКА ПРИРОДИ «СТАРУНЯ» - ОСНОВА ПАРКУ ЛЬОДОВИКОВОГО ПЕРІОДУ НА ПРИКАРПАТТІ

Важко переоцінити для світової наукової спільноти з археології та четвертинної геології, туристичного бізнесу, історії давніх цивілізацій значення всесвітньовідомої геологічної пам'ятки природи загальнодержавного значення «Старуня» [1, 3], створеної Постановою Ради Міністрів Української РСР від 21.03.1984 р. № 139 «Про доповнення списку державних пам'яток природи республіканського значення», Постановою Ради Міністрів Української РСР від 12.10.1992 р. № 584 «Про зміну деяких рішень Уряду України у зв'язку з прийняттям Закону України «Про природно – заповідний фонд України від 11.11.2014 р. №360 «Про затвердження Положення про геологічну пам'ятку природи загальнодержавного значення «Старуня» [2].

Привернути увагу урядових, природоохоронних, громадських організацій, науковців, туристів, краєзнавців до пам'ятки природи «Старуня» для її подальшого вивчення в 1932 році INQUA – Міжнародного Союзу з вивчення четвертинного

періоду. У березні 1977 р. після землетрусу у горах Вранча (Румунія) на Старунському озокеритовому родовищі виник єдиний у Карпатах діючий грязьовий вулкан, який своїми виверженнями активно і, що важливо, заздалегідь, реагує на землетруси не тільки на території Карпат, Альп, Кавказу, але й на інших континентах, Гімалаях в Азії, Андах в Південній Америці [2].

У 1970-80х роках українськими археологами виявлено кілька десятків багат шарових стоянок давньої людини епох пізнього палеоліту, мезоліту та неоліту, бронзової доби культури шнурової кераміки та середньовічної Руси. Тим самим, до Старуні як унікального феномену палеонтології і вулканізму додався ще й феномен археології [1].

Усі численні міждисциплінарні висліди польських та українських вчених 2004 – 2009 років [4] підтверджують унікальність Старуні

Важко переоцінити для світової наукової спільноти з археології та четвертинної геології, туристичного бізнесу, історії давніх цивілізацій значення всесвітньовідомої геологічної пам'ятки природи загальнодержавного значення «Старуня» [1, 3], створеної Постановою Ради Міністрів Української РСР від 21.03.1984 р. № 139 «Про доповнення списку державних пам'яток природи республіканського значення», Постановою Ради Міністрів Української РСР від 12.10.1992 р. № 584 «Про зміну деяких рішень Уряду України у зв'язку з прийняттям Закону України «Про природно – заповідний фонд України від 11.11.2014 р. № 360 «Про затвердження Положення про геологічну пам'ятку природи загальнодержавного значення «Старуня» [2].

Привернути увагу урядових, природоохоронних, громадських організацій, науковців, туристів, краєзнавців до пам'ятки природи «Старуня» для її подальшого вивчення та підняття категорійності заповідання від «пам'ятки природи» до «геопарку Льодовикового періоду»

Старуня – це палеонтологічне місцезнаходження муміфікованої природнім середовищем так званої мамонтової фауни четвертинного зледеніння. Міжнародна наукова спільнота достойно оцінила ці унікальні відкриття, організовані музейні експозиції, опубліковані ряд статей та книг, виступи на ТБ та ін., а методичні засади вивчення матеріалів Старуні були закладені в основу заснування на Міжнародному геологічному конгресі у рності віднайти природньо забальзамовані рештки туш мамонтів, інших викопних тварин та прадавніх людей, наших пращурів – кроманьйонців, спрямовані на вивчення першоджерел походження людини, без сумніву, могли б стати в один ряд з відкриттями та науковими сенсаціями світового масштабу. Такі знахідки можна здійснити лише організувавши Старунський геодинамічний полігон та Міжнародний еколого – туристичний центр «Геопарк Льодовикового періоду». Спільними зусиллями буде досягнуто вагомих результатів у вирішенні багатьох проблем:

природоохоронної та наукової – реконструкція палеоекологічних умов розвитку біоти за останні 100-150 тисяч років, що важливо для прогнозування глобальних кліматичних змін;

туристично – рекреаційної – обґрунтування розвитку екологічного та наукового туризму, сільського зеленого туризму та туристичного бізнесу у рекреаційній зоні Прикарпаття;

соціальної та лікувальної – розширення можливостей солегрязеозокеритолікування, організації у Старуні відповідних лікувальних закладів та створення нових робочих місць для населення Старуні та Старобогородчанської об'єднаної територіальної громади, покращення демографічної ситуації, зниження антропогенного (техногенного) впливу на природні екосистеми та здоров'я населення.

1932 році INQUA – Міжнародного Союзу з вивчення четвертинного періоду. У березні 1977 р. після землетрусу у горах Вранча (Румунія) на Старунському озокеритовому родовищі виник єдиний у Карпатах діючий грязьовий вулкан, який своїми виверженнями активно і, що важливо, заздалегідь, реагує на землетруси не тільки на території Карпат, Альп, Кавказу, але й на інших континентах, Гімалаях в Азії, Андах в Південній Америці [2].

У 1970-80х роках українськими археологами виявлено кілька десятків багат шарових стоянок давньої людини епох пізнього палеоліту, мезоліту та неоліту, бронзової доби культури шнурової кераміки та середньовічної Руси. Тим самим, до Старуні як унікального феномену палеонтології і вулканізму додався ще й феномен археології [1].

Усі численні міждисциплінарні висліди польських та українських вчених 2004 – 2009 років [4] підтверджують унікальність Старуні у світовому масштабі, вимагають збереження і подальше дослідження палеонтологічних знахідок та діючого єдиного у Карпатах грязьового вулкану. Продовження досліджень необхідні для підняття статусу геологічної пам'ятки «Старуня» від її нинішньої найнижчої категорії «пам'ятки природи» природно – заповідного фонду загальнодержавного значення до найвищої категорії – міжнародного «геопарку» згідно вимог ЮНЕСКО, побудови еколого - технологічних моделей ГІС, 3D, ІТ Старуні та рекомендації по їх створенню для інших природно – заповідних територій України та зарубіжжя.

Юрків В.М.

Студентка гр. ЕКО-22-1

Сисак К.О.

к.т.н., доцент кафедри екології

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЗСУВНІ ТА КАРСТОВІ ПРОЦЕСИ У ДНІСТРОВСЬКОМУ КАНЬЙОНІ

У 1981 р. Чернівецька гідрогеологічна партія ДГП «Західукргеологія» (Г. І. Рудько та ін.) виконали першу оцінку розповсюдження небезпечних екзогеодинамічних процесів (зсувів, селей, обвалів, осипищ, суфозій, ерозії) на території Західного регіону України. Був складений кадастр зсувів, у тому числі і на досліджуваний нами район Дністровського каньйону, включаючи право- і лівобережжя долини Дністра в межах Тернопільської та Івано-Франківської областей. Тоді було зафіксовано 45 зсувів різної стадії активності на площі 1400 га або 1 400 0000 м². Загальна площа потенційної зсувонебезпечності складала 120 км² або 120 000 000 м².

Пройшло 25 років і тепер, за даними дешифрування космічних знімків М. В. Арістова і О. В. Тимченко, маємо 84 зсуви загальною площею 8 км² (8 000 000 м²), із них активними є 17 зсувів. Прогнозована зсувонебезпечна територія складає 12 км² (12 000 000 м²). Зсуви мають різну будову, морфологію, генезис і розміри. Відрізняються і умови їх виникнення та активізації, хоча першопричина, в першу чергу, природна: різко розчленований рельєф, обумовлений активними неотектонічними рухами, чергування водопроникних і водотривких порід у глибоких річкових долинах, періодичні епохи надмірного зволоження і т. ін.

Щоб оцінити масштаб вражень геоморфосфери (рельєфу) зсувними процесами скористаємось формулою:

$$sE_{ГМ}^{зсув} = \frac{S_{зсув}}{S_{ГМ}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

де $sE_{ГМ}^{зсув}$ – частка в % площі зсувів, тобто природних екологічних змін геоморфосфери (ГМ) під впливом зсувів;

$S_{зсув}$ – площа зсувів;

$S_{ГМ}$ – площа прогнозованих зсувних процесів.

Підставивши в цю формулу наведені вище цифри, отримаємо:

$$sE_{ГМ}^{зсув} = \frac{14000000}{120000000} = 0,116 \quad \text{або } 11,6 \% \quad \text{у 1981 р.}$$

$$sE_{ГМ}^{зсув} = \frac{8000000}{12000000} = 0,66 \quad \text{або } 66 \% \quad \text{у 2026 р.}$$

За 25 років площа активізованих зсувів зростає з 11,6 до 66 %, тобто в 6 разів. Якщо ж нинішню зсувонебезпечну площу у 12 км² порівняти з загальною площею зсувонебезпечного району у 720 км², то враженість зсувами складає 1,5 %, що є значним показником, значно вищим, ніж такий для усієї території Івано-Франківської (0,5 %), Тернопільської (0,3 %) або Львівської (0,7 %) областей. Звідси висновок: необхідні термінові заходи для запобігання розповсюдження зсувів на цій у майбутньому природоохоронній території національного природного парку «Дністровський каньйон».

Яких природних змін зазнало геологічне середовище під впливом карстових процесів? Ми їх оцінюємо як відношення площі та об'єму карстових порожнин відповідно до площі та об'єму закарстованого геологічного середовища:

$$sE_{ГС}^{карст} = \frac{S_{карст}}{S_{ГС}}, \quad (2)$$

$$vE_{ГС}^{карст} = \frac{V_{карст}}{V_{ГС}}, \quad (3)$$

де $sE_{ГС}^{карст}$ і $vE_{ГС}^{карст}$ – частка у відсотках площі та об'єму закарстованого геологічного середовища, тобто природні екологічні зміни геологічного середовища (ГС) під впливом карстових процесів;

$S_{карст}$ – площа печер закарстованого ГС;

$V_{карст}$ – об'єм печер закарстованого ГС;

$S_{ГС}$ – площа ГС, де розповсюджені карстові процеси;

$V_{ГС}$ – об'єм ГС, де розповсюджені карстові процеси.

У нашому випадку:

$S_{карст} = 710,8$ тис. м²,

$V_{карст} = 1459,2$ тис. м³,

$S_{ГС} = 1900$ км² = 1 900 000 000 м²,

$V_{ГС} = 1\,900\,000$ м² × 50 м = 95 000 000 000 м³.

Підставляємо цифри у відповідні формули (2) і (3) та отримуємо:

$$sE_{ГС}^{карст} = \frac{710800}{1900000000} = 0,0004 \quad \text{або } 0,04 \text{ \%}$$

$$vE_{ГС}^{карст} = \frac{1459200}{95000000000} = 0,000015 \quad \text{або } 0,0015 \text{ \%}$$

Розрахунки свідчать, що природні порушення – екологічні зміни геологічного середовища – незначні, як за площею розповсюдження карстових процесів (0,04 %), так і за об'ємом печерних порожнин (0,0015 %).

Таким чином, геологічне середовище Подільського Придністров'я зазнало значних змін під впливом підземних карстових процесів природного характеру. Значна розчленованість неогенових відкладів блоками і розломами, переміщення окремих блоків відносно сусідніх на десятки метрів, ураженість їх густими сітками тріщин сприяло карстуванню гіпсо-ангідристової товщі та утворенню гігантських лабіринтів. Ці системи є найбільшими у світі, унікальними в геологічному, гідрогеологічному, спелеологічному відношеннях. Це безцінний дар Тернопільщині від природи. На жаль, в останні роки увага науковців,

краєзнавців, природоохоронців до печер Поділля значно і незаслужено знизилась.

Необхідно на сучасному рівні довивчити ці печерні системи, дати їх науковий та популярний опис, розробити туристичні маршрути, видати путівники та карти, облаштувати печери для відвідування. Без сумніву, ці об'єкти стануть всесвітньо відомими та принесуть Тернопільщині чималі прибутки для соціально-економічного розвитку області.

Ця ідея підтримується і практично втілюється завдяки активній позиції ректору ІФНТУНГ. Архітектурно – ландшафтний проект Парку створений вченими університету демонструється у Геологічному музеї університету.

Маємо тверде переконання в необхідності державної підтримки української науки, заходів для вивчення, популяризації та збереженні для майбутніх поколінь унікального феномену Старуні, що також прямо пов'язане з позитивним, успішним вирішенням соціально – економічних, туристично – рекреаційних проблем нашого регіону та держави.

Перелік посилань на джерела

1. Адаменко О. М., Карпаш О.М., Зорін Д.О. та ін. Старуня: Парк Льодовикового періоду. – Івано – Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. -212 с. + 204 іл.
2. Adamenko O.M.(2019). The Upper Pleistocene stratigraphy of the Starunia site as a “bridgy» between the stratigraphical frameworks of Western Europe and the plain area of Ukraine // *Jornal of Geology, Geography and Geoekology*, 28 (2), pp – 220.
3. Kotarba M.ed. (2009). Interdisciplinary studies (2006 - 2009) at Starunia (Carpathian region, Ukraine) – the area of discoveries of wooly rhinoceroses // *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79 (3), pp. 217 – 480.

УДК 504.064:628.4

Василів Н. Ю.

асистент кафедри технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА РІВНЕМ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

Система спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунтів є важливою складовою екологічного моніторингу та забезпечення екологічної безпеки територій. Її основною метою є своєчасне виявлення негативних змін у ґрунтовому покриві, оцінка динаміки накопичення забруднювальних речовин і прогнозування можливих екологічних ризиків для природних екосистем та здоров'я населення. Організація моніторингових спостережень повинна базуватися на систематичному контролі фізико-хімічних

властивостей ґрунтів у різні сезони року та за різних типів землекористування. Особливу увагу необхідно приділяти територіям інтенсивного антропогенного навантаження, зокрема районам діяльності промислових підприємств, транспортних магістралей, полігонів відходів, сільськогосподарських угідь із надмірним внесенням мінеральних добрив і пестицидів. Одним із ключових принципів організації спостережень є комплексність досліджень, що передбачає визначення вмісту важких металів, залишків агрохімікатів, нафтопродуктів та інших токсичних речовин. Паралельно здійснюється контроль кислотності, сольового режиму, вмісту гумусу та біогенних елементів, оскільки зміни цих показників суттєво впливають на міграцію та акумуляцію забруднювачів у ґрунтовому середовищі. Важливим елементом моніторингу є просторове та часове охоплення досліджень. Для отримання достовірної інформації необхідно проводити регулярний відбір проб у визначених контрольних точках із врахуванням особливостей рельєфу, гідрогеологічних умов, типу ґрунтів та характеру господарської діяльності. Довготривалі спостереження дозволяють оцінювати тенденції зміни стану ґрунтів і виявляти осередки локального забруднення.

Ефективна система спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунтів повинна поєднувати польові дослідження, лабораторний аналіз і сучасні геоінформаційні технології. Використання GIS-технологій, цифрових карт та баз даних забезпечує можливість оперативного аналізу результатів, моделювання екологічних ризиків і прийняття обґрунтованих природоохоронних рішень.

Отже, організація моніторингу хімічного забруднення ґрунтів має здійснюватися на засадах системності, регулярності, комплексності та наукової обґрунтованості. Реалізація таких підходів сприятиме своєчасному виявленню небезпечних екологічних процесів, збереженню родючості ґрунтів та підвищенню рівня екологічної безпеки територій.

Перелік використаних джерел

1. T.J. Keegan, M.E. Farago, I. Thornton, Bing Hong, R.N. Colville, B. Pesch, P. Jakubis, M.J. Nieuwenhuijsen. Dispersion of As and selected heavy metals around a coal-burning power station in central Slovakia, Science of The Total Environment, Volume 358, Issues 1–3, 2006, Pages 61-71, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.03.020>.

2. Турбота про ґрунти в умовах війни та миру: стан, моніторинг та управління: зб. тез Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 5 груд. 2024 р.). [Електронне видання] / ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського». Харків, 2025. 133 с. URL: <https://drive.google.com/file/d/1iLf1WiIVjSZ4kvOjBsoqPF3UJDu3ErX0/view>

3. Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції (Харків, 20 жовтня 2022 р.). [Електронне видання]. Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2022. 174 с. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya>

СЕКЦІЯ 3

“ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТА СТІЙКОГО РОЗВИТКУ”

УДК 504.064:556.166:004

Гнатишин І.¹

Науковий керівник – Мандрик О.М.²

д.т.н., професор кафедри екології

¹Дністровське басейнове управління водних ресурсів

²Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПАВОДКОВИХ ПРОЦЕСІВ В МЕЖАХ РІЧКОВОГО БАСЕЙНУ ДНІСТРА

Зміни у навколишньому середовищі відбуваються під впливом природних і зумовлених діяльністю людини біосферних факторів. Саме у спостереженні за довкіллям, оцінюванні його фактичного стану, прогнозуванні його розвитку полягає сутність моніторингу.

Моніторинг довкілля – система спостереження і контролю за природними, природно-антропогенними комплексами, процесами, що відбуваються у них, навколишнім середовищем загалом, з метою раціонального використання природних ресурсів і охорони довкілля, прогнозування масштабів неминучих змін [1].

Предметом моніторингу довкілля як науки є організація і функціонування системи моніторингу, оцінювання і прогнозування стану екологічних систем, їх елементів, біосфери, характеру впливу на них природних і антропогенних факторів.

Об'єктом моніторингу довкілля, залежно від рівня та мети досліджень, можуть бути навколишнє середовище, його елементи і джерела впливу на довкілля.

При виконанні своїх функцій моніторинг довкілля використовує різні методи отримання первинної та вторинної інформації. Зокрема, одним із методів отримання первинної інформації є безпосередні спостереження на відповідних автоматизованих постах.

Геоєкологічні дослідження на Прикарпатті розпочались лише після досягнення незалежності України. За два десятки років геоєкологічні дослідження накопичилась така велика кількість інформації про природні ресурси та їхній екологічний стан, про екологічну ситуацію у Західному регіоні України, що її аналіз вимагає широкого впровадження геоінформаційних систем

(ГІС) та створення регіональних і локальних ГІС екологічного аудиту, моніторингу довкілля та екологічної безпеки, узгоджених з Європейською ГІС та з сучасним апаратним та програмним забезпеченням [2].

Верхів'я річкового басейну Дністра знаходиться в зоні розвинутої зливної діяльності атмосфери і відповідно зоні підвищеного ризику щодо виникнення водних стихій та проявів їх шкідливої дії, що спричиняє різні за масштабами, у тому числі й катастрофічні затоплення, підтоплення і перезволоження територій, ураження інженерних інфраструктур та комунікацій з руйнівними наслідками. У зв'язку зі щільною гідрологічною сіткою та великою кількістю приток, які під час проходження паводку збирають поверхневий стік із значних територій, спрогнозувати підйом рівня води та провести оцінку якості води на окремих ділянках не вдається через відсутність автоматичних постів. Варто зазначити, що 70% річкового стоку в басейні Дністер формується в межах Івано-Франківської та Львівської областей. Аналіз проходження паводку у 2020 році показав, що важливо отримувати оперативну інформацію саме з приток річки Дністер у межах цих областей.

На даний час, на базі Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу розроблена геоінформаційна система моніторингу стану річкових вод – «ГІС Дністер» на базі сучасних апаратно-програмних засобів, параметруванні ультразвукового сенсора рівня XPS10 разом зі «smart»-перетворювачем Multiranger 100 та дослідження ехо-профілів ультразвукових сигналів на базі інструментарію «DELPHIN PLUS V1.5». Розроблена «ГІС Дністер» змонтована на опорі старого моста через ріку Дністер в м. Галич (Івано-Франківська область) [3].

«ГІС – Дністер» призначена для здійснення віддаленого моніторингу основних метеорологічних параметрів річкових вод і навколишнього середовища в контрольованих точках і передачі вимірювальних та візуальних даних для їх подальшої обробки, візуалізації, документування і тривалого зберігання. Система дозволяє організовувати локальні і центральні диспетчерські пункти і функціонує в режимі реального часу. Один із таких диспетчерських пунктів встановлено в службі техногенно-екологічної безпеки на базі Дністровського басейнового управління водних ресурсів.

Система розроблена як єдиний апаратно-програмний комплекс з розподіленою архітектурою і оптимізована для роботи з віддаленими об'єктами моніторингу і локальними та центральним диспетчерськими пунктами. Відповідно до технічного завдання, система здатна виконувати будь-які задачі зі збору, первинної обробки, передачі та зберігання контрольованих параметрів, візуального спостереження на базі ІР-камер.

В розширеному варіанті системи передбачено можливість контролю додаткових параметрів (мутність води, швидкість течії та фізико-хімічних показників якості води).

Наявність геоінформаційної системи моніторингу стану річкових вод, «ГІС Дністер», дозволяє відстежувати в режимі онлайн рух паводкової хвилі, оцінювати час добігання та очікувані значення рівнів води.

Перелік посилань на джерела

1. Геоінформаційні дослідження водних екосистем України: моніторинг та прогнозування. – Івано-Франківськ: Супрун В.П., 2022. – 212 с.
2. Стан довкілля у річкових долинах з катастрофічними паводками. Перший етап екологічних досліджень на Дністровському протипаводковому полігоні (2012-2018 рр.): монографія / за редакцією Олега Адаменка. – Івано-Франківськ: Голіней О. М., 2018. – 241 с.
3. Геоінформаційна система моніторингу вод ріки Дністер – «ГІС Дністер». Івано-Франківськ. – 2020.

UDC 504.064:004.9

Hrytsuliak V.¹

Student of group PT-25-1

Academic supervisor: **Ionane Nadiia¹**

¹Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

USING DIGITAL SENSOR SYSTEMS TO MONITOR THE ECOLOGICAL STATE OF THE ENVIRONMENT

The current state of the environment requires constant, prompt and reliable control. Traditional methods of environmental monitoring, based on periodic sampling and laboratory analysis, remain important, but do not always provide rapid detection of changes in the environment. In this regard, the importance of digital sensor systems, which enable continuous monitoring of environmental parameters in real or near-real time, is increasing.

Digital sensor systems are a set of technical tools that include sensors, data acquisition and transmission modules, software, cloud platforms, analytical tools, and visualization interfaces. They can be used both in stationary observation points and in mobile laboratories, on unmanned aerial vehicles, in industrial zones, urban environments, nature conservation areas and agricultural lands[1,2].

One of the most common areas of application of digital sensors is monitoring the quality of atmospheric air. Sensors can record concentrations of dust PM_{2.5} and PM₁₀, nitrogen oxides, sulfur dioxide, ozone, carbon monoxide, volatile organic compounds, as well as temperature, humidity and atmospheric pressure. According to the European Environment Agency, air pollution remains the biggest environmental risk to public health in Europe, so the development of air quality monitoring systems is important for management decisions. An important advantage of digital sensor systems is the possibility of creating a dense network of observations. Unlike a limited number of stationary posts, sensor networks can cover a larger area and record local sources of pollution: transport highways, industrial enterprises, construction sites, waste landfills, boiler houses, etc. Such data make it possible to create pollution maps, identify dangerous areas and forecast environmental risks [3,4].

In addition to atmospheric air, digital sensors are widely used to monitor water bodies. They make it possible to determine water temperature, pH level, electrical conductivity, turbidity, content of dissolved oxygen, nitrates, phosphates and other indicators. This is especially relevant for monitoring the state of rivers, lakes, reservoirs, wastewater, water supply systems and territories subject to anthropogenic stress. In soil monitoring, sensor systems are used to assess humidity, temperature, electrical conductivity, acidity, salinity, as well as to control plant growth conditions. In combination with geographic information systems, such data can be used to identify degraded lands, pollution zones, areas at risk of erosion or moisture deficit. This is important both for environmental protection activities and for sustainable agricultural production [2,3]. Digital sensors play a special role in early warning systems for environmental hazards. They can record a sharp increase in the concentration of pollutants, a change in the water level, temperature anomalies, smoke, excess noise or other signs of potential danger. Thanks to this, the responsible services can respond more quickly to emergency situations and reduce their impact on the population and ecosystems.

Modern digital environmental monitoring systems are increasingly integrated with the technologies of the Internet of Things, artificial intelligence, cloud computing and satellite surveillance. UN Environment programs emphasize the importance of digital platforms, data standards and transparent monitoring to achieve the Sustainable Development Goals. Such approaches allow not only to accumulate information, but also to analyze it, identify patterns and predict changes in the state of the environment.

At the same time, the use of digital sensor systems has a number of problems. First of all, this is a question of measurement accuracy. Inexpensive sensors can be sensitive to temperature, humidity, dust, equipment aging, and operating conditions. The European Commission notes that data from public and low-cost sensors need quality control, calibration and coordination with reference stations, otherwise it is difficult to integrate them into official monitoring systems.

Another challenge is managing large amounts of environmental data. Effective use of sensor information requires uniform formats, standards, data provenance, platform compatibility, and information availability for authorities, scientists, and the public. The UNEP Global Environmental Data Strategy identifies quality, traceability, interoperability, availability and capacity development as key conditions for the effective use of environmental information.

A promising direction is the use of sensor systems to control greenhouse gas emissions. The World Meteorological Organization is developing the Integrated Global Greenhouse Gas Information System, which aims to improve the assessment of greenhouse gas sources and sinks and provide governments, cities and organizations with reliable data for climate policy. This indicates the growing role of digital monitoring not only at the local, but also at the global level.

REFERENCES

1. Taştan M. (2022). A low-cost air quality monitoring system based on Internet of Things for smart homes. [Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments]. Volume 14, 351 – 374.

2. Alsamrai O. et all. (2024). A Systematic Review for Indoor and Outdoor Air Pollution Monitoring Systems Based on Internet of Things. [Sustainability]. 16(11), 23-48.

3. Collado E. et all. (2024). Open-source Internet of Things (IoT)-based air pollution monitoring system with protective case for tropical environments [HardwareX]. 19.

4. Kukre V. et all (2023). Air Quality Monitoring Sytem using IoT and Machine Learning. [International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science]. 2422-2425.

5. Hura V. and Monastyrskii L. (2023). IoT-based Solution for Detection of Air Quality using ESP32. [Artificial Intelligence]. 3, 86-93.

UDC 504.064.36:004.9

Kaiuk Sofiia

Student of group TZ-25-1

Academic supervisor:

Tetiana Halai¹

PhD., associate professor at English Language Department,

Kupchak Natalia¹

¹Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,

DIGITAL PLATFORMS FOR MONITORING THE STATE OF THE ENVIRONMENT

Digital platforms for monitoring the state of the environment are an important tool for modern environmental activities, as they allow for rapid acquisition, processing, analysis and visualization of large volumes of environmental information. In modern conditions, traditional methods of monitoring the state of the environment, which are based mainly on field measurements, no longer always provide the necessary speed and completeness of data. This is especially relevant in the conditions of climatic changes, increasing levels of pollution of atmospheric air, water resources and soils, degradation of ecosystems, loss of biodiversity, and an increase in the number of emergency situations of a natural and man-made nature. That is why digital platforms are becoming an integral part of environmental monitoring, because they combine satellite data, the results of ground observations, geographic information systems, open databases, elements of artificial intelligence and spatial analysis tools.

The purpose of using digital platforms to monitor the state of the environment is to provide access to reliable, up-to-date and easy-to-analyze environmental information that can be used to make management decisions, conduct scientific research, forecast environmental risks, and increase the transparency of environmental protection activities. Among the best-known international digital platforms is the Copernicus Data Space Ecosystem, which provides access to satellite data from the Sentinel missions and is used to monitor the state of the land, atmosphere, marine environment, climate and emergency situations. Also important is NASA Earthdata, a

platform that provides open access to NASA data about the Earth and is used to study climate processes, the state of the atmosphere, water resources, vegetation cover, fires, and changes in the Earth's surface. Google Earth Engine is widely used for processing large arrays of satellite images, which allows analyzing changes on the Earth's surface, evaluating the dynamics of land use, the state of vegetation, deforestation, the effects of droughts, floods, and other environmental processes.

In the European space, an important role is played by the Datahub of the European Environment Agency, which collects verified data on the environment, climate and sustainable development. This platform is used for the comparative analysis of the environmental situation in different countries, the formation of environmental policy and the preparation of analytical reports. The World Environment Situation Room of the UN Environment Program is also a global tool, which aims to provide up-to-date and reliable environmental information to support decision-making at the international, national and regional levels. Individual platforms have a specialized purpose. For example, Global Forest Watch is used to monitor the state of forests, identify deforestation, changes in forest cover, and threats to forest ecosystems. To assess atmospheric air quality, digital resources are used that provide information on the air quality index in real time, the level of pollution by fine dust, nitrogen oxides, ozone and other pollutants.

In Ukraine, an important step in the direction of digitization of the environmental protection sphere is the functioning of the national online platform "EkoSystem", which combines electronic services and information on the state of the environment. It provides access to data and services in the field of waste management, environmental impact assessment, environmental control, protection of atmospheric air, water resources, forests and other areas of environmental protection. Such digital tools are especially important for Ukraine in the context of military operations, as they can be used to record environmental damage, assess the state of contaminated areas, plan environmental restoration measures, and ensure transparency of environmental information.

The main advantages of digital platforms are the speed of obtaining data, the ability to analyze large areas, the availability of information for different groups of users, the integration of various data sources, the visualization of results in the form of maps, graphs and reports, as well as the support of decision-making in the field of environmental management. Thanks to such platforms, it is possible to identify sources of pollution, monitor changes in land use, assess the state of water resources, atmospheric air, soils, forests and biodiversity, predict environmental risks and plan environmental protection measures. At the same time, their use has certain limitations, including the need for high-quality initial data, the need for professional interpretation of the results, different spatial and temporal resolution of information, technical limitations of access to individual data sets, as well as the need for digital literacy of users.

Digital platforms for monitoring the state of the environment are an important component of a modern environmental management system. They contribute to increasing the effectiveness of monitoring the state of the natural environment, ensure the openness of environmental information, help to respond to environmental threats

in a timely manner and make scientifically based decisions. For Ukraine, the development and implementation of such platforms is of particular importance in the context of European integration, post-war reconstruction, assessment of the environmental consequences of military actions, improvement of state environmental control and implementation of the principles of sustainable development.

REFERENCES

1. European Environment Agency. *Air quality status report 2025*.
 2. European Commission. *Air pollution data from citizen-operated sensors improved by novel quality control system*, 2025.
 3. UNEP. *About Digital Transformation*.
 4. UNEP. *Global Environmental Data Strategy*.
- World Meteorological Organization. *Integrated Global Greenhouse Gas Information System*.

UDC 004:502.3:005.5

Matsola M.¹

PhD in Economics,

Head of the Department of Management in Information Technology

Kaziuka N.¹

PhD in Economics,

Associate Professor of the Department of Management in Information Technologies

Khudik I.¹

a student in the MIT-31 group

Soyko Y.¹

a student in the MIT-31 group

¹*Vasyl Stefanyk Carpathian National University National University*

DIGITAL PLATFORMS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE CONDITIONS OF SMART SOCIETY TRANSFORMATION

The emergence of digital ecology and green transformation requires a rethinking and updating of the conceptual and categorical framework of environmental management. In today's context, classic terms such as "sustainable development," "environmental safety," and "resource conservation" are taking on new meanings thanks to digital technologies – in particular, artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), digital twins, and cyber-physical systems – in this context, a new conceptual language of environmental management is emerging, encompassing such categories as "digital ecosystem," "environmental management platform," "green digital transfer," "environmental data-driven management," "environmental intelligence," and others [4, p. 33].

The development and widespread adoption of digital platforms contribute to the formation of an effective system of interaction between government agencies,

businesses, research institutions, and the public in the field of environmental safety and natural resource management [1, p. 7]. These processes underscore the relevance of studying and justifying the place, functionality, and role of digital platforms in the environmental management system, as well as determining the prospects for their use in the context of the development of a smart society. An important aspect that must be highlighted when considering this issue is ensuring timely access to environmental information, improving the effectiveness of environmental monitoring, and creating conditions for making informed management decisions. The use of digital technologies – environmental data collection systems, analytical platforms, and visualization tools – provides timely access to information, allowing for rapid adjustments to strategies and approaches in real time [4, p. 52].

First and foremost, digital platforms enable the collection, processing, analysis, and visualization of large volumes of environmental data in real time, which is particularly relevant in the context of global environmental risks and crisis situations [2]. Digital platforms and systems also open up new opportunities for transparency, openness, and accessibility of environmental information for a wide range of stakeholders, including the public, researchers, government officials, and the business community – this raises the level of environmental awareness in society, fosters a responsible attitude toward the natural environment, and stimulates cross-sectoral collaboration to achieve common sustainable development goals, thereby increasing the potential for the effective implementation of environmental policies and programs that address contemporary challenges and needs [4, p. 60].

In the context of the transformation toward a smart society, digital platforms for environmental management are becoming the foundation for the development of smart city and smart region concepts, which are focused on improving the quality of life for the population, energy efficiency, the rational use of resources, and minimizing negative environmental impacts. It is also worth highlighting the significant advantages of digital platforms, including: open access to environmental information, transparency of management processes, increased public participation, and the development of e-governance. Furthermore, the digitalization of environmental management facilitates the integration of ESG (Environmental, Social, Governance) principles into the operations of businesses and organizations.

The practical significance of implementing and using digital platforms on a daily basis lies in the ability to improve the effectiveness of environmental monitoring, optimize natural resource management, reduce environmental risks, and ensure the sustainable development of local communities. Looking ahead, the further development of digital environmental management requires the improvement of digital infrastructure, the development of cross-sectoral cooperation, the implementation of innovative IT solutions, and the development of digital competencies among specialists in the fields of ecology and management.

References

1. Andrejević Panić, Andrea & Milićević, Srđan & Cvetanovic, Slobodan & Mulic, Danica. (2025). Digital Transformation, Smart Innovation and Sustainable Development. *Ecologica*. 32. 1-8. DOI: 10.18485/ecologica.2025.32.117.1.

2. United Nations. The Impact of Digital Technologies. URL: <https://www.un.org/en/un75/impact-digital-technologies>
3. Żuchowski, Ireneusz & Sharlovych, Zoia & Mandych, Oleksandra. (2023). Digital transformation and technologies for sustainable development all branches of modern education, science and practice: International Scientific and Practical Conference Proceeding, January 26, 2023.
4. Екологічний менеджмент у системі цифрових інновацій сталого розвитку: стратегії для зеленої економіки, металургії та бізнесу : колективна монографія / за науковою редакцією д.філософ.н., проф. В. Г. Воронкової, д.е.н., проф. Н. Г. Метеленко. – Львів – Торунь : Liha-Pres, 2025. – 742 с.

UDC 004:502.3:005.5

Kaziuka N.¹

PhD in Economics,
Associate Professor of the Department of Management in Information Technologies

Sheketa Y.^{1,2}

PhD in Economics,
Senior Lecturer of the Department of Management in Information Technologies

Panchuk A.¹

a student in the MIT-31 group

Cherevko E.¹

a student in the MIT-31 group

¹*Vasyl Stefanyk Carpathian National University*

²*Ivano-Frankivsk Professional College of
Lviv National University of Natural Resources*

INNOVATIVE DIGITAL PLATFORMS FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF GLOBAL DIGITALIZATION

The digitalization of environmental management in the face of global challenges is one of the key areas of transformation in modern systems for the effective management of natural resources and environmental protection. Accelerating climate change, global warming, the destruction of ecological systems, the depletion of natural resources, intensifying urbanization processes, man-made disasters, and military risks are creating new demands on systems and frameworks for effective environmental management. Under these conditions, accelerating the development and implementation of digital technologies across various sectors has become a necessary prerequisite for ensuring a rapid response to environmental threats, improving the accuracy of forecasting, and making well-founded, balanced, and highly effective management decisions.

The current situation regarding global issues and challenges – such as climate change, the depletion of natural resources, environmental degradation, and the need to ensure sustainable development – underscores the need to integrate cutting-edge digital technologies into environmental management systems. It is worth noting that, in the context of the transformation of the smart society [1, c. 43], the development and implementation of highly efficient digital platforms are of particular importance, as they would enable the integration of information resources by combining the automation of monitoring processes, environmental data analytics, and support for management decisions.

An important tool for the digitalization of environmental management is the integration of information and analytical platforms that enable the centralized collection and processing of environmental data, while also analysing it. Such systems enable systematic and continuous monitoring of environmental parameters and other characteristics, the accumulation of large datasets, and the generation of analytical reports to support strategic decision-making. Thanks to the automation of management processes, the human factor is minimized, the accuracy of risk assessment is improved, and response times to environmental crises are reduced.

Artificial intelligence and machine learning technologies play a key role in digital transformation. Their application makes it possible to model scenarios of environmental change, analyse trends in ecological processes, and predict the potential consequences of natural and human-induced impacts. Machine learning algorithms are capable of identifying hidden patterns in environmental data, which significantly expands the possibilities for forecasting and planning environmental protection measures. This is particularly relevant in the context of uncertainty and the rapidly evolving nature of global challenges.

It is also worth noting that the implementation of Internet of Things (IoT) technologies, geographic information systems (GIS), cloud services, artificial intelligence, and Big Data analytics plays a significant role in the development of digital environmental management. In addition, the use of sensor networks and automated monitoring systems enables continuous monitoring of water, air, and soil quality, noise pollution levels, and other environmental indicators. In such cases, geographic information systems provide spatial analysis of environmental data, risk modelling, and forecasting of changes in the state of the environment. Meanwhile, artificial intelligence and machine learning tools facilitate the automation of information analysis processes, the identification of patterns, and support for strategic planning in the field of natural resource management [2].

An important component of digitalization is the use of geographic information systems and remote sensing. These technologies enable rapid mapping of territories, analysis of landscape changes, assessment of the state of natural resources, and identification of areas of environmental pollution. The use of satellite data allows for comprehensive monitoring of large territories and rapid response to changes in the environmental situation, even in hard-to-reach regions.

In the process of digitizing environmental management, cross-sectoral cooperation and the integration of environmental data into the e-governance system take on particular importance. This promotes transparency in management processes,

strengthens public oversight, and fosters a culture of environmental responsibility. At the same time, the development of digital environmental systems requires improvements in the regulatory framework, the development of digital infrastructure, cybersecurity, and the training of a new generation of specialists capable of working effectively in the context of digital transformation.

Thus, the digitalization of environmental management creates new opportunities to ensure the resilience of socio-economic systems to global challenges, improve the efficiency of natural resource use, and establish a modern model of environmentally oriented national development. Its further development is a strategic prerequisite for society's adaptation to contemporary global transformations and for ensuring the environmental security of future generations.

References

1. Gramchuk, Marina (2025). Integrated Model of «Smart City» as a Factor of Digitalisation and Ecologically Balanced Development: A Socio-Philosophical Analysis. *Humanities Studies*. 100. 35-45. DOI: 10.32782/hst-2025-23-100-04.
2. Żuchowski, Ireneusz & Sharlovych, Zoia & Mandych, Oleksandra. (2023). Digital transformation and technologies for sustainable development all branches of modern education, science and practice: International Scientific and Practical Conference Proceeding, January 26, 2023.
3. Сергієнко, Т & Крайнік, О & Куріс, Ю. (2025). Інноваційні вектори цифрової трансформації екологічного менеджменту в контексті зеленої економіки. DOI: 10.36059/978-966-397-542-9-3.

СЕКЦІЯ 4

“ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІННОВАЦІЇ ДЛЯ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ ЗЕМЛІ”

УДК 631.618:504.05

Ілюк М.Я.,
учениця 11 класу Ліцею №11
Галюк М.Я.,
вчитель хімії Ліцею №11
Івано-Франківської міської ради

ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

Проблема деградації земельних ресурсів унаслідок антропогенного впливу є однією з ключових екологічних загроз сучасності. Порухення ґрунтового покриву виникає внаслідок гірничодобувної діяльності, урбанізації, інтенсивного сільського господарства, а також військових дій, що особливо актуально для України. У результаті таких процесів змінюються фізико-хімічні властивості ґрунтів, знижується їх родючість, порушується структура біогеоценозів та відбувається накопичення токсичних речовин [1].

Ефективним шляхом відновлення порушених територій є рекультивація земель — науково обґрунтована система заходів, спрямована на відтворення продуктивності ґрунтів і стабілізацію екологічного стану довкілля. Традиційно розрізняють технічний та біологічний етапи рекультивації. Технічний етап передбачає формування рельєфу, нанесення родючого шару ґрунту, регулювання водного режиму та усунення джерел забруднення. Біологічний етап включає агротехнічні заходи, внесення органічних і мінеральних добрив, а також відновлення рослинного покриву [2].

У сучасних умовах дедалі більшого значення набувають інноваційні методи рекультивації, зокрема фіторе mediaція. Цей підхід базується на здатності окремих видів рослин акумулювати, трансформувати або стабілізувати забруднювачі, включаючи важкі метали. Використання рослин-акумуляторів дозволяє не лише зменшити рівень токсичності ґрунтів, але й відновити їх біологічну активність [3]. Паралельно застосовуються ґрунтові покращувачі, такі як біовугілля, компости та мікробіологічні препарати, що сприяють відновленню структури ґрунту та підвищенню його родючості [4].

Важливим елементом рекультиваційних заходів є екологічний моніторинг, який забезпечує контроль за станом відновлюваних територій та дозволяє оцінити ефективність застосованих технологій. Особливої актуальності це набуває в умовах післявоєнного відновлення, коли значні площі земель потребують комплексної оцінки та впровадження адаптованих підходів до їх відновлення [5].

Таким чином, рекультивація земель є складним багатокомпонентним процесом, що поєднує інженерні, біологічні та екологічні методи. Її ефективність визначається комплексністю підходу та врахуванням конкретних природних і антропогенних умов. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію технологій рекультивації та їх адаптацію до сучасних екологічних викликів.

Перелік використаних джерел

1. Bradshaw A. (2000). The Use of Natural Processes in Reclamation. *Advances in Ecological Research*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065250408604220>
2. Ghose M. (2004). Effect of Opencast Mining on Soil Fertility. *Journal of Environmental Quality*.
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/jeq2004.0069>
3. Ali H., Khan E., Sajad M. (2013). Phytoremediation of Heavy Metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651313001033>
4. Lehmann J., Joseph S. (2015). *Biochar for Environmental Management*. Routledge.
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203762264>
5. Dorosh O. et al. (2023). Land Restoration in Ukraine under War Conditions. *Environmental Research*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123001978>

УДК 31.95:581.5

Когут С.А.,

учениця 11-Б класу ліцею 11

Галюк М.Я.

вчитель хімії ліцею 11 Івано-Франківської міської ради

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ЯК ПРИРОДООРІЄНТОВАНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ

Забруднення ґрунтів важкими металами та органічними поллютантами є однією з найгостріших екологічних проблем України. Особливої актуальності це питання набуло в умовах воєнних дій, коли значні території зазнали техногенного впливу внаслідок вибухів, руйнування промислової інфраструктури, витоків пально-мастильних матеріалів і пожеж на об'єктах критичної інфраструктури. За даними сучасних досліджень, на постраждалих територіях фіксуються підвищені концентрації свинцю, кадмію, цинку, міді, хрому та нафтопродуктів, що призводить до деградації ґрунтового покриву, порушення мікробіологічної активності та зниження родючості земель [1].

У таких умовах особливого значення набуває впровадження природоорієнтованих рішень, здатних забезпечити екологічне відновлення територій без значного техногенного втручання. Одним із найбільш

перспективних підходів є фіторе mediaція — біотехнологічний метод очищення довкілля з використанням рослин, який розглядається як екологічно безпечна та економічно доцільна альтернатива традиційним інженерним способам рекультивації.

Механізм дії фіторе mediaції базується на здатності певних видів рослин поглинати, трансформувати або локалізувати забруднювальні речовини в ґрунтовому середовищі. Основними механізмами фіторе mediaції є: фітоекстракція — накопичення поллютантів у надземній біомасі рослин; фітостабілізація — закріплення токсичних сполук у кореневій зоні з метою зменшення їх міграції; фітодеградація — ферментативне розкладання органічних забруднювачів у тканинах рослин; ризодеградація — активізація ґрунтової мікрофлори в ризосфері, що сприяє біодеструкції токсикантів [2]. Для умов України перспективними рослинами-фіторе mediaторами є *Lavandula angustifolia* (лаванда вузьколиста) та *Lupinus albus* (люпин білий). Згідно з експериментальними дослідженнями, лаванда характеризується високою здатністю до акумуляції цинку, міді та нікелю, а також демонструє стійкість до зростання на деградованих і малородючих ґрунтах. Люпин білий, своєю чергою, має значний коефіцієнт біоконцентрації кадмію та свинцю, формує потужну кореневу систему та додатково збагачує ґрунт азотом завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями [3].

Окрім зазначених культур, перспективними для фіторе mediaційних проєктів в Україні є соняшник (*Helianthus annuus*), гірчиця сарептська (*Brassica juncea*) та верба енергетична (*Salix viminalis*), які можуть застосовуватися залежно від типу забруднення та ґрунтово-кліматичних умов регіону. Використання декількох видів рослин у межах однієї ділянки дозволяє підвищити ефективність очищення завдяки поєднанню різних механізмів поглинання та стабілізації поллютантів.

Економічна ефективність фіторе mediaції є вагомим аргументом на її користь. За оцінками дослідників, вартість очищення одного гектара забрудненого ґрунту методом фітоекстракції становить у середньому 2500–5000 USD, тоді як механічне видалення забрудненого шару ґрунту або його хімічна рекультивація потребують 50 000–100 000 USD на гектар [4]. Додатковими перевагами методу є низьке енергоспоживання, відсутність потреби у складному обладнанні, збереження структури ґрунту, попередження водної та вітрової ерозії, а також можливість поєднання рекультивації з озелененням територій.

Водночас слід враховувати й певні обмеження технології. Фіторе mediaція потребує тривалого часу для досягнення відчутного ефекту, залежить від сезонності, кліматичних умов та рівня токсичності забруднення. Крім того, після завершення циклу очищення необхідною є належна утилізація забрудненої рослинної біомаси для запобігання повторному потраплянню токсикантів у довкілля.

Таким чином, фіторе mediaція є перспективним природоорієнтованим інструментом екологічної реабілітації забруднених територій України. Її впровадження у стратегію сталого землекористування дозволить відновити продуктивність постраждалих сільськогосподарських угідь, зменшити міграцію токсичних речовин у поверхневі та підземні води, стабілізувати стан

деградованих екосистем і створити передумови для повернення території до безпечного господарського використання. Поєднання біотехнологічних підходів із природоорієнтованими рішеннями формує сучасну модель екологічного відновлення, що відповідає принципам сталого розвитку та післявоєнної відбудови України.

Перелік використаних джерел:

1. Yakymchuk A., Balanda O., Bzowska-Bakalarz M. Assessment of soil contamination of Ukraine with heavy metals during the war. *Scientific Papers of Silesian University of Technology*, 2024, No. 196.
2. Ali H., Khan E., Sajad M. A. Phytoremediation of heavy metals — Concepts and applications. *Chemosphere*, 2013, Vol. 91(7), P. 869–881.
3. Непошивайленко Н.О., Саванжа М.П. та ін. Порівняльний аналіз фітореMediaційних властивостей рослин. *Збірник наукових праць ДДТУ*, 2025, Т. 2, № 47.
4. Yan A., Wang Y., Tan S. N. et al. Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*, 2020, Vol. 11, Article 359.

УДК 620.91:697:37

Галюк П.О.,
учень 9 класу¹
Науковий керівник – **Галюк М.Я.**,
учитель хімії²

¹Івано-Франківського наукового природничо-математичного ліцею ім. І.

Пулюя Івано-Франківської міської ради

²Ліцей №1 Івано-Франківської міської ради

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ТА СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛА

У сучасних умовах зростання вартості енергоресурсів та посилення вимог до скорочення викидів парникових газів особливого значення набуває підвищення енергоефективності будівель. Значна частина споживання енергії припадає на сектор громадських будівель, зокрема заклади освіти. Тому впровадження енергоефективних технологій у ліцеях є важливим напрямом зменшення енергоспоживання та декарбонізації енергетичного сектору [1].

Будівлі навчальних закладів характеризуються значними витратами теплової енергії на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. При цьому суттєва частина тепла втрачається через вентиляційні системи та недостатню ефективність інженерного обладнання. Одним із перспективних рішень підвищення енергоефективності є застосування систем рекуперації тепла, які

дозволяють повторно використовувати теплову енергію відпрацьованого повітря [2].

Рекуперація тепла здійснюється за допомогою теплообмінників, у яких тепле повітря, що видаляється з приміщення, передає частину своєї енергії холодному припливному повітрю. Завдяки цьому припливне повітря надходить до приміщення вже попередньо нагрітим, що зменшує потребу у додатковому нагріванні. Коефіцієнт ефективності сучасних рекуператорів може становити 60–80 % [3].

Ще одним ефективним способом підвищення енергоефективності є використання теплових насосів. Теплові насоси типу «повітря–вода» використовують теплову енергію навколишнього середовища для нагрівання теплоносія у системах опалення та гарячого водопостачання. Ефективність їх роботи визначається коефіцієнтом перетворення (COP):

$$\text{COP} = Q : W$$

де Q – кількість отриманої теплової енергії,

W – витрати електричної енергії.

Для сучасних теплових насосів значення коефіцієнта перетворення становить 3–4, що означає отримання 3–4 одиниць теплової енергії з кожної одиниці спожитої електроенергії [4].

Комплексне використання систем рекуперації тепла та теплових насосів дозволяє значно знизити енергоспоживання будівлі навчального закладу. Крім економії енергоресурсів, це сприяє зменшенню викидів парникових газів та підвищенню екологічної ефективності експлуатації будівель.

Отже, впровадження теплових насосів та систем рекуперації тепла у будівлях закладів освіти є ефективним інструментом підвищення енергоефективності та декарбонізації. Реалізація таких технологічних рішень дозволяє зменшити споживання енергоресурсів, знизити експлуатаційні витрати та сприяти формуванню екологічно відповідального ставлення до енергоспоживання.

Перелік використаних джерел:

1. International Energy Agency. Energy Efficiency 2022. Paris: IEA, 2022.
2. Hepbasli A., Kalinci Y. A review of heat pump water heating systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009.
3. Kalogirou S. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press, 2014.
4. Dincer I., Rosen M. Thermal Energy Storage: Systems and Applications. John Wiley & Sons, 2011.
5. European Commission. Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). Brussels, 2020.

Чупірчук Володимир
вихованець Міської дитячої екологічної станції
Івано-Франківської міської ради
керівник - **Бадай Валентина Яремівна**,
методист, керівник гуртка

Міська дитяча екологічної станції Івано-Франківської міської ради

ДИНАМІКА ТЕМПЕРАТУР У КОНТЕКСТІ ЗМІНИ КЛІМАТУ В МІСТІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКУ

Кліматична ситуація в Івано-Франківську є відображенням глобальних процесів потепління, проте має свої регіональні особливості, зумовлені близькістю до Карпат. За останнє десятиліття місто демонструє стійку тенденцію до зростання середньорічних температур, що суттєво впливає на екосистему, міську інфраструктуру та якість життя мешканців.

Мета дослідження: дослідити зміни клімату в Івано-Франківську.

Завдання дослідження:

- здійснити аналіз температури повітря;
- прослідкувати тенденцію зміщення температури повітря;
- оцінити вплив зміни температури повітря на галузі народного

господарства.

Дослідження виконувалось із застосуванням системного і порівняльного методів аналізу та синтезу. При обробці фактичних даних використовувались розрахунково-аналітичні, графічні, математичні методи.

Спостереження за температурою повітря проводились в рамках Міжнародної програми GLOBE (Глобальне вивчення та спостереження з метою поліпшення довкілля) та використовувались протоколи даних температур, які заповнювались Міською дитячою екологічною станцією на сайті програми.

Почали спостереження з січня 2015 року і продовжуємо спостерігати і в даний час.

Аналіз проводили за таблицями та графіками по порах року.

Традиційна метеорологічна зима в регіоні скорочується або зникає взагалі, натомість тривалість літнього сезону збільшується. Це призводить до розбалансування природних циклів та збільшення вегетаційного періоду. Головною загрозою є не лише саме потепління, а зростання частоти аномалій — хвиль спеки (понад +30...+35°C), раптових заморозків навесні та руйнівних злив.

Ефект «теплого острова» в місті посилює температурний стрес. Без активного впровадження «зелених» та «блакитних» рішень (парки, водойми, еко-інфраструктура) комфортне проживання в центрі міста влітку стане критично складним.

Для мінімізації негативних наслідків потепління місту необхідні наступні кроки:

1. **Зелена інфраструктура:** Створення «кишенькових парків» та вертикальне озеленення фасадів для зменшення ефекту «теплового острова».
2. **Енергоефективність:** Термо модернізація будівель не лише для утеплення, а й для захисту від перегріву влітку.
3. **Громадські зони:** Облаштування «пунктів прохолоди» та встановлення водяних арок у пішохідних зонах.

Висновки

Івано-Франківськ переходить у зону більш м'якого, але водночас екстремального клімату. Зміна клімату є невідворотним фактором, що вимагає негайного перегляду підходів до містобудування та управління водними ресурсами регіону.

Перелік використаних джерел:

1. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / [С.П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. К. : НІСД, 2020. 110 с.
2. Нова кліматична ера: глобальне потепління може мати для України як негативні, так і позитивні наслідки. URL: <http://tyzhden.ua/Society/5585>
3. Тихомирова Є. Зміна клімату як складова міжнародних програм безпеки / Є. Тихомирова / Вісник Львівського університету. Серія міжнародні відносини. 2018. 44. С. 31-31.
4. <https://osvita.ua/vnz/reports/geograf/26084>
5. <https://globe.gov>

**Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів і
молодих вчених
АДАПТАЦІЯ ДО ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН ТА ВИКЛИКІВ: РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ
07.05.2026**

**Резолюція
за результатами Всеукраїнської науково-практичної конференції
здобувачів
і молодих вчених АДАПТАЦІЯ ДО ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН ТА ВИКЛИКІВ:
РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ**

В роботі конференції взяли участь представники з 11-х закладів вищої освіти України, 2-х інститутів Національної академії наук України, 1-го ландшафтно-регіонального парку, 1-го біосферного заповідника, 2-х фахових коледжів, 3 закладів середньої освіти, Міської дитячої екологічної станції, та трьох компаній. Географічно охоплено 7 областей України та м. Київ. Доповіді, представлені на конференції, відображають актуальні наукові дослідження за чотирма секціями:

1. Секція за спеціальністю G2 Технології захисту навколишнього середовища під назвою: **“Ресурсоефективні технології та інновації у захисті довкілля”** включає такі напрями:

- 1.1 Сучасні технології очищення води, повітря та ґрунтів;
- 1.2 Маловідходні, безвідходні та ресурсоефективні виробництва;
- 1.3 Екологічно безпечні технології управління відходами;
- 1.4 Відновлення порушених територій і рекультивація земель;
- 1.5 Біотехнології, фіторе mediaція та природоорієнтовані рішення;
- 1.6 Енергоефективність і декарбонізація виробничих процесів;
- 1.7 Радіаційна безпека в умовах існуючих викликів;
- 1.8 Безпека праці в умовах глобальних кліматичних змін.

2. Секція за спеціальністю E2 Екологія під назвою: **«Екологічна безпека та адаптація екосистем до глобальних змін»** включає такі напрями:

- 2.1 Збереження біорізноманіття в умовах антропогенних навантажень та змін клімату;
- 2.2 Екологічний моніторинг компонентів довкілля;
- 2.3 Оцінка екологічних ризиків і прогнозування стану довкілля;
- 2.4 Відновлення екосистем та забезпечення екологічної стійкості;
- 2.5 Екологічна політика, управління природокористуванням і стійкий розвиток;
- 2.6 Зелена енергетика;
- 2.7 Екологічна культура, освіта та свідомість.

3. Секція за спеціальністю F7 Інформаційні системи та технології під назвою: **Цифрові технології для екологічного моніторингу та стійкого розвитку**

- 3.1 GIS, дистанційне зондування Землі та просторовий аналіз екологічних даних;
- 3.2 Цифрові платформи для моніторингу стану довкілля;
- 3.3 Штучний інтелект і машинне навчання в екологічних дослідженнях;
- 3.4 Автоматизовані системи контролю якості води, повітря та ґрунтів;
- 3.5 IoT-рішення для управління природними ресурсами;
- 3.6 Цифровізація екологічної звітності, оцінки ризиків і підтримки прийняття рішень.

4. Секція для учнів 9-11 класів під назвою: «Технології та інновації для стійкого розвитку Землі»

На конференції було представлено 199 тез доповідей. У межах конференції 7 травня 2026 року відбулося пленарне засідання в змішаному форматі з можливістю онлайн-підключення. У ході засідання були представлені доповіді представників наукових установ, органів місцевого самоврядування, промислових підприємств та експертного середовища, присвячені актуальним питанням екологічної безпеки, сталого розвитку та сучасних викликів.

Роботу конференції продовжено секційними засіданнями, у межах яких представлено наукові результати дослідників, аспірантів, студентів і учнівської молоді. Тематика виступів охоплювала питання зміни клімату, моніторингу довкілля, раціонального природокористування, екологічної освіти та впровадження інноваційних технологій.

Окремою складовою програми став тренінг із використанням технологій віртуальної реальності (VR), а також ознайомлення з матеріально-технічною базою та лабораторіями університету.

Основні напрямки погодження учасників конференції:

1. Підсилення інтегрованості під час підготовки фахівців з технологій захисту навколишнього середовища та екологів. Підкреслити критичну важливість обох освітніх напрямів — «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» — у забезпеченні збалансованого промислового розвитку та екологічної безпеки. Сприяти їхній тісній інтеграції в освітньому процесі та професійній діяльності, визнаючи, що ефективне управління впливом на довкілля можливе лише за умови поєднання компетентностей випускників обох спеціальностей: екологічного аналізу, моніторингу та нормативного забезпечення — з інженерними рішеннями, технологічними інноваціями та практичними механізмами зниження негативного впливу на довкілля.

2. Консолідація зусиль у сфері сталого розвитку та екологічної безпеки. Сприяти посиленню взаємодії між закладами освіти, науковими установами, бізнесом, органами влади та громадськими організаціями задля розвитку досліджень і впровадження інновацій у сфері охорони довкілля, сталого розвитку та адаптації до сучасних викликів.

3. Розвиток молодіжної науки в ресурсозберігаючому та екологічному напрямках. Активізувати залучення студентів, аспірантів і молодих учених до виконання науково-дослідних і прикладних проєктів відповідно до тематики конференції. Посилити участь молоді у вирішенні актуальних екологічних проблем, зокрема у питаннях зміни клімату, моніторингу довкілля, раціонального природокористування та впровадження ресурсоефективних технологій.

4. Підтримка молодіжних наукових ініціатив. Сприяти діяльності рад молодих учених та інших професійних об'єднань у залученні молоді до наукової і дослідницької діяльності.

5. Розвиток партнерств. Сприяти створенню мережі контактів учасників конференції для подальшої наукової, освітньої та практичної співпраці, реалізації спільних проєктів і обміну досвідом. Поглиблювати співпрацю з національними та міжнародними науковими і освітніми організаціями для обміну досвідом і спільного вирішення глобальних екологічних проблем. Сприяти інтернаціоналізації конференції, розширенню участі закордонних партнерів і розвитку спільних дослідницьких ініціатив.

6. Впровадження результатів досліджень та розвиток взаємодії. Забезпечити використання напрацювань конференції у діяльності органів влади, місцевого самоврядування, підприємств та освітніх установ; рекомендувати передачу узагальнених результатів до відповідних установ для врахування у прийнятті рішень, а також сприяти

подальшій співпраці учасників у напрямі вдосконалення існуючих регіональних і локальних стратегій адаптації до кліматичних змін та екологічних викликів.

7. Розвиток відкритої науки (Open Science). Сприяти впровадженню принципів відкритої науки через забезпечення доступу до результатів досліджень, даних, методологій і публікацій, що стимулює міждисциплінарну співпрацю та інновації. Підтримати розвиток єдиних цифрових платформ для обміну науковими результатами та даними відповідно до принципів відкритої науки.

8. Розширення тематичних напрямів. Надалі розширювати тематику конференції з урахуванням сучасних наукових трендів і потреб суспільства.

9. Дотримання академічної доброчесності. Забезпечувати високий рівень наукових досліджень, дотримання принципів академічної доброчесності та якості підготовки наукових матеріалів.

Конференція підтвердила важливість проведення наукових заходів такого формату для поглиблення знань щодо сучасних пріоритетів, напрямів і механізмів адаптації до інтенсивних кліматичних змін та їхніх наслідків. Учасники наголосили на необхідності розроблення й реалізації ефективних управлінських та технологічних рішень у сфері захисту довкілля. Захід сприяв формуванню спільного бачення науковців, представників бізнесу, влади та громадськості щодо актуальних екологічних викликів і шляхів їхнього вирішення. Це, своєю чергою, є важливою передумовою для посилення суспільної довіри, консолідації зусиль і розвитку нових форматів взаємодії задля успішної реалізації політик адаптації до змін клімату та повоєнного відновлення України.

Група підготовки резолюції:

Яцишин Теодозія, д.т.н., проф., кафедра «Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці» ІФНТУНГ, Директор центру стратегічного розвитку ІФНТУНГ, с.н.с., Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України.

Грицуляк Галина, к.с.-г.н., проф., завідувач кафедри «Технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці» ІФНТУНГ;

Орфанова Марія, к.т.н., доц., завідувач кафедри екології ІФНТУНГ;

Витвицький Василь, к.т.н., голова Ради молодих учених ІФНТУНГ, доцент кафедри технічної механіки, інженерної та комп'ютерної графіки;

**Робочі моменти Всеукраїнської науково-практичної конференції
здобувачів і молодих вчених АДАПТАЦІЯ ДО ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН ТА
ВИКЛИКІВ: РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ**





