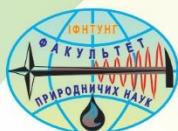


Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет природничих наук
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
Faculty of Natural Sciences



Збірник матеріалів
Регіональна конференція
THE PROGRAM
of regional conference

«Молодіжний екогеофорум»
«Youth Ecogeoforum»
2025

19 – 20 листопада

м. Івано-Франківськ
2025 р

19-20
листопада
2025 року

Регіональна конференція "Молодіжний екогеофорум - 2025"



Факультет природничих наук
Рада молодих вчених ІФНТУНГ



**Регіональна конференція
«МОЛОДІЖНИЙ ЕКОГЕОФРУМ – 2025»
19-20 листопада 2025 року**

Івано-Франківськ,
2025 р.



НАУКОВЕ ВИДАННЯ

У збірнику розміщено матеріали доповідей Регіональної конференції «**Молодіжний екогеофорум - 2025**» (м. Івано-Франківськ, 19-20 листопада 2025 р.).

Наведено результати наукових досліджень учнів, студентів та аспірантів навчальних закладів Івано-Франківської області. У доповідях конференції розглянуті актуальні екологічні проблеми людства, забруднення атмосфери, гідросфери та ґрунтів, наслідки забруднення довкілля відходами, питання екології людини, охорони флори та фауни, екологічні проблеми Карпатського регіону, геологічна будова Карпат та геологічні процеси, гірські породи та їх використання в побуті та промисловості, підземні води та корисні копалини Івано-Франківщини, розвиток зеленого туризму та геотуризму в Карпатах.

Збірник матеріалів доповідей розрахований на учнівську та студентську молодь.

ISBN 978-966-694-535-1

Матеріали Регіональної конференції «Молодіжний екогеофорум - 2025»,
19 - 20 листопада 2025 р. – Івано-Франківськ, 2025. – 251 с.

ISBN 978-966-694-535-1

Редакційна колегія: Трубенко О.М., Мандрик О.М., Орфанова М.М.,
Михайлів І. Р., Федорів В.В., Качала Т.Б., Омельченко В.Г.

Комп'ютерна верстака: Омельченко В.Г., Зорін Д.О.

Видано на замовлення: Організаційного комітету конференції



ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1

ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УРБООКОСИСТЕМАХ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ ТА ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ	
Адаменко Станіслав, Архипова Людмила Миколаївна.....	13
ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕНДРОФЛОРИ ГОРИ ЧУРИКІВ (КАЛУСЬКИЙ РАЙОН)	
Вірста Вікторія, Гнезділова Вікторія Ігорівна.....	15
ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАВКОЛО БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС	
Волочій Юрій, Орфанова Марія Михайлівна	16
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ АНТРОПОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ	
Воробйов Станіслав, Зорін Денис Олексійович.....	18
ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ УРОЧИЩА КОЗЬМЕЩИК (РАХІВСЬКИЙ РАЙОН)	
Грабовська Вероніка, Гнезділова Вікторія Ігорівна	21
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	
Гурей Михайло, Мосюк Микола Іванович	24
ОХОРОНА БІОРИЗНОМАНІТТЯ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ	
Гутник Вікторія, Качала Софія Віталіївна	25
ЕКОЛОГІЧНА СВІДОМІСТЬ МОЛОДІ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ СТАЛОГО СПОЖИВАННЯ	
Гутник Вікторія, Архипова Людмила Миколаївна.....	26
ВПЛИВ УРБАНІЗАЦІЇ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТАХ УКРАЇНИ	
Гутник Вікторія, Москальчук Наталія Михайлівна.....	29
ОЦІНКА ВМІСТУ ЗАЛІЗА У ВОДІ ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ ТА МЕТОДОМ СУХОГО ЗАЛИШКУ (НА ПРИКЛАДІ ВОДИ З М. КРИВИЙ РІГ)	
Луньова Євгенія, Дівончук Уляна, Мосюк Микола Іванович	31
МУЛЬТИМАСШТАБНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОГО РАЙОНУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	
Донець Олександр, Зорін Денис Олексійович	33
ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НА НАФТОГАЗОПРОМИСЛАХ ПРИКАРПАТТЯ	
Дригулич Сергій, Орфанова Марія Михайлівна	37
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ІЗ ВПРОВАДЖЕННЯМ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ	
Зварич Андрій Ігорович, Качала Тарас Богданович.....	38
ПРОБЛЕМА ПОШИРЕНOSTІ ПАЛІННЯ СЕРЕД ПІДЛІТКІВ І МОЛОДІ ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ	
Іванова Софія Василівна, Мойсеєнко Микола Іванович, Лісецька Ірина Сергіївна	40



ВПЛИВ ОСВІТЛЕННЯ НА ОНТОГЕНЕЗ БРАЖНИКА МЕРТВА ГОЛОВА (ASCHERONTIA ATROPOS, LEPIDOPTERA: SPHINGIDAE) Здинюк Катерина-Вікторія, Микитин Тетяна Василівна	42
БІОРИЗНОМАНІТТЯ ВОДОРОСТЕЙ РІЧКИ ДНІСТЕР ТА ЇХ БІОІНДИКАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ Кирилів Богдан, Височин Максим Олегович	43
СТУДЕНТСЬКИЙ ЕКО-ПРОСТІР ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ У МОЛОДІ Коржак Ірина, Москальчук Наталія Михайлівна	46
ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ТОКСИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ Линник Діана, Грицуляк Галина Михайлівна	48
ЕКОЛОГІЧНІ ТА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ БУДІВНИЦТВА МАЛИХ ГЕС У КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ Майкович Володимир, Адаменко Ярослав Олегович	50
ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ ЕФЕКТУ МІСЬКОГО ТЕПЛОВОГО ОСТРОВА Мальованчук Андрій, Москальчук Наталія Михайлівна	52
ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ПЕРЕХОДУ НА ЕЛЕКТРОМОБІЛІ У ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА Матаржук Ангеліна, Зорін Денис Олексійович.....	53
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ТА ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ У МІСЬКИХ УМОВАХ: РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ ТА НАПРЯМКИ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ Маценко Юрій, Адаменко Ярослав Олегович.....	56
ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОБІОТИ ПИТНОЇ ВОДИ Гураль Вероніка, Мельник Олексій, Мосяк Микола Іванович, Височин Максим Олегович	58
РІШЕННЯ ДЛЯ ТЕПЛОКАРТУВАННЯ МІСТ З РЕКОМЕНДАЦІЯМИ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ОГЛЯД КРАЩИХ ПРАКТИК З ВИКОРИСТАННЯМ AI (ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ) ДЛЯ МІСТ УКРАЇНИ Ольхов Борис Олександрович, Зорін Денис Олексійович	61
ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ДИЗЕЛЬНИХ ТА БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ Печена Вікторія, Шеремета Вікторія, Мосяк Микола Іванович	62
ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ КАР'ЄРІВ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ОСНОВІ ГЕОМЕТРИЧНОГО ТА ІНСОЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ Редько Андрій, Адаменко Ярослав Олегович.....	63
ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ОДЯГУ: ВІД ВИРОБНИЦТВА ДО ЗВАЛИЩА ТА МОЖЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ Решетняк Євніка, Орфанова Марія Михайлівна	65
ОЦІНКА ЛАНДШАФТІВ ДНІСТРОВСЬКОГО КАНЬЙОНУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЗАЛЯГАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ЗГІДНО РЕЛЬЄФУ Решітник Ангеліна, Зорін Денис Олексійович.....	67
ДОННІ ВІДКЛАДИ ЯК ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПОКАЗНИК ПОТЕНЦІЙНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДНИЙ ОБ'ЄКТ Ричак Тарас, Архипова Людмила Миколаївна.....	69



МОНІТОРИНГ ЗМІН ТИПІВ ЕКОСИСТЕМ ТЕРИТОРІЇ ДНІСТРОВСЬКОГО РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ ЗА ПЕРІОД 2001-2023 РОКІВ Салига Володимир, Архипова Людмила Миколаївна	71
СОЦІАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТА СИГНАЛЬНІ СИСТЕМИ МУРАХ ВИДУ MESSOR STRUCTOR ЯК ОСНОВА ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ УСПІШНОСТІ Семчук Валентина, Микитин Тетяна Василівна	74
ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ФОРМУВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ (за 2019–2024 рр.) Смик Ірина, Архипова Людмила Миколаївна	76
АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ МІСЬКІЙ ГРОМАДІ Солодкий Олег, Зорін Денис Олексійович	78
ТРАНСФОРМАЦІЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ ЗА УМОВ НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ Грицуляк Віталій, Мандрик Олег Миколайович	79
УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ПРІОРЕТИЗАЦІЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ЛІСОМЕЛІОРАЦІЇ Торський Орест, Мандрик Олег Миколайович	83
ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ГІДРОЕКОСИСТЕМНА КАТАСТРОФА Хованець Микола, Мандрик Олег Миколайович.....	84
ПОЯСНЮВАНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ГЕОАІ-МОДЕЛЯХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ Черниш Руслан, Адаменко Ярослав Олегович	86
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА Думич Анастасія, Мудрець Ірина Юріївна	89
ПРОБЛЕМА ЗМЕНШЕННЯ ЗЕЛЕНИХ ЗОН У МІСТАХ ТА ШЛЯХИ ЇЇ ПОДОЛАННЯ Герг Каріна, Борисенко Маргарита Юріївна	90
STEM-РІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ: РОБОТ-ПРИБИРАЛЬНИК У TINKERCAD Гнідовська Вероніка, Борисенко Маргарита Юріївна	92
ФЛОРА І ФАУНА: БЕРЕГТИ, ЩОБ ЖИТИ Гончарук Олеся, Юрив Лідія	93
ВОЛОНТЕРСЬКІ РУХИ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ПРИРОДИ Жибак Уляна, Війтів Євгеній Павлович	95
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СЕЛА СТАРУНІ БОГОРОДЧАНСЬКОЇ СЕЛИЩНОЇ ГРОМАДИ Клочан Андрій, Савчук Софія Петрівна	95
ОЧИЩЕННЯ ВОДОЙМ З ДОПОМОГОЮ ЕМ-ТЕХНОЛОГІЇ Королик Богдан, Галюк Мар'яна Ярославівна	97
АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ БУРШТИНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗАСОБАМИ ДЗЗ Кривенко Анна, Фоменко Наталія Володимирівна	98



**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ
В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Криховецький Микола, Хребтовська Ірина Михайлівна 100

ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Маленевич Олеся, Юрив Лідія Дмитрівна..... 101

ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВІДХОДАМИ

Манич Христина, Козак Леся Юріївна 103

ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА

Перегінець Ростислав, Козак Леся Юріївна 105

СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЛЮДСТВА

Полагей Ольга, Дранчук Любов Дмитрівна 107

ВИРОБНИЦТВО ПЛАСТИКОВОЇ ЦЕГЛИ

Трухан Максим, Мальон Наталія Євгенівна 108

**ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС
ГІРСЬКОГО ТУРИЗМУ**

Фіголь Софія, Богович Христина Богданівна 109

**ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ, ГІДРОСФЕРИ, ҐРУНТІВ НА ПРИКЛАДІ
ДОМБРОВСЬКОГО КАР'ЄРУ**

Сенчишин Христина, Козак Леся Юріївна 111

НЕПОМІТНІ ОДНОРАЗОВІ СТАКАНИ: ДОВКІЛЛЯ МОЖЕ ЗМІНИТИ КОЖЕН

Кірін Денис, Пивовар Богдан, Орфанова Марія Михайлівна 111

ДЖЕРЕЛА ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ СІВКА

Маланюк Ігор, Мандрик Олег Миколайович 112

СЕКЦІЯ 2

НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ

**ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАФТОЗГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНУ
ЗАПАДИНИ ПО**

Гірна Антоніна, Омельченко Валерій Григорович 114

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРИРОДНОЇ ПІДЗЕМНОЇ ВОДИ С. БИТКІВ

Гірна Антоніна, Мислюк Ірена Василівна 116

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА НАФТОВОГО РОДОВИЩА ФОРТІЕС

Гнатик Андріана-Катерина, Омельченко Валерій Григорович 118

**БУКІВЕЦЬКІ СКЛАДКИ – ТИПОВИЙ ПРИКЛАД
СКЛАДЧАСТО-НАСУВНИХ СТРУКТУР КАРПАТСЬКОГО ТИПУ**

Гнатишин Маркіян, Криволап Наталія Миколаївна 120

**ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ВИБУХОВИХ РОБІТ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ
ДОСЛІДЖЕННЯХ**

Дівончук Христина, Розловська Світлана Євгеніївна 123

**ЗАСТОСУВАННЯ R2V ДЛЯ ОЦИФРУВАННЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНОЇ
ІНФОРМАЦІЇ**

Довженко Артем, Габльовський Богдан Богданович 125

**ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТА НЕОТЕКТОНІЧНИХ
ПРОЦЕСІВ ЗАКАРПАТСЬКОГО ВНУТРІШНЬОГО ПРОГИНУ**

Ахтемійчук Ярослав, Уграк Ліна Василівна... 126



ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАРПАТСЬКОЇ МІНЕРАЛОГІЧНОЇ ПРОВІНЦІЇ Гериш Анна, Медвідь Мар'яна Ігорівна.....	127
ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ВОЛИНО-ПОДІЛЬСЬКОЇ НАФТОГАЗОНОСНОЇ ОБЛАСТІ Гнатик Андріана-Катерина, Медвідь Мар'яна Ігорівна.....	128
ВПЛИВ ДИЗ'ЮНКТИВНИХ ПОРУШЕНЬ НА УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЗОВНІШНЬОЇ ЗОН ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ НА ПРИКЛАДІ ДУБАНЕВИЦЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА Жеревчук Артем, Утрак Ліна Василівна.....	130
ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДНІСТРОВСЬКО-ПРИЧОРНОМОРСЬКОЇ МІНЕРАЛОГІЧНОЇ ОБЛАСТІ Іванців Марта, Медвідь Мар'яна Ігорівна.....	131
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО МОФОГЕНЕЗУ НА ЗМІНУ СТРУКТУРНОГО ПЛАНУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ Олеськів Богдан, Утрак Ліна Василівна.....	133
ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КРИМСЬКОЇ МІНЕРАЛОГІЧНОЇ ПРОВІНЦІЇ Халус Юлія, Медвідь Мар'яна Ігорівна.....	134
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ГЕОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА РОЗВИТОК РІЧКОВОЇ СИСТЕМИ ЗАКАРПАТТЯ Хім'як Надія, Утрак Ліна Василівна.....	136
ОСАДОВИЙ БАСЕЙН СХІДНОГО СЕРЕДЗЕМНОМОР'Я Калиній Валерія, Омельченко Валерій Григорович.....	137
ВОДЕНЬ – КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ Лазарева Єлизавета, Дубей Наталія Володимирівна.....	141
ХАРАКТЕРИСТИКА НАФТОВОГО РОДОВИЩА АЛЬБОРЗ Мислюк Юрій, Омельченко Валерій Григорович.....	142
ЩОДО ПИТАННЯ ТЕКТОНІЧНОЇ ТРИЩИНУВАТОСТІ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ДОВБУШАНСЬКО-БИСТРИЦЬКОГО РОДОВИЩА Мислюк Юрій, Мислюк Ірена Василівна.....	143
КВАРЦИТИ АЛЖИРСЬКО-САХАРСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ Михайлишин Андрій, Омельченко Валерій Григорович.....	146
СЕДИМЕНТАЦІЯ КРЕЙДОВОЇ ФОРМАЦІЇ МІШРИФ НАФТОВОГО РОДОВИЩА НАСІР В ІРАКУ Михайлишин Андрій, Омельченко Валерій Григорович.....	148
ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВНИХ РЕСУРСІВ НАФТИ І ГАЗУ НА ЛОКАЛЬНІЙ ГЕОЛОГІЧНІЙ СТРУКТУРІ Музичка Андрій, Дубей Наталія Володимирівна.....	150
ХАРАКТЕРИСТИКА НАКОПИЧЕННЯ ОСАДІВ У ЗАДУГОВОМУ БАСЕЙНІ ЯПОНСЬКОГО МОРЯ Музичка Андрій, Омельченко Валерій Григорович.....	152
ОСАДОВІ ПРОЦЕСИ БАСЕЙНУ ПЕРСЬКОЇ ЗАТОКИ Олеськів Богдан, Омельченко Валерій Григорович.....	154
ЕРОЗІЯ ТА ПІДТОПЛЕННЯ БЕРЕГІВ Р. БИСТРИЦЯ НАДВІРНЯНСЬКА Рібун Катерина, Гоптарьова Наталія Вікторівна.....	156



ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД Рошупкіна Альона, Дубей Наталія Володимирівна.....	159
ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ ОБЛАШТУВАННЯ СВЕРДЛОВИНИ 914-ПАСІЧНЯНЬСЬКА Стасів Богдан, Гоптарьова Наталія Вікторівна	160
ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДУБОВЕЦЬКОГО РОДОВИЩА В ГАЛИЦЬКОМУ РАЙОНІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ Стасів Юрій, Гоптарьова Наталія Вікторівна	162
ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД СХІДНИЦІ Темієв Рінат, Дубей Наталія Володимирівна	165
ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА СИСТЕМИ ГРАБЕНІВ ЄФРАТУ ПІВДЕННО-СХІДНОЇ СИРІЇ Темієв Рінат, Омельченко Валерій Григорович	167
ТЕКТОНІКО-ГЕОФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ІЗРАЇЛЮ ТА СХІДНОГО СЕРЕДЗЕМНОМОР'Я Тимчук Тетяна, Омельченко Валерій Григорович.....	170
ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ВИБРАНИХ ВИДІВ РОБІТ І ДОСЛІДЖЕНЬ В ПРОЦЕСІ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ НА НАФТУ І ГАЗ Тимчук Тетяна, Дубей Наталія Володимирівна.....	172
ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПРОДУКТИВНИХ ГОРИЗОНТІВ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ УКРАЇНИ Федоришин Вікторія, Федоришин Сергій Дмитрович.....	174
ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА МАЛОССА Хім`як Надія, Омельченко Валерій Григорович	176
ГРУНТ ЯК КЛЮЧ ДО РОЗУМІННЯ НАДР: ЙОГО ВЛАСТИВОСТІ ТА РОЛЬ У ФОРМУВАННІ НАФТИ, ГАЗУ Й ВОДИ Лопачький Захар, Стиславська Анна Миколаївна.....	178
МІНЕРАЛИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ПОБУТІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ Мартинюк Уляна, Війтів Євгеній Павлович	180
ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАФТИ БИТКІВ-БАБЧЕНСЬКОГО РОДОВИЩА Проц Олександр, Совін Ірина Орестівна	181
КОРИСНІ КОПАЛИНИ СЕЛА ПАСІЧНА Тимчук Василь Васильович, Луців Євген Михайлович.....	184
ГЕОЛОГІЧНА РОЛЬ ТРИЩИНУВАТОСТІ У МІГРАЦІЇ ТА АКУМУЛЯЦІЇ ВУГЛЕВОДНІВ Липчук Мирослав, Трубенко Олександр Миколайович	186
ЗОНА КРОСНО – ПЕРСПЕКТИВИ ПОШУКУ НАФТИ І ГАЗУ Осташ Олег, Омельченко Валерій Григорович.....	187
ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ САРМАТСЬКИХ ГЛИН ГОЩАНСЬКОГО РАЙОНУ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ Логажевський Євген, Хомин Володимир Романович	189
ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ З ПЛАСТОВИХ ВОД ВИСНАЖЕНИХ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ Бойко Володимир, Куровець Сергій Сергійович	190



ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ПАЛЕОГЕНОВИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ Михайлович Олесь, Куровець Сергій Сергійович	191
ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ Симчич Богдан, Куровець Сергій Сергійович	192
ПРОВЕДЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАПАСІВ НАФТИ І ГАЗУ ЗА ФАКТОРАМИ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ Липка Петро, Михайлів Ірина Романівна	194
 СЕКЦІЯ 3 ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІ	
РЕКУЛЬТИВАЦІЯ КАР'ЄРІВ І ВІДВАЛІВ З УРАХУВАННЯМ ПІСЛЯВОЄННИХ ПОТРЕБ ТЕРИТОРІЙ Старомінський Назарій, Фелик Катерина Ярославівна.....	196
КІБЕРБЕЗПЕКА ЯК ФУНДАМЕНТ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ Дарчі Олександра, Кривенко Галина Мирославівна	197
СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ У ЗОНАХ БОЙОВИХ ДІЙ Майданник Дмитро, Запужляк Наталія Михайлівна.....	199
ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ Каюк Софія, Грицуляк Галина Михайлівна	201
ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТОКЕРОВАНИХ НАНОСОРБЕНТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД Линник Діана, Коцюбинський Андрій Олегович.....	203
ВПЛИВ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА БІОТУ Линник Діана, Кривенко Галина Мирославівна	205
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ЕКОЛОГІЧНІЙ ОСВІТІ Лукач Юлія, Вагилевич Тетяна Вікторівна	206
ЗМІНА КЛІМАТУ ЯК "ПРИСКОРЮВАЧ НЕБЕЗПЕК" НА РОБОЧОМУ МІСЦІ Мельник Олексій, Василів Наталія Юріївна	208
СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ТИПИ ФІЛЬТРАЦІЇ ПИТНОЇ ВОДИ Миндюк Василь, Качала Софія Віталіївна	210
БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ Миндюк Василь, Лопушняк Василь Іванович.....	212
АНАЛІЗ КІБЕРРИЗИКІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ Мельник Олексій, Василів Наталія Юріївна	214
ЩОДО ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ Опарик Вікторія, Лялюк-Вітер Галина Дмитрівна	216



ПОТЕНЦІАЛ, ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА БАРСРИ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ З ПОЛІГОНІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ	
Осташук Ілля, Яцишин Теодозія Михайлівна	217
ТЕХНОЛОГІЇ КОМПОСТУВАННЯ АГРОВІДХОДІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ	
Пасішняк Ярослав, Коцюбинський Андрій Олегович.....	219
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ БІОМАСИ ЕНЕРГОКУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА	
Решетняк Євніка, Грицуляк Галина Михайлівна.....	221
ТЕХНОЛОГІЇ ЗМЕНШЕННЯ ХІМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ҐРУНТИ В ОРГАНІЧНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ	
Суп Роман, Семчук Ярослав Михайлович.....	222
ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ РОЗРОБЛЕНОЮ НА PYTHON-КОДІ	
Грицуляк Віталій, Процюк Василь Романович.....	224
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	
Тичковський Сергій, Челядин Любомир Іванович	229
РОЛЬ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА В ЗБЕРЕЖЕННІ ЕКОСИСТЕМ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ ПРИКАРПАТТЯ	
Угриновський Іван, Крижанівський Євстахій Іванович.....	230
ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗДІЛЬНОГО ЗБОРУ ВІДХОДІВ У НЕВЕЛИКИХ ГРОМАДАХ	
Сеньків Христина, Федорко Наталія Богданівна	231
БІОТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОЮ ТА НАФТОПРОДУКТАМИ	
Цибульський Іван, Шиманський Володимир Ярославович	233
КІБЕРБЕЗПЕКА В ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	
Чупак Олег, Вагилевич Тетяна Вікторівна	234
IMPROVING THE OCCUPATIONAL SAFETY OF FIREMEN DURING FIRE SUPPRESSION BY ENHANCING THE HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF WATER FIREFIGHTING SYSTEMS	
Shymanska A. V., Perkun I. V., Pogrebnyak V.G.	236
УСВІДОМЛЕНЕ СПОЖИВАННЯ ЯК СКЛАДОВА ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ МОЛОДІ	
Щер'бюк Мирослав, Фомічова Ольга Володимирівна.....	238
КІБЕРБЕЗПЕКА В ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	
Яремечко Христина, Вагилевич Тетяна Вікторівна	239
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ: МАЙБУТНЄ ВЖЕ СЬОГОДНІ	
Баліцка Анастасія, Мудрейко Ірина Юріївна	241
ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА: ЯК ЗРОБИТИ ПЕРЕРОБКУ ВІДХОДІВ ПРИВАБЛИВОЮ ДЛЯ МОЛОДІ	
Білякевич Тимофій, Дмитрів Віра Ярославівна	242



ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАВАЮЧИХ ФІТООСТРОВІВ ТА СОНЯЧНОЇ АЕРАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МІСЬКОГО ОЗЕРА М. ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА Галюк Павло, Галюк Мар'яна Ярославівна	244
ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УРБАНІЗАЦІЇ: МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ДЛЯ ЛЦЕЮ №11 М. ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА Горудько Василь, Галюк Мар'яна Ярославівна	245
БЕЗПЕЧНА ДОСТАВКА ВОДИ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІНОПЛАСТОВИХ ФОРМ Іванів Роман, Мальон Наталія Євгенівна	246
ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА: ІННОВАЦІЇ ДЛЯ СТАЛОГО МАЙБУТНЬОГО. МАСОВЕ ВИМИРАННЯ ВИДІВ Ковальчук Вікторія, Дмитрів Віра Ярославівна	248
ОКЕАНІЧНІ ГОРИ, ДЕ НАКОПИЧУЄТЬСЯ ПЛАСТИК, ТА ІННОВАЦІЙНА СИСТЕМА ОЧИЩЕННЯ Остап'як Ольга, Війтів Євгеній Павлович	249



СЕКЦІЯ 1

ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УРБООСИСТЕМАХ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ ТА ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

*Адаменко Станіслав Ярославович, аспірант кафедри екології
Професор кафедри екології Архипова Людмила Миколаївна,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Урбоекосистеми Карпатського регіону України являють собою складні соціально-еколого-технічні системи, у межах яких природні та антропогенні компоненти взаємодіють у тісному просторовому та функціональному зв'язку. Їх формують атмосферне повітря, ґрунтово-рослинний покрив, водні ресурси, рельєф, транспортна та комунальна інфраструктура, житлова забудова та об'єкти промислової й туристичної діяльності. Особливості гірського рельєфу, складний мікроклімат та значна лісистість регіону з одного боку створюють природний потенціал для збереження якості довкілля, а з іншого – підсилюють чутливість урбоекосистем до антропогенних навантажень. Саме тому дослідження просторово-часових закономірностей забруднення атмосферного повітря є ключовим інструментом оцінки екологічного стану Карпатського регіону.

Серед основних забруднювачів атмосферного повітря вирізняються тверді частки PM_{2.5} та PM₁₀, оксиди азоту (NO, NO₂), діоксид сірки (SO₂), оксид вуглецю (CO), приземний озон (O₃) та окремі важкі метали й органічні сполуки [1]. Тверді частки формуються головним чином внаслідок побутового та промислового згоряння палива, особливо у холодний період року, а також унаслідок транспортних викидів. Їх концентрації у гірських долинах проявляють значну варіабельність через застійні явища та температурні інверсії. Оксиди азоту пов'язані переважно з транспортним сектором, а їх максимуми спостерігаються вздовж головних транспортних коридорів Івано-Франківська, Яремче та Косова [2]. Діоксид сірки підвищується у зимовий період через інтенсивне використання твердого палива в приватному секторі, а CO переважає у локальних зонах неповного згоряння. Озон, навпаки, проявляє літні піки завдяки фотохімічним реакціям у тропосфері.

Просторово-часовий розподіл забруднювачів визначається поєднанням природних і антропогенних факторів. Рельєф Карпат створює умови для накопичення забрудненого повітря у долинах та ущелинах, тоді як схили сприяють кращому розсіюванню. Кліматичні умови – температура, вологість, напрям вітру – формують добові та сезонні коливання концентрацій. Взимку спостерігаються максимуми PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂ і CO через опалювальний сезон та температурні інверсії, тоді як у літній період зростають рівні O₃. Добові коливання відображають транспортну активність: ранкові та вечірні пікові години супроводжуються підвищенням NO₂ та CO, тоді як у денний час концентрації частково знижуються завдяки інтенсивній вертикальній циркуляції [2,3].

Дослідження виконано для чотирьох типів урбоекосистем: Івано-Франківська, Яремче, Косова та Сколе. Івано-Франківськ як велике передгірське місто характеризується високою транспортною активністю, значним рівнем забруднення твердими частками та оксидами азоту у центральних районах. Яремче та Сколе – гірські курортні центри – демонструють сезонну динаміку забруднення, зумовлену туристичними потоками та особливостями мікроклімату. Косів поєднує риси передгірської та середньогірської урбанізованої території, де опалення приватного сектору і транспортні викиди формують локальні «гарячі точки» забруднення.

Моніторинг атмосферного повітря здійснювався на основі даних державних мереж спостережень, супутникових вимірювань Sentinel-5P та MODIS, мобільних маршрутів і



локальних польових досліджень. Застосовувалися статистичні методи аналізу, GIS-аналітика, просторові інтерполяції та моделювання розсіювання забруднювачів (AERMOD, CALPUFF). Це дозволило виявити стійкі просторові та часові закономірності та оцінити роль природних і антропогенних чинників [4].

Отримані результати показали, що найбільші концентрації PM_{2.5} і PM₁₀ характерні для зимового періоду і зосереджені у долинах із щільною забудовою. NO₂ та CO формують лінійні зони підвищеного забруднення вздовж транспортних магістралей, а озон переважає у високогірних районах у літній період. Статистичний аналіз підтвердив високу кореляцію між транспортним трафіком і концентраціями NO₂ та CO, а також помірну залежність рівнів PM_{2.5} і SO₂ від побутового опалення приватного сектору. Зелені зони та лісові масиви виявилися ефективними природними фільтрами, однак їхня площа в межах урбоекосистем часто недостатня для істотного зниження загального рівня забруднення.

На основі дослідження запропоновано комплекс рекомендацій для покращення якості атмосферного повітря. Серед ключових заходів – розширення системи моніторингу, оптимізація транспортної інфраструктури, розвиток екологічно чистих систем опалення, регулювання сезонної туристичної активності, розширення зелених зон та створення природних фільтрів уздовж транспортних артерій і в долинах міст. Особлива увага приділяється інтегрованому плануванню урбанізованих територій із врахуванням природної вентиляції та рельєфних особливостей, а також інформуванню населення про екологічні ризики та методи їх зниження.

Таким чином, урбоекосистеми Карпатського регіону перебувають у стані помірного антропогенного навантаження, яке посилюється сезонними та добовими коливаннями, особливостями рельєфу та непропорційним розвитком транспортної й туристичної інфраструктури. Просторово-часовий аналіз забруднення атмосферного повітря дозволяє не лише оцінити поточний екологічний стан, а й сформувати основу для ефективної екологічної політики, спрямованої на зменшення ризиків для населення та забезпечення сталого розвитку Карпатського регіону.

Список використаної літератури:

1. Adamenko S. Y., Arkhypova L. M., Adamenko Y. O., Moskalchuk N. M., Glibovytska N. I., Chupa V. M. Patterns of PM₁₀ particles change in the atmospheric air of Ivano-Frankivsk city. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (Kryvyi Rih, 21–24 May 2024). – 2024. – Vol. 1415. – P. 1–11. doi:10.1088/1755-1315/1415/1/012002.

2. Адаменко С. Я. Сучасні засоби моніторингу якості атмосферного повітря урбанізованих територій. // *Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України* : матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., Харків, 05–06 листопада 2024 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – С. 124–127.

3. Adamenko S. Y., Arkhypova L. M., Adamenko Y. O., Moskalchuk N. M., Glibovytska N. I. Spatial-temporal patterns of changes in PM_{2.5} concentration in atmospheric air of Ivano-Frankivsk region. // *Journal of Physics: Conference Series*. Proceedings of the 12th International Conference on Applied Sciences (ICAS 2024). – 2024. – Vol. 2927. – P. 1–11. doi:10.1088/1742-6596/2927/1/012004.

4. Адаменко Я., Адаменко С. Оцінка імовірнісного ризику розвитку хронічних неспецифічних ефектів при забрудненні атмосферного повітря. // *IV Міжнародна науково-практична конференція «Природничі науки та освіта: сучасний стан і перспективи розвитку»* : збірник наукових праць (Харків, 7–8 листопада 2024 р.). – Харків : ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, 2024. – С. 219–220.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕНДРОФЛОРИ ГОРИ ЧУРИКІВ (КАЛУСЬКИЙ РАЙОН)

Вірста Вікторія Василівна, студентка 4 курсу

Кандидат біологічних наук, доцент Гнєзділова Вікторія Ігорівна

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

Гора Чуриків, розташована в Калуському районі Івано-Франківської області, є малодослідженим ботанічним об'єктом. Аналіз місцевої дендрофлори дає змогу не лише оцінити сучасний стан рослинності, а також окреслити перспективи охорони та шляхи збереження природного середовища.

Територія гори Чуриків, попри свої цінні природні ресурси, зазнає негативного впливу антропогенних факторів та змін клімату. Серед основних екологічних загроз – вирубка лісів у прилеглих до гори ділянках, прокладання доріг і туристичних маршрутів, що сприяють ерозійним процесам і руйнуванню ґрунтового покриву.

Зростання туристичної активності, хоча й має важливе рекреаційне значення, призводить до витоπτування рослинності, накопичення побутових відходів і порушення природного середовища для місцевих флористичних угруповань. Також зміни кліматичних умов, зокрема часті посухи та аномальні температурні коливання, негативно впливають на рослинний покрив гори.

Для виконання роботи було зібрано та опрацьовано значний обсяг літературних праць з ботаніки, флористики та екології Українських Карпат. Отримані дані стали основою для визначення видового складу рослинності та оцінки її екологічного стану.

При вивченні дендрофлори гори Чуриків застосовувався маршрутний метод із закладкою тимчасових профільних ліній. Було прокладено три маршрути, на кожному з яких проводили: складання списку чагарникових і деревних рослин; визначення частоти зустрічальності видів окомірним методом; аналіз морфологічних ознак рослин, їх життєвих форм та екологічних умов зростання на різних схилах.

У межах гори Чуриків виявлено 46 видів деревних рослин, що належать до 32 родів та об'єднуються у 18 родин.

Найбільшою видовою чисельністю представлена родина Rosaceae – 6 представників (13,05 %), серед яких *Crataegus monogyna*, *Padus avium*, *Cerasus avium*, *Sorbus aucuparia*, *Spiraea media*, *Rosa canina*. Відносно високі показники налічують Betulaceae і Salicaceae – по 5 видів (10,87 %), а також Pinaceae та Ericaceae – по 4 види (8,7 %). Деяко нижчий відсоток – 6,52 % мають Fagaceae і Ulmaceae. П'ять родин представлені двома видами (4,35 %), а решта налічують по одному (2,17 %).

Аналогічні дані щодо систематичного аналізу дендрофлори гори Чуриків відображені на рисунку 1.

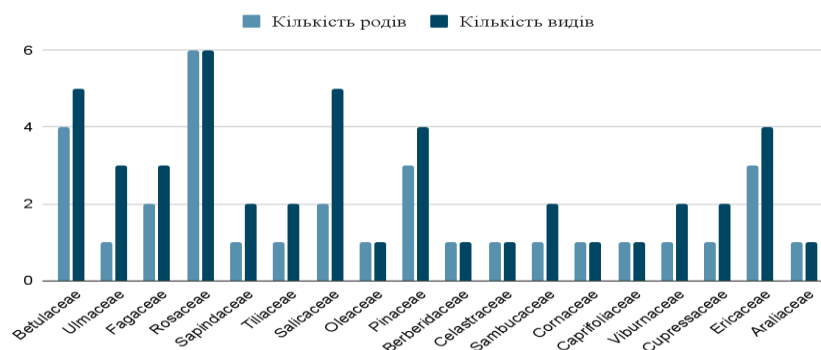


Рисунок 1. Систематичний аналіз дендрофлори гори Чуриків

Основу дендрофлори складають листяні дерева і куці – по 19 видів (41,31 %), що характерно для лісових екосистем Карпат. Хвойні дерева становлять 8,7 %, в той час, як хвойні куці представлені лише одним видом – *Juniperus sibirica* (2,17 %). Інші життєві



форми (сланкі кущі, ліани) трапляються поодинокі і становлять не більше 6,51 %. Переважання деревно-чагарникових форм вказує на сформовану лісову ярусність.

Відсоткове співвідношення життєвих форм показано на рисунку 2.

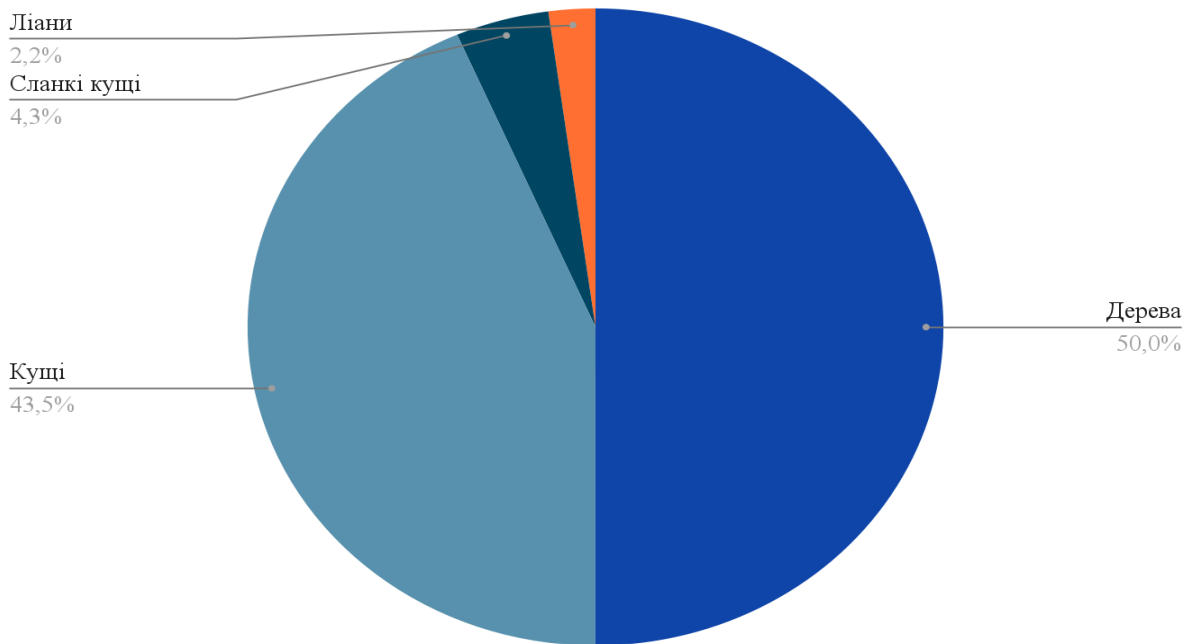


Рисунок 2. Відсоткове співвідношення життєвих форм

За результатами фіксації частоти трапляння досліджених деревних видів сформовано таблицю 1.

Таблиця 1 - Частота трапляння видів

Частота трапляння	Кількість видів	% від загального складу
Дуже часто	6	13,05 %
Часто	19	41,31 %
Зрідка	15	32,59 %
Поодинокі	6	13,05 %

Малопоширені представники дендрофлори гори Чуриків, зокрема *Rhododendron myrtifolium*, *Salix herbacea* та інші, мають важливе природоохоронне значення. Їх збереження є ключовим чинником підтримання екологічної стабільності високогірних Карпат.

Список використаної літератури:

1. Абдулоєва О.С., Соломаха В.А. Фітоценологія – Київ: Фітосоціоцентр, 2011. - 450с.
2. Заячук В. Я. Дендрологія. Підручник / В. Я. Заячук. – Львів: Апріорі, 2008. – 656 с.
3. Калініченко О. А. Декоративна дендрологія / О.А. Калініченко. – Київ: Вища школа, 2003. – 198 с.

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАВКОЛО БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС

Волочій Юрій Антонович, аспірант кафедри екології
Доцент, завідувачка кафедри екології Орфанова Марія Михайлівна
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Бурштинська теплова електростанція - одна з найбільших теплових електростанцій у



західному регіоні України. ТЕС є комплексним забруднювачем навколишнього середовища. В умовах електростанції стан навколишнього середовища поблизу ТЕС залежить від типу пального та організації його спалювання, роботи пиловловлюючого обладнання, пристроїв для евакуації димових газів в атмосферу, організації експлуатації обладнання та інших умов, що пов'язані з організацією роботи енергетичних установок.

Ґрунт - це специфічний компонент біосфери, який здатен не лише акумулювати весь спектр забруднювачів, але й виступати природним буфером. При цьому, тривалість перебування забруднюючих речовин у ґрунтах є значно більшою, ніж в інших компонентах біосфери. Ґрунти виконують глобально-екологічну функцію природного фільтра для техногенних забруднювачів різної природи.

Основними забруднювачами ґрунтового покриву є тверді відходи: зола та шлак. Шлак утворюється в процесі згорання палива в камерах спалювання котлів, а потім трансформується на шлаковідвал. Зола відокремлюється від димових газів котлів у електрофільтрах і виводиться у мокрому і сухому вигляді. Суха зола поступає в пилососи сухої золи, а зольна пульпа перекачується на золовідвал. На електростанції діє гідравлічна система видалення шлаку, а також повітряна і гідравлічна система видалення відповідно сухої і мокрої золи. Водоспоживання гідровидалення є зворотнім. Подача зольної пульпи на золовідвал здійснюється двома шламовими насосними станціями, а подача шлакової пульпи на шлаковідвал - п'ятьма бачерними насосними станціями. Кратність розведення золової пульпи - 20, шлакової - від 20 до 30.

Навколо золошлаковідвалів утворюються геохімічні аномалії, внаслідок фільтрації речовин через тіло відвалу під дією атмосферних опадів. У ґрунтах досліджуваного району відбувається нагромадження Hg, As, Pb, Zn, Cu – їх кларк концентрації коливається від 1 до 7, іноді перевищуючи ГДК у кілька разів. При цьому ґрунти збіднені на Cd, Cr, Sr, V. Для решти елементів відхилення від кларкового рівня знаходиться у межах допустимого стандартного відхилення. Розподіл V, As, Cu, Pb, Zn по усіх генетичних типах ґрунтів відповідає нормі.

Ґрунтовий покрив навколо Бурштинської ТЕС забруднений токсичними елементами, які поширюються за напрямками панівних вітрів. Так, за середніми даними у пробах ґрунтів їх вміст на різній відстані від Бурштинської ТЕС неоднаковий. Валовий вміст міді в ґрунтах максимальний на відстані 3 км від ТЕС. Вміст свинцю у ґрунті зменшується на відстані 5 км від ТЕС і на цьому рівні утримується до 15 км (73,9% від максимального, встановленого на відстані 3 км від ТЕС). Вміст кобальту у пробах ґрунту в зоні викидів перебував на одному рівні незалежно від відстані. Підвищену кількість нікелю відмічено на різних відстанях від ТЕС, максимальна – на відстані 8 км за напрямком панівних вітрів.

Сільськогосподарські культури неоднаково здатні накопичувати токсиканти. У діапазоні фонових концентрацій хімічних елементів у ґрунтах, рослини поглинають усі доступні для них форми сполук. У цьому разі концентрації важких металів можуть залишатися на певному рівні навіть при збільшенні їх вмісту у ґрунті.

Із віддаленням від об'єкту забруднення вміст міді, свинцю, нікелю у різнотрав'ї збільшується, а стронцію - зменшується. Максимальне значення міді у різнотрав'ї виявлено на відстані до 3 км, свинець накопичується у різнотрав'ї найбільше і максимальне його значення встановлено на відстані до 2 км, нікелю - до 8 км, цинку - до 4 км. На віддалі до 12 км від об'єкта забруднення намітилась тенденція до зменшенню хімічних елементів у рослинах.



АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ АНТРОПОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ

Воробійов Станіслав Костянтинович, аспірант кафедри екології

Доцент кафедри екології Зорін Денис Олексійович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Анотація

У роботі представлено концепцію автоматизованої системи для оперативного вимірювання та моніторингу небезпечних антропогенних процесів, що мають негативний вплив на довкілля. Запропоновано використання мобільного додатку, розробленого на базі фреймворку Flutter, для швидкого збору, передачі та обробки даних про екологічні інциденти, зокрема забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря. Описано архітектуру системи, включаючи інтеграцію з геоінформаційною системою (ARCGIS), сервісами (Google Maps, Google Firebase) та засобами ідентифікації користувачів (Google Auth, Дія.City). Особлива увага приділена розробці концептуальної моделі інтеграції краудсорсингових даних у ГІС-системи для підвищення довіри до даних, зібраних громадськістю. Підкреслюється потенціал системи для підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації та мінімізації їх наслідків шляхом своєчасного інформування відповідних служб та населення.

Ключові слова: антропогенні процеси, екологічна безпека, мобільний додаток, оперативні заходи, забруднення довкілля, Flutter, Google Firebase, геоінформаційні системи, візуалізація даних, верифікація даних, система екологічного моніторингу, діагностика, якість водних ресурсів, забруднення, гідроекосистема.

Вступ

Забезпечення екологічної безпеки є одним з пріоритетних завдань сталого розвитку суспільства. Інтенсивний розвиток промисловості, сільського господарства та інших видів господарської діяльності призводить до збільшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище, що проявляється у забрудненні атмосферного повітря, ґрунтів, водних ресурсів та у виникненні інших екологічних проблем. Ефективне реагування на ці виклики вимагає впровадження сучасних інформаційних технологій, які дозволяють оперативно отримувати, обробляти та аналізувати дані про стан довкілля, а також своєчасно приймати управлінські рішення для запобігання негативним наслідкам.

Наукова новизна: У даній роботі вперше запропоновано концептуальну архітектуру та механізм верифікації геопросторових даних, зібраних волонтерами через мобільний додаток, для використання їх у професійних ГІС-аналітичних системах моніторингу вод. Запропонована система включає багаторівневу перевірку (географічна прив'язка, метадані сенсорів телефону, перехресна перевірка з супутниковими даними), що дозволяє підвищити довіру до даних, зібраних громадськістю (Citizen Science), та забезпечити можливість їх використання офіційними природоохоронними органами.

Актуальність теми

У контексті зростаючої загрози екологічних катастроф та посилення антропогенного впливу на довкілля, особливо важливим є створення ефективних інструментів для оперативного виявлення, моніторингу та реагування на небезпечні ситуації. Існуючі системи моніторингу часто є недостатньо оперативними та не дозволяють вчасно реагувати на надзвичайні події, що може призводити до значних економічних та соціальних втрат. Розробка та впровадження автоматизованих систем, які дозволяють оперативно збирати та аналізувати дані про стан довкілля з використанням сучасних мобільних технологій та геоінформаційних сервісів, є актуальним та важливим завданням. Запропонована система дозволяє не лише оперативно фіксувати факт екологічного порушення, але й забезпечити

прозорість та відкритість інформації для громадськості, сприяючи більш ефективному контролю за станом довкілля та прийняттю обґрунтованих рішень.

Використання мобільних додатків та геоінформаційних технологій надає значні переваги у сфері екологічного моніторингу порівняно з традиційними методами збору та аналізу даних. Мобільні додатки забезпечують оперативність та зручність збору даних безпосередньо на місці події, дозволяючи фіксувати геолокацію, фото- та відеоматеріали, а також заповнювати необхідні форми та описи (рис. 1). Геоінформаційні системи, в свою чергу, забезпечують можливість візуалізації даних на карті, що значно полегшує їх сприйняття та аналіз. Замість традиційного подання інформації у вигляді списку координат та текстових описів, користувачі отримують можливість наочно бачити розташування місць екологічних інцидентів на карті, що дозволяє швидко оцінити масштаб та характер забруднення, виявити потенційні джерела та зони ризику, а також спланувати ефективні заходи реагування.

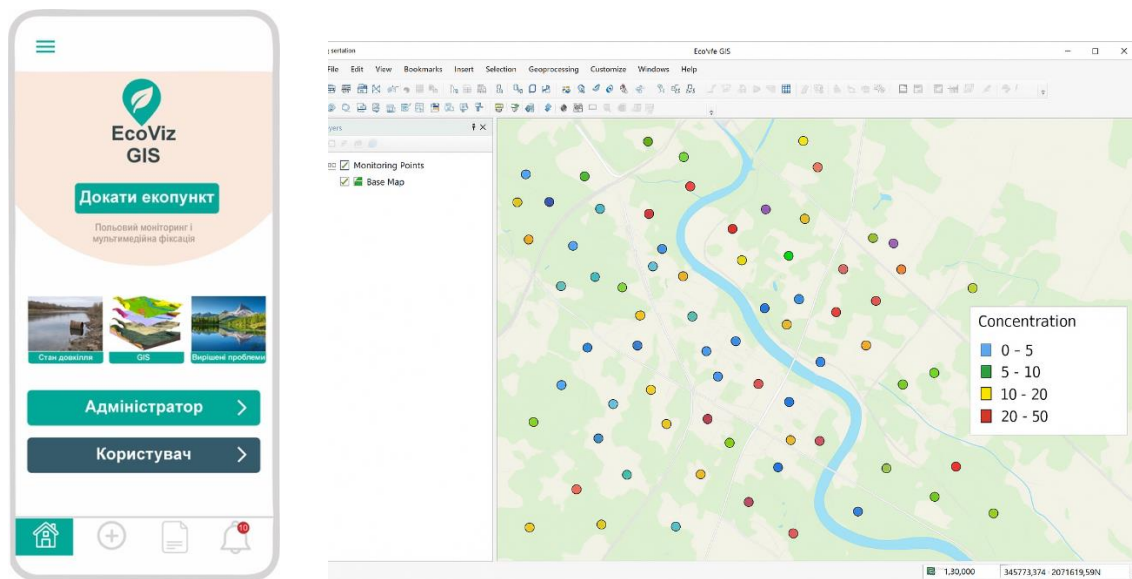


Рисунок 1. Мобільний додаток та адмінпрограма для оперативного вимірювання та моніторингу небезпечних антропогенних процесів.

Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розробка та обґрунтування концепції автоматизованої системи вимірювання небезпечних антропогенних процесів для вирішення оперативних екологічних заходів, а також розробка концептуальної моделі інтеграції краудсорсингових даних у ГІС-системи для моніторингу небезпечних антропогенних процесів (рис. 2).

Основні завдання:

1. Розробка структури та функціональності мобільного додатку для збору та передачі даних про екологічні лиха, включаючи визначення геолокації, опис події, завантаження фото- та відеоматеріалів.
2. Інтеграція додатку з геоінформаційними сервісами (Google Maps) для відображення даних на карті місцевості та забезпечення зручної навігації до місця події.
3. Розробка механізму обробки та аналізу даних з використанням сервісу Google Firebase для автоматичної класифікації рівня загрози та інформування відповідних служб.
4. Забезпечення інтеграції з системою ідентифікації користувачів Дія.City для підвищення довіри до даних та верифікації інформації.
5. Розробка інтерфейсу користувача мобільного додатку, що забезпечує зручну візуалізацію даних про екологічні інциденти на карті, з використанням різних кольорів та позначень для відображення статусу події (активна, вирішена).

6. Розробка концептуальної архітектури та механізму верифікації геопросторових даних, зібраних волонтерами через мобільний додаток, для використання їх у професійних ГІС-аналітичних системах моніторингу.

7. Розробка багаторівневої системи перевірки даних (географічна прив'язка, метадані сенсорів телефону, перехресна перевірка з супутниковими даними).



Рисунок 2 – Загальна концепція мобільного додатку EcoViz GIS.

Методи дослідження

Для досягнення поставленої мети використано методи:

- Аналізу літературних джерел з питань екологічної безпеки, інформаційних технологій та геоінформаційних систем, а також з питань достовірності та верифікації краудсорсингових даних.
- Розробки програмного забезпечення з використанням кросплатформного фреймворку Flutter для створення мобільного додатку, сумісного з операційними системами Android та iOS.
- Інтеграції з хмарними сервісами Google Firebase для зберігання даних та забезпечення масштабованості системи.
- Використання геоінформаційних методів для відображення та аналізу просторових даних про екологічні інциденти.
- Розробки інтерфейсу користувача з використанням сучасних принципів дизайну для забезпечення зручності та інтуїтивності використання мобільного додатку.
- Розробки алгоритмів перевірки географічної прив'язки та метаданих, а також статистичного аналізу для виявлення аномалій та викидів у даних.

Очікувані результати

Очікується, що розроблена автоматизована система дозволить:

- Підвищити оперативність збору та аналізу даних про екологічні лиха та надзвичайні ситуації.
- Забезпечити швидке та точне інформування відповідних служб та населення про загрозу, зменшивши час реагування на інцидент.
- Підвищити обізнаність громадськості про стан довкілля та сприяти більш активній участі громадян у вирішенні екологічних проблем.



- Приймати обґрунтовані рішення щодо проведення оперативних екологічних заходів, таких як евакуація населення, ліквідація наслідків забруднення та інші невідкладні дії.
- Забезпечити зручну візуалізацію даних про екологічні інциденти на карті, що полегшує їх сприйняття та аналіз, а також дозволяє швидко оцінити масштаб та характер забруднення.
- Підвищити довіру до даних, зібраних громадськістю, та забезпечити можливість їх використання офіційними природоохоронними органами.
- Зменшити кількість недостовірної інформації, що надходить до системи моніторингу.
- Підвищити ефективність та обґрунтованість прийняття управлінських рішень у сфері екологічної безпеки.

Висновки

Розробка та впровадження автоматизованої системи вимірювання небезпечних антропогенних процесів є перспективним напрямом для підвищення рівня екологічної безпеки. Запропонована система дозволяє оперативно збирати та аналізувати дані про стан довкілля, забезпечуючи своєчасне реагування на надзвичайні ситуації та мінімізацію їх негативних наслідків. Візуалізація даних на карті за допомогою мобільного додатку значно полегшує сприйняття та аналіз інформації про екологічні інциденти, сприяючи більш ефективному прийняттю рішень. Розроблена концептуальна модель інтеграції краудсорсингових даних у ГІС-системи є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності моніторингу довкілля. Забезпечення достовірності та верифікації даних, зібраних громадськістю, дозволяє використовувати їх для прийняття обґрунтованих рішень у сфері екологічної безпеки.

Перелік посилань

1. Зорін Д.О. Електронні картографічні ГІС-моделі екологічного стану Дністровського каньйону. *Том 43 № 3 (2022): Екологічна безпека та природокористування* <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.3.110-118>
2. Zorin, D. (2024). Assessment of the ecological status of soil cover and design of environmental monitoring in the Ivano-Frankivsk urban community. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 15(1), 39-52. doi: 10.69628/esbur/1.2024.39.
3. Engineer Bainomugisha, Priscah Adrine Warigo, Faith Busigu Daka, Angela Nshimye, Maclina Birungi, Deo Okure. AI-driven environmental sensor networks and digital platforms for urban air pollution monitoring and modelling. *Societal Impacts Volume 3*, June 2024. <https://doi.org/10.1016/j.socimp.2024.100044>
4. Thomas Kozłowski, Ovidiu Noran, Jarrod Trevathan. Designing an Evaluation Framework for IoT Environmental Monitoring Systems. *Procedia Computer Science. Volume 219*, 2023, Pages 220-227 <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.284>

ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ УРОЧИЩА КОЗЬМЕЩИК (РАХІВСЬКИЙ РАЙОН)

*Гравовська Вероніка Степанівна, студентка IV курсу факультету природничих наук
Кандидат біологічних наук, доцент Гнезділова Вікторія Ігорівна
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника*

Лікарські рослини є невід'ємною складовою природних екосистем, відіграють важливу роль у підтриманні біорізноманіття та мають велике народногосподарське і фармакологічне значення. Збереження цього ресурсу є важливою частиною екологічного



моніторингу, особливо у гірських районах Карпат, де антропогенне навантаження поєднується з унікальними природними умовами.

Урочище Козьмешик, розташоване в околицях смт. Ясіня Рахівського району Закарпатської області, входить до складу Карпатського біосферного заповідника і є територією з високою флористичною цінністю.

Метою роботи було дослідити видовий склад лікарських рослин урочища Козьмешик, оцінити їх частоту зустрічності, ценотичну структуру, життєві форми, визначити рідкісні та червонокнижні види і встановити можливості їх раціонального використання. Під час досліджень застосовували маршрутний і детально-маршрутний методи, фіксацію рясності за чотирибальною шкалою («дуже часто», «часто», «рідко», «поодинокі»), опис місць зростання, збір гербарного матеріалу та подальше визначення видів за «Флора Українських Карпат» [1,4].

У результаті проведених польових обстежень в урочищі Козьмешик було виявлено 48 видів лікарських рослин, які належать до 41 роду та 25 родин. Найчисельніше представлені родини Айстрові (*Asteraceae*) – 8 видів, Розові (*Rosaceae*) та Бобові (*Fabaceae*) – по 4 види.

Переважають трав'янисті рослини – 72,9 %, кущі становлять 14,6 %, а деревні породи – 12,5 % (рис. 1).



Рисунок 1. Аналіз життєвих форм рослин

За частотою зустрічності більшість видів (43,7 %) належить до категорії «часто» це такі рослини: деревій звичайний, волошка лучна, ожина звичайна, суховершки звичайні, заяча конюшина, первоцвіт весняний та інші. 25% – «дуже часто», сюди відносяться кульбаба лікарська, суниця лісові, малина звичайна, ліщина звичайна, чорниця звичайна, ялина європейська; 25 % – «рідко»: грицики звичайні, ясен звичайний, глуха кропива біла, арніка гірська та інші. Лише 6,3 % таких рослин як липа серцелиста, калина звичайна та чемериця зеленоцвіта трапляються поодинокі (рис. 2).

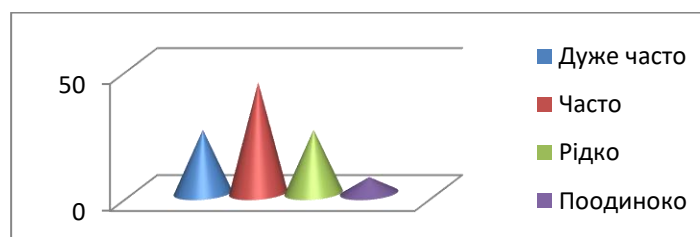


Рисунок 2. Аналіз частоти зустрічності видів



Найбільш поширеними є малина звичайна (*Rubus idaeus*), суниця лісова (*Fragaria vesca*), чорниця звичайна (*Vaccinium myrtillus*) чебрець повзучий (*Thymus serpyllum*), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale*), зніт вузьколистий (*Epilobium angustifolium*), ялина європейська (*Picea abies*).

Ценотичний аналіз зростання показав, що найбільше лікарських видів трапляється на луках (35,4%) (кульбаба лікарська, буквиця лікарська, косарики черепитчасті, конюшина повзуча та інші); на галявинах було виявлено 29,1% видів (конюшина гірська, суниця лісова, малина звичайна, волошка лучна, королиця звичайна тощо). 15,3% видів зростають на узліссях це: ожина звичайна, липа серцелиста, ліщина звичайна та інші види. 11,0% видів зустрічаються на берегах річок це (вільха сіра, жовтець повзучий, живокіст лікарський та інші) і 10% - у лісі (ялина європейська, ялиця біла, бук лісовий, хвощ польовий та інші) (рис. 3).



Рисунок 3. Ценотичний аналіз

В ході проведення досліджень було виявлено три види, занесені до Червоної книги України: арніка гірська (*Arnica montana* L.), косарики черепитчасті (*Gladiolus imbricatus* L.), чемериця зеленоцвіта (*Veratrum lobelianum* L.) [3].

Флора лікарських рослин урочища Козьмещик є показником екологічного стану гірських біотопів Карпат. Високий рівень біорізноманіття, наявність червонокнижних і рідкісних видів свідчать про природну цінність території. Результати дослідження підтверджують необхідність збереження флористичних ресурсів урочища, впровадження еколого-освітніх програм та популяризації раціонального використання лікарських рослин.

Список використаної літератури:

1. Григора І.М. Геоботаніка / І.М. Григора, Б.Є. Якубенко, М.Д. Мельничук. – К.: Арістей, 2006. – 448.
2. Кархут В. Жива аптека. – Львів: Світ, 2009.
3. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха — К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
4. Чопик В.І. Флора Українських Карпат / В.І. Чопик, М.М. Федорончук – Тернопіль: "Терно-граф", 2015. – 712с.



МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Гурей Михайло Іванович, аспірант кафедри екології

Доцент кафедри екології Мосюк Микола Іванович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Сучасний перехід до зеленої енергетики потребує технологій, здатних одночасно забезпечити енергетичну ефективність і мінімізувати викиди шкідливих речовин. Біомаса, зокрема енергетична верба (*Salix viminalis*), є одним із найперспективніших джерел відновлюваної енергії завдяки відновлюваному вуглецевому циклу, локальній доступності та потенціалу для рекультивації деградованих земель [1]. Водночас процес її горіння залишається складним для керування через вплив вологості, температури, турбулентності повітряного потоку та складу паливної суміші [2].

Чисельне моделювання процесів горіння (CFD — Computational Fluid Dynamics) відкриває нові можливості для прогнозування й оптимізації параметрів горіння біопалива без необхідності проведення великомасштабних експериментів [3]. Такий підхід дозволяє відтворити процеси теплообміну, турбулентності, масоперенесення та хімічного перетворення речовин у тривимірному просторі, що є важливим для оцінки теплового балансу й екологічних характеристик біопалива.

Застосування CFD-моделей у середовищі ANSYS Fluent забезпечує можливість аналізу впливу вологості, співвідношення паливо-повітря, геометрії камери та складу доданих органічних компонентів (наприклад, газових або рідких палив) на ефективність горіння [4, 5]. Такий підхід дозволяє передбачати оптимальні умови для повнішого згоряння, зниження утворення оксидів вуглецю (CO) та двоокису азоту (NO₂), а також зменшення теплових втрат через неповне згоряння частинок палива.

У перспективі CFD-моделювання може стати базою для розробки «цифрових двійників» біоенергетичних систем, що дозволять у реальному часі прогнозувати енергоефективність і рівень викидів залежно від змін складу палива чи погодних умов. Це відкриває шлях до створення інтелектуальних систем керування процесами горіння, орієнтованих на принципи сталого розвитку та декарбонізації енергетики [6].

Таким чином, використання чисельних методів моделювання виводить дослідження біопалива на новий рівень, поєднуючи енергетичну інженерію та екологічний аналіз. Це дозволяє не лише підвищити ефективність горіння, а й обґрунтувати екологічні переваги змішаних палив як одного з напрямів переходу до низьковуглецевої економіки.

Список використаної літератури:

1. IEA Bioenergy (2023). Biomass Combustion – Bioenergy Review 2023. Retrieved from <https://www.ieabioenergyreview.org/biomass-combustion>.
2. Scarlat, N., & Dallemand, J. F. (2023). The role of biomass and bioenergy in achieving the EU's climate targets. *Renewable Energy*, 215, 1183–1196.
3. Patankar, S. V. (1980). *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Hemisphere Publishing, New York.
4. ANSYS Inc. (2023). *ANSYS Fluent Theory Guide (Release 2023 R1)*. Canonsburg, PA: ANSYS Inc.
5. Verma, V., & Bram, S. (2022). Influence of moisture content on biomass combustion characteristics: A review. *Fuel Processing Technology*, 234, 107351.
6. Ahmadipour, M., & Fathi, S. H. (2025). A comprehensive review on biomass energy system optimization. *Renewable Energy*, 198, 1432–1450.



ОХОРОНА БІОРІЗНОМАНІТТЯ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Гутник Вікторія Романівна, аспірант кафедри екології

Доцент кафедри ТЗНСБП Качала Софія Віталіївна

Івано-франківський національний технічний університет нафти і газу

Зміна клімату є одним із найсерйозніших глобальних викликів сучасності, що безпосередньо впливає на біологічне різноманіття, функціонування екосистем і стійкість природних процесів. Для України, яка має надзвичайно різноманітні природні ландшафти – від Карпатських гір до Причорноморських степів, – питання збереження біорізноманіття в умовах зростання середньорічних температур, посух і деградації ґрунтів набуває критичного значення [1].

За оцінками фахівців Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP), протягом останніх двох десятиліть середня температура на території України зросла приблизно на 1,2 °С, що призвело до поступового зсуву кліматичних зон на північ і зміни меж ареалів десятків видів флори та фауни [2]. Особливо вразливими до кліматичних змін є екосистеми Полісся, Карпат і південного степу, де скорочується чисельність аборигенних видів і зростає частка інвазійних організмів. Такі процеси призводять до порушення екологічного балансу, втрати генетичного різноманіття та зниження здатності екосистем до самовідновлення.

Згідно з аналітичними звітами міжнародних дослідницьких центрів, близько 35 % усіх природоохоронних територій України вже зазнали впливу кліматичних змін – головним чином через зменшення кількості опадів, збільшення частоти лісових пожеж та інтенсифікацію ерозійних процесів. У Карпатському регіоні спостерігається деградація гірських лісів через поєднання антропогенного тиску, шкідників і зміщення кліматичних умов. У степовій зоні значно зросла площа посушливих територій, що негативно позначається на стані степових і лучних біотопів [2].

Проблема збереження біорізноманіття в Україні ускладнюється не лише природними, а й соціально-економічними чинниками. Військові дії, що тривають на значній частині території країни, створюють додаткові екологічні ризики. Згідно з дослідженням, опублікованим у *Conservation Science and Practice* (2024), війна в Україні змінює глобальні соціально-економічні сценарії та має «непередбачувані наслідки для майбутнього біорізноманіття», зокрема через знищення природних середовищ, забруднення ґрунтів і вод, а також порушення ланцюгів природоохоронного моніторингу [3].

Окупація та бойові дії призводять до втрати територій природно-заповідного фонду, таких як Азово-Сиваський національний природний парк, об'єкти біосферного резерву «Асканія-Нова» та окремі ділянки Рамсарських угідь. Руйнування інфраструктури, пожежі, міграція населення, а також неконтрольований видобуток ресурсів створюють умови, за яких відновлення екосистем стане надзвичайно тривалим і затратним процесом.

Окремої уваги потребує правовий аспект охорони біорізноманіття в умовах зміни клімату. Як зазначає І. Копиця, національне законодавство України у сфері кліматичного регулювання розвивається фрагментарно: окремі положення Закону «Про охорону навколишнього природного середовища» та Стратегії екологічної безпеки не забезпечують системної інтеграції екологічної політики з політикою кліматичної адаптації [1].

Важливу роль у протидії кліматичним змінам відіграють nature-based solutions (NbS) – природоорієнтовані рішення, які поєднують відновлення екосистем із соціально-економічними вигодами. За даними UNEP, ці підходи дають змогу зменшити викиди парникових газів, зміцнити стійкість громад до стихійних лих і водночас зберегти біорізноманіття [2]. Прикладами таких рішень є:

- відновлення заплавлених територій Дніпра та Дністра, які виконують функції природних фільтрів води;



- створення зелених коридорів у містах, що знижують температуру повітря і покращують умови для міської фауни;
- агролісомеліорація, тобто відновлення лісосмуг, які запобігають ерозії ґрунтів і сприяють збереженню запилювачів.

У наукових і практичних дискусіях дедалі більшої ваги набуває концепція «екологічної безпеки людини», яка передбачає перехід від локальних природоохоронних заходів до інтегрованих стратегій управління екосистемами. Україна вже має певний прогрес у цьому напрямі – зокрема, через приєднання до Європейського зеленого курсу та ухвалення Національної стратегії адаптації до зміни клімату до 2030 року. Однак рівень імплементації цих документів поки залишається низьким, а фінансування природоохоронних проєктів – недостатнім [1].

У перспективі ключовим напрямом розвитку є поєднання кліматичної політики з політикою охорони біорізноманіття, що відповідає цілям сталого розвитку ООН (SDG 13 – Climate Action та SDG 15 – Life on Land). Для цього необхідно вдосконалити законодавче поле, розширити природно-заповідний фонд до 15 % території держави, а також запровадити державну систему оцінювання екосистемних послуг.

Не менш важливою є роль громад та наукових інституцій у розробленні регіональних планів адаптації до кліматичних змін. На місцевому рівні варто стимулювати екологічну освіту, популяризувати концепцію «зеленої економіки» та підтримувати ініціативи зі збереження місцевих видів. Наприклад, у Львівській, Івано-Франківській і Закарпатській областях діють проєкти з відновлення популяцій бурого ведмеда, рисі та рідкісних видів орхідей – це практичні кроки, що поєднують охорону біорізноманіття з екотуризмом і регіональним розвитком.

Таким чином, Україна перебуває у точці перетину двох масштабних викликів – екологічного та соціально-політичного. З одного боку, кліматичні зміни посилюють загрозу деградації екосистем, з іншого – війна ускладнює природоохоронні дії. Проте ці обставини водночас відкривають можливість формування нової екологічної парадигми – заснованої на природоорієнтованих рішеннях, міждисциплінарних підходах та партнерстві держави, науки й громадянського суспільства [3].

Список використаної літератури:

1. Kopytsia I. The Legal Regulation of Climate Change in Ukraine: Issues and Prospects. Journal of Environmental Law and Policy. 2021. Vol. 1, No. 1. P. 27–36. URL: <https://grassrootsjournals.org/jelp/jelp001-kopytsia-m00211.pdf>
2. United Nations Environment Programme (UNEP). UNEP and Nature-Based Solutions. Nairobi : UNEP, 2024. URL: <https://www.unep.org/unep-and-nature-based-solutions>
3. Vincent C., Cristiano A., Cuadros-Casanova I., Pacifici M., Soria C. D., Tedeschi L., Beekmann M., D'alessio A., Lucas P. M., Nania D., Rondinini C. The war in Ukraine is changing plausible future socioeconomic scenarios leading to an unexplored outlook for biodiversity. Conservation Science and Practice. 2024. Vol. 6, Issue 9. e13056. URL: <https://doi.org/10.1111/csp2.13056>

ЕКОЛОГІЧНА СВІДОМІСТЬ МОЛОДІ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ СТАЛОГО СПОЖИВАННЯ

Гутник Вікторія Романівна, аспірант кафедри екології
Професор кафедри екології Архипова Людмила Миколаївна
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Сучасне суспільство переживає епоху глибоких трансформацій, пов'язаних із пошуком нових моделей взаємодії людини з природою. Екологічна свідомість стає не просто науковою категорією, а визначальною ознакою зрілості цивілізації, її здатності



забезпечити сталий розвиток без руйнування природних основ життя. Особливо важливу роль у цьому процесі відіграє молодь – генераційна група, яка формує культурні стандарти XXI століття та впливає на глобальні споживчі тенденції. Саме молоді люди сьогодні стають «каталізаторами» переходу до зеленої економіки, де цінності екологічної відповідальності, соціальної солідарності та технологічної ефективності поєднуються у цілісну поведінкову систему.

Проблема формування екологічної свідомості молоді пов'язана не лише зі зміною освітніх підходів, а й з переосмисленням самого феномену споживання. Традиційна модель, що базується на масовому виробництві, короткому життєвому циклі товарів і надмірному використанні ресурсів, вичерпала свій потенціал. Замість неї поступово утверджується парадигма сталого споживання, яка передбачає раціональний вибір товарів і послуг з урахуванням їхнього впливу на довкілля, здоров'я людини та соціальну справедливість [2, с. 195].

У цьому контексті екологічна свідомість розглядається як інтегральна характеристика особистості, що поєднує знання про екологічні проблеми, емоційно-ціннісне ставлення до природи та готовність діяти в екологічно відповідальний спосіб. Молоді люди формують власну систему екологічних переконань через соціальні мережі, цифрові кампанії, навчальні програми та особистий досвід взаємодії з природним середовищем. Дослідження китайських учених підтверджує, що саме поєднання знань, мотивації та практики створює стійку модель зеленої поведінки (knowledge–attitude–practice model), яка забезпечує реальні зміни у споживчій поведінці [1, с. 3].

Особливість покоління Z полягає у високій цифровій активності, відкритості до інновацій та готовності підтримувати соціально значущі ініціативи. Проте ці риси можуть мати подвійний ефект. З одного боку, молодь активно долучається до екологічних акцій, пропагує свідоме споживання, переробку відходів і зменшення пластикового забруднення; з іншого – її екологічна поведінка часто залишається поверховою або символічною. Дослідження у В'єтнамі показало, що навіть при високому рівні обізнаності щодо проблем циркулярної економіки, лише частина молодих споживачів реально купує продукцію з переробленого пластику [2, с. 198]. Це свідчить про потребу системної освітньої роботи, орієнтованої на формування внутрішніх мотивів, а не лише зовнішніх стимулів.

Варто наголосити, що екологічна свідомість не виникає спонтанно – вона формується під впливом інституційних, соціальних та економічних чинників. Одним із найефективніших інструментів є інтеграція принципів сталого розвитку у зміст освіти. Програми екологічної освіти мають виходити за межі природничих дисциплін і охоплювати економічну, соціологічну, маркетингову та етичну складові. Як зазначають дослідники, саме міждисциплінарний підхід сприяє виробленню у молоді здатності оцінювати наслідки власних дій для довкілля та суспільства [1, с. 5].

Цікаво, що у глобальному контексті на поведінку молодих споживачів дедалі сильніше впливають бренди, що позиціонують себе як «зелені» або соціально відповідальні. Дослідження, проведене серед представників покоління Z у Європі, виявило прямий зв'язок між позитивним іміджем бренду та готовністю купувати екологічні технологічні продукти. Високий рівень довіри, ідентифікація з цінностями компанії та сприйняття її етичності стають ключовими детермінантами вибору [3, с. 428]. Це доводить, що екологічна свідомість виходить за межі особистого рівня й переходить у площину культурного коду, де споживання перетворюється на соціальну комунікацію.

Одним із найактуальніших завдань сьогодення є поєднання екологічних переконань із реальними споживчими практиками. Для цього важливо забезпечити доступність екотоварів, розвиток ринку перероблених матеріалів і створення стимулів для екологічно відповідальної поведінки. Молодь повинна бачити, що сталий вибір не лише морально правильний, а й економічно вигідний. У цьому контексті значну роль відіграють механізми соціального маркетингу, коли підприємства популяризують екологічні ініціативи через прозору комунікацію, відкритість і демонстрацію результатів своєї діяльності [3, с. 432].



Іншим важливим аспектом є емоційно-когнітивна динаміка екологічної свідомості. Молоді люди схильні до експресивного реагування на глобальні екологічні проблеми – кліматичні зміни, вирубку лісів, втрату біорізноманіття. Ці емоційні реакції часто стимулюють короткочасну активність – участь у флешмобах або петиціях, але не завжди переходять у тривалі звички. Отже, необхідно створювати освітні моделі, які допоможуть трансформувати емоційний імпульс у стійку систему цінностей і практичних навичок, наприклад, через курси «Екологічна етика», «Соціальна відповідальність бізнесу» або студентські стартапи в галузі зеленої економіки [2, с. 200].

Водночас варто відзначити появу нових форм цифрового активізму. Молоді користувачі соціальних мереж створюють платформи для обговорення екологічних тем, просування екоінновацій, обміну досвідом. Такі ініціативи сприяють розвитку «мережевої екосвідомості», де знання поширюються горизонтально, поза межами формальних інституцій. Цей феномен є надзвичайно перспективним для суспільств, що перебувають на етапі становлення інноваційної екологічної культури. Саме у цифровому середовищі відбувається злиття глобальних і локальних ідей, формування нового типу культурної ідентичності – екологічно відповідальної, відкритої, технологічної [1, с. 6].

Важливою умовою розвитку екологічної свідомості є синергія між державою, бізнесом і освітою. Успішні приклади країн Азії показують, що системна державна політика, спрямована на розвиток циркулярної економіки, у поєднанні з корпоративними ініціативами та екологічною освітою створює сприятливе середовище для сталого споживання. Зокрема, у Китаї та В'єтнамі запроваджено масштабні освітні програми для молоді, спрямовані на популяризацію перероблення відходів, енергоефективності та відповідального використання ресурсів [2, с. 201].

Крім того, дослідження Theocharis і Tsekouropoulos доводить, що споживачі покоління Z демонструють зростаючу готовність підтримувати ті компанії, які поєднують інноваційність із прозорими екологічними практиками. Це означає, що молодь дедалі більше розглядає сталий вибір не як жертву зручності, а як новий стандарт якості життя [3, с. 433].

Загалом екологічна свідомість молоді формується на перетині освіти, культури, економіки та технологій. Вона є не лише реакцією на екологічні виклики, а й рушійною силою соціальних змін. Чим вищий рівень поінформованості й відповідальності молоді людини, тим більша ймовірність того, що її особистий вибір сприятиме збереженню природних ресурсів і зміцненню моральних основ суспільства. Тому інвестиції у формування екологічної свідомості – це інвестиції у майбутнє, у нову цивілізаційну парадигму, де сталий розвиток стає не декларацією, а способом життя.

Список використаної літератури:

1. Hong Y., Al Mamun A., Masukujjaman M., Yang Q. *Sustainable consumption practices among Chinese youth. Humanities and Social Sciences Communications*. 2024. Vol. 11. Article 1058. URL: <https://www.nature.com/articles/s41599-024-03582-5> (дата звернення: 30.10.2025).
2. Nguyen H. T. T. *Promoting sustainable consumption and circular economy: the intention of Vietnamese youth consumers to purchase products made from recycled plastics. Chinese Journal of Population, Resources and Environment*. 2024. Vol. 22, Issue 2. P. 194–203. DOI: 10.1016/j.cjpre.2024.06.011.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2325426224000299> (дата звернення: 30.10.2025).
3. Theocharis D., Tsekouropoulos G. *Sustainable Consumption and Branding for Gen Z: How Brand Dimensions Influence Consumer Behavior and Adoption of Newly Launched Technological Products. Sustainability*. 2025. Vol. 17, No. 9. Article 4124. DOI: 10.3390/su17094124. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/9/4124> (дата звернення: 30.10.2025).



ВПЛИВ УРБАНІЗАЦІЇ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТАХ УКРАЇНИ

Гутник Вікторія Романівна, аспірант кафедри екології

Доцент кафедри екології Москальчук Наталія Михайлівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Урбанізація як соціально-економічне та екологічне явище визначає новий формат взаємодії між людиною, простором і довкіллям. У сучасних умовах України цей процес супроводжується інтенсивним зростанням інфраструктурного навантаження, концентрацією транспортних потоків і збільшенням енергоспоживання у межах міських агломерацій. За даними міжнародних організацій, рівень урбанізації України залишається стабільно високим і має тенденцію до подальшого зростання [8]. Це зумовлює потребу у переосмисленні принципів просторового планування з урахуванням екологічної безпеки та стійкості міського середовища [2].

Урбанізація має не лише соціально-економічні, а й глибокі екологічні наслідки. Зростання кількості населення в містах призводить до збільшення обсягів споживання енергії, велика частка якої виробляється з викопного палива на ТЕС, що призводить до викидів забруднюючих речовин у повітря [3]. Основну частину цих викидів становлять оксиди азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю та дрібнодисперсні частинки, які утворюються під час згоряння палива в транспорті та енергетичних установках. Особливу небезпеку становлять частинки $PM_{2.5}$, здатні проникати у легені та кровоносну систему, зумовлюючи підвищення рівня захворюваності на хронічні бронхіти, астму й ішемічну хворобу серця.

Огляд досліджень свідчить, що між рівнем забруднення повітря та показниками громадського здоров'я існує пряма залежність: у містах із високими рівнями концентрацій шкідливих речовин спостерігається зростання передчасної смертності, частоти алергічних і онкологічних захворювань [1]. Водночас зниження якості повітря впливає і на економічну ефективність міського господарства, адже зростають витрати на медичне забезпечення, енергоресурси та утримання інфраструктури [2].

Сучасні українські міста стикаються із загрозою формування стійких зон екологічного ризику. Дослідження CEE Bankwatch Network та Екодії вказують, що понад половину всіх викидів в атмосферу продукують підприємства енергетичного сектору, значна частка яких експлуатує застаріле обладнання [3]. Паралельно транспортна інфраструктура не встигає адаптуватися до зростання кількості приватного автотранспорту, що спричиняє утворення транспортних заторів, шумове навантаження й надмірну емісію шкідливих газів. У Києві, Харкові, Дніпрі та Одесі автотранспорт є головним джерелом викидів оксидів азоту, чадного газу та сажі [5].

Зміни кліматичних параметрів міського середовища є ще одним проявом урбанізаційних процесів. Феномен «теплових островів» формується через високу щільність забудови, асфальтоване покриття та низьку частку зелених зон. Унаслідок цього в центрі великих міст температура повітря влітку може бути на 3–5°C вищою, ніж на периферії, що сприяє утворенню фотохімічного смогу [2]. Концентрації озону та інших оксидів у приземному шарі атмосфери нерідко перевищують санітарні норми, що створює небезпеку для населення й біорізноманіття [1].

Зовнішні глобальні чинники також впливають на якість атмосферного повітря. Згідно з дослідженням Malarvizhi et al. під час пандемії COVID-19 спостерігалось короткочасне поліпшення показників чистоти повітря через зменшення транспортної активності, однак після початку воєнних дій в Україні у 2022 р. рівень забруднення знову зріс через руйнування промислових підприємств, пожеж і використання військової техніки. Це створило локальні «гарячі точки» перевищення концентрацій частинок $PM_{2.5}$ у промислових регіонах країни [6].



Недосконалість просторового планування та зменшення частки зелених насаджень посилюють екологічні ризики. Згідно з оцінками українських екологів, площа зелених територій у багатьох містах не досягає норм містобудівного, санітарного законодавства та рекомендацій ВООЗ, що погіршує природне очищення повітря. При цьому збільшення щільності забудови скорочує площі для парків і скверів, погіршуючи природну вентиляцію міських вулиць і мікрокліматичну стабільність [2].

У відповідь на ці виклики в Україні поступово розвиваються ініціативи «зеленого міста». Громадська екологічна організація Екодія відзначає, що розширення мережі електротранспорту, облаштування зелених буферів уздовж транспортних магістралей і перехід до екологічних стандартів EURO-5 і EURO-6 у транспорті є ключовими кроками для зменшення викидів [5]. Впровадження таких рішень забезпечує подвійний ефект: зниження рівня забруднення та поліпшення якості життя населення.

Важливою складовою майбутньої екологічної політики має стати модернізація енергетичної інфраструктури. Як наголошує Tokmylenko T., модернізація промислових і теплових об'єктів, впровадження низьковуглецевих технологій і систем енергоменеджменту є базовою умовою для скорочення викидів парникових газів [7]. Комплексне використання цифрових систем моніторингу, включаючи супутникові спостереження Copernicus, дозволяє точніше відстежувати концентрації шкідливих речовин і прогнозувати зміни у якості повітря [6].

У стратегічному вимірі подальше зростання урбанізації потребує балансу між економічними інтересами й екологічною стабільністю. Підхід, заснований на концепції сталого міського розвитку, має включати інтегроване планування територій, енергоефективне будівництво, розвиток громадського транспорту та формування екологічної свідомості громадян. Лише комплексна політика, що поєднує технологічні, інституційні та освітні заходи, може забезпечити поступове відновлення якості атмосферного повітря та підвищення стійкості українських міст до екологічних викликів.

Список використаної літератури:

1. Рингач Н. О., Власик Л. Й., Власик Л. І., Колодніцька Т. Л. Урбанізація і вплив на здоров'я забруднення повітря в Україні: загрози та можливості // *Буковинський медичний вісник*. – 2022. – Т. 26, № 2. – С. 69–76. – DOI: <https://doi.org/10.32840/pdu.2021.4.21>
2. Сергієнко Л. В. Екологічні наслідки урбанізації в системі загроз безпеці урбанізованим територіям // *Проблеми управління та розвитку*. – 2021. – № 4. – С. 21–28. – DOI: <https://doi.org/10.32840/pdu.2021.4.21>
3. CEE Bankwatch Network. *The impacts of Ukraine's energy sector on air quality*. – Prague: Bankwatch, 2020. – 28 p. – URL: https://bankwatch.org/wp-content/uploads/2020/10/2020-10-19_Ukraine-air-quality-mapping_final2.pdf.
4. Central Intelligence Agency. *The World Factbook: Ukraine*. – Washington, DC : CIA, 2025. – URL: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/ukraine/> (дата звернення: 06.11.2025).
5. Транспорт / Екодія URL: <https://ecoaction.org.ua/diyalnist/transport> (дата звернення: 06.11.2025).
6. Malarvizhi A. S., Liu Q., Trefonides T. S., Hasheminassab S., Smith J., Huang T. The spatial dynamics of Ukraine air quality impacted by the war and pandemic // *International Journal of Digital Earth*. – 2023. – Vol. 16, Iss. 1. – P. 3680–3705. – DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2023.2239762>
7. Tokmylenko, T., Chernyshova, O., & Chyzhyk, V. Investigation of greenhouse emission inventory from transport system functioning in large and medium cities. *Technology Audit and Production Reserves*. – 2024. – 1(3(75)), 37–42. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.298569>
8. World Bank. Urban population (% of total population) – Ukraine / World Bank Group, URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=UA> (дата звернення: 06.11.2025).

ОЦІНКА ВМІСТУ ЗАЛІЗА У ВОДІ ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ ТА МЕТОДОМ СУХОГО ЗАЛИШКУ (НА ПРИКЛАДІ ВОДИ З М. КРИВИЙ РІГ)

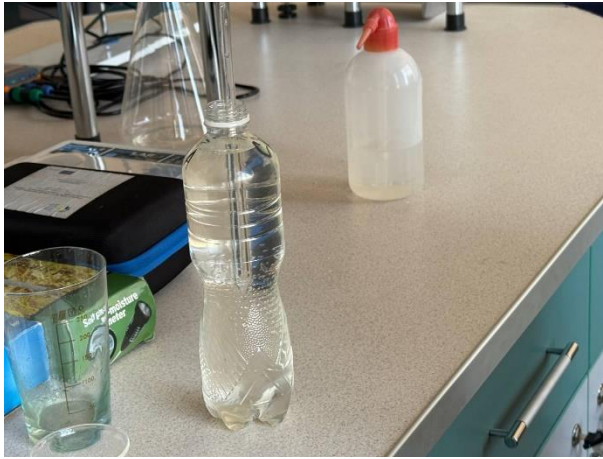
Луньова Євгенія Валеріївна, Дівончук Уляна Андріївна, студентки групи ЕКО-24-1

Доцент кафедри екології Мосюк Микола Іванович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Вода є одним із найважливіших ресурсів для життя людини. Вона не лише забезпечує нормальне функціонування організму, але й є основою для гігієни, приготування їжі та ведення промислової діяльності.

Однак її цінність визначається не лише кількістю, а й якістю: важливо, щоб у ній були необхідні мінеральні елементи, але водночас їх концентрація не перевищувала допустимих норм, адже надлишок певних сполук може негативно впливати на здоров'я.



Кривий Ріг - великий промисловий центр України, відомий розвинутою гірничо-металургійною галуззю: на цій території вода може містити підвищену концентрацію металів, зокрема заліза, що робить актуальним її контроль та оцінку.

Також проведення дослідження води саме з Кривого Рогу у межах ІФНТУНГ має на меті продемонструвати важливість моніторингу водних ресурсів промислових регіонів України, навіть якщо вони територіально віддалені від місця проведення форуму та формування єдиної екологічної свідомості студентів і молодих науковців щодо збереження якості водних ресурсів у різних куточках країни.

Дотримуючись лабораторних вказівок та правил техніки безпеки, було виконано комплексний аналіз відібраної проби води. Для дослідження були застосовані два методи: фотоелектроколориметричний метод, який дозволяє кількісно визначити концентрацію заліза за допомогою світлового аналізу, та метод сухого залишку, що оцінює загальний вміст мінеральних речовин у воді.

З метою забезпечення точності всі визначення проводилися з використанням каліброваного обладнання. Особливу увагу було приділено правильності відбору та підготовки проби. Порівняння отриманих значень із чинними санітарними нормами дозволило оцінити відповідність проби вимогам якості питної води. Результати наведені в табл. 1.



Таблиця 1 - Результати досліджень за фізико-хімічними методами

Метод	Короткий опис виконаних дій	Гранично допустима концентрація
Фотоелектроколориметр	До невеликої кількості води додавали реагенти, що взаємодіють із залізом, після чого вимірювали колір розчину за допомогою фотоелектроколориметра	0,2 мг/дм ³ Отримані результати: 0,894 мг/дм ³
Метод сухого залишку	Воду випарювали в сушильній шафі до повного видалення рідини, залишок зважували разом із порожньою чашею, після чого обчислювали масу сухого залишку за допомогою формули	≤ 1000 мг/дм ³ (тобто ≤1000 мг/л) Отримані результати: 2000 мг/л

Щоб запобігти негативним наслідкам, можна застосовувати побутові або промислові методи очищення води. Серед найбільш ефективних підходів - використання фільтрів з іонообмінними смолами або активованим вугіллям, а також методи аерації та хімічного знезалізнення, які дозволяють видалити розчинене залізо. Важливо також регулярно проводити контроль води і, за потреби, промивати систему водопостачання, щоб уникнути накопичення осаду та забруднення труб. Для пиття та приготування їжі до вирішення проблеми можна використовувати додаткову фільтрацію або бутильовану воду.

Отже, наше дослідження показує, що вода у цьому регіоні має перевищене мінеральне забруднення та високий вміст заліза, що вимагає уваги з точки зору якості питної води та безпеки її споживання.

За результатами, концентрація загального заліза, визначена фотоелектроколориметричним методом, склала 0,894 міліграма на літр. Це майже у 4,5 рази перевищує гранично допустиму концентрацію для питної води, яка становить 0,2 мг/л. Додатково ми проаналізували сухий залишок води, який склав 2000 мг/л, що значно перевищує санітарний орієнтир для питної води в Україні — 1000 мг/л. Високий показник TDS свідчить про те, що вода містить значну кількість мінеральних речовин, таких як кальцій, магній, натрій, хлориди та сульфати. При цьому слід зазначити, що сухий залишок не дає точних даних щодо конкретного вмісту заліза, і для оцінки цього показника обов'язково проводиться спеціальний аналіз, який у нашому випадку показав перевищення. Таким чином, навіть незначна частка заліза у загальному мінеральному складі води може створювати суттєві проблеми для її естетичної якості та використання у побуті.

Список використаної літератури:

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Питна вода. Гігієнічні вимоги до якості та безпеки. Київ: МОЗ України, 2010.
2. World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking-water Quality. 4th edition. Geneva: WHO, 2017.
3. Ковальчук В. П. Методи хімічного аналізу води. Київ: Наукова думка, 2015.
4. Бойко І. В., Лисенко Т. М. Контроль та очищення питної води. Харків: Факт, 2018.
5. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd edition. Washington, DC: APHA, 2017.
6. Гнатюк М. П. Аналіз мінерального складу води: лабораторний практикум. Львів: ЛНУ, 2016.
7. Єфремова О. В. Сучасні методи визначення заліза у воді: фотоколориметричний та іонообмінний підходи. Науковий вісник, 2020, №3, с. 45–52.
8. Романов П. І., Соколенко Н. А. Якість води та вплив заліза на побутове використання. Вісник екології та природокористування, 2019, №2, с. 12–20.



МУЛЬТИМАСШТАБНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОГО РАЙОНУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Донець Олександр Володимирович, аспірант кафедри екології

Доцент кафедр и екології Зорін Денис Олексійович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Анотація

У роботі розглянуто використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у системі екологічного моніторингу Івано-Франківського району. Показано, що впровадження БПЛА у поєднанні з геоінформаційними технологіями забезпечує підвищення точності, оперативності та ефективності контролю стану довкілля. Дослідження спрямоване на вдосконалення методів збору, обробки та аналізу екологічних даних з метою своєчасного виявлення антропогенних впливів на природні комплекси району.

Ключові слова: Івано-Франківський район, екологічний моніторинг, безпілотні літальні апарати, ГІС, природне середовище, екологічний стан поверхневих вод.

Вступ

Моніторинг довкілля являє собою багаторівневу систему спостережень, яка функціонує на детальному, локальному, регіональному, національному та глобальному рівнях. Детальний моніторинг охоплює невеликі ділянки території, тоді як локальний рівень забезпечує контроль за екологічними процесами в межах району чи міста. На основі узагальнення локальних даних формується регіональна система моніторингу, що дозволяє здійснювати комплексну оцінку стану довкілля, прогнозувати тенденції його змін та визначати території з підвищеним антропогенним навантаженням.

Сучасний підхід до моніторингу передбачає інтеграцію різнорівневих систем у єдине інформаційне середовище, що забезпечує формування національної системи екологічного моніторингу. У глобальному масштабі такі системи інтегруються у міжнародні мережі спостереження, зокрема в Глобальну систему моніторингу навколишнього середовища (GEMS), що координується під егідою ООН[2-3].

В умовах Івано-Франківського району актуальним є створення мультимасштабної геоінформаційної системи моніторингу поверхневих вод, яка поєднує дані різного просторового рівня — від локальних спостережень до регіонального аналізу в перспективі на рівні Євросоюзу (рис. 1). Такий підхід дозволяє інтегрувати супутникові знімки, результати дистанційного зондування, дані з безпілотних літальних апаратів та наземних сенсорів у єдину ГІС-платформу. Це забезпечує підвищену точність оцінки екологічного стану водних об'єктів, своєчасне виявлення джерел забруднення та прогнозування екологічних ризиків у межах району.

Актуальність теми.

В умовах зростання інтенсивності господарської діяльності на території Івано-Франківського району особливої важливості набуває оцінка масштабів і характеру антропогенного впливу на стан довкілля. Для цього необхідним є створення ефективної системи екологічного моніторингу, яка забезпечує комплексне відстеження динаміки змін у навколишньому середовищі та дозволяє своєчасно реагувати на екологічні ризики. Використання геоінформаційних технологій та безпілотних літальних апаратів значно підвищує точність і оперативність збору екологічних даних, забезпечуючи об'єктивну оцінку екологічного стану території.

Мета і завдання дослідження.

Мета роботи — здійснити оцінку екологічного стану поверхневих вод Івано-Франківського району та обґрунтувати ефективність застосування геоінформаційних технологій і БПЛА у системі екологічного моніторингу.

Основні завдання полягають у вдосконаленні методів збору та аналізу просторових даних, визначенні основних джерел антропогенного навантаження та оцінці змін стану водних екосистем за допомогою сучасних цифрових технологій.

Предмет дослідження.

Екологічний моніторинг поверхневих вод Івано-Франківського району із застосуванням геоінформаційних технологій та безпілотних літальних апаратів.

Методи дослідження.

Застосовано методи геоінформаційного аналізу, дистанційного зондування, статистичної обробки даних, а також інтерпретації результатів супутникових і аерофотозйомок, виконаних із БПЛА.

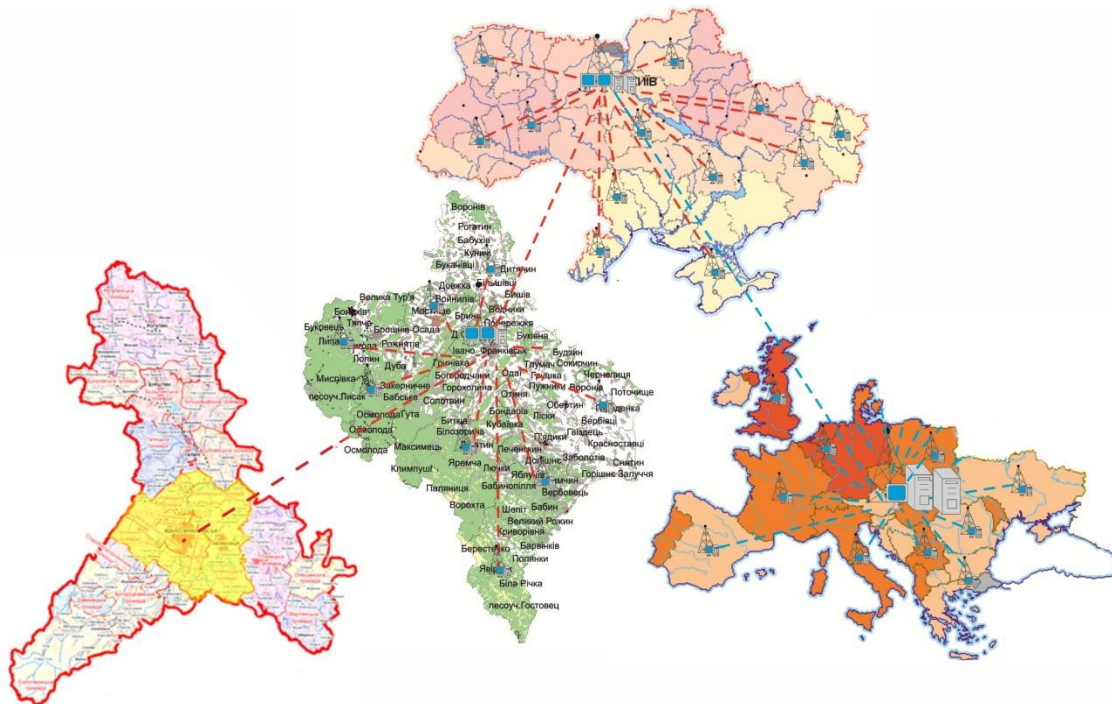


Рисунок 1. Мультимасштабний моніторинг

Вибір моделі території досліджень

Івано-Франківський район (рис. 2) є одним із ключових адміністративно-територіальних утворень Івано-Франківської області. Він був сформований 17 липня 2020 року в результаті проведення адміністративно-територіальної реформи України. Адміністративним центром району є місто Івано-Франківськ.

Територія району межує: на заході — з Калуським районом, на південному заході — з Надвірнянським, на південному сході — з Коломийським районами Івано-Франківської області; на півночі та північному заході — з Львівською областю (Львівський і Стрийський райони); на сході — з Тернопільською областю (Тернопільський та Чортківський райони); а на південному заході — із Закарпатською областю (Тячівський район).

Згідно з офіційними статистичними даними станом на 2020 рік, чисельність населення Івано-Франківського району становила 559 866 осіб [1].



Рисунок 2. Фізико-географічна картосхема Івано-Франківського району [1]

Дослідження переваг використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у геоінформаційному моніторингу довкілля Івано-Франківського району

Для підвищення ефективності екологічного моніторингу територій Івано-Франківського району важливим є впровадження сучасних дистанційних технологій спостереження, серед яких особливе місце посідають безпілотні літальні апарати (БПЛА). Їх застосування забезпечує оперативне отримання високоточної просторової інформації, необхідної для оцінки антропогенного впливу на природні комплекси та визначення рівнів забруднення довкілля.

БПЛА, оснащені сучасним бортовим обладнанням, дозволяють здійснювати систематичне спостереження за станом атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів і рослинності. Для цього використовуються спеціалізовані апаратно-програмні комплекси, що включають системи управління польотом, сенсорні модулі збору та передачі даних, а також центри обробки інформації.

Серед основних тенденцій розвитку технологій екологічного моніторингу виділяються:

- зростання кількості промислових процесів, що супроводжуються викидами шкідливих речовин;
- ускладнення технологічних систем і підвищення навантаження на природне середовище;
- нераціональне використання природних ресурсів;
- необхідність своєчасного виявлення джерел забруднення та прогнозування їхнього впливу на екосистеми.

Сучасні вимоги до моніторингу довкілля в Івано-Франківському районі передбачають комплексне поєднання БПЛА з геоінформаційними системами (ГІС). Такий підхід забезпечує оперативне управління екологічною інформацією, інтеграцію результатів дистанційного зондування із даними наземних спостережень, а також можливість швидкого прийняття управлінських рішень.



Метою дослідження є підвищення рівня екологічної безпеки Івано-Франківського району шляхом удосконалення технологій дистанційного моніторингу та використання БПЛА для збору екологічних даних.

Об'єктом дослідження виступає процес застосування безпілотних літальних апаратів у системі моніторингу стану навколишнього природного середовища району, а предметом — методи та засоби їх використання для фіксації і прогнозування просторових змін екологічних параметрів.

Основні завдання дослідження включають:

1. Аналіз сучасних методів екологічного моніторингу з використанням дистанційних технологій.
2. Оптимізацію структурних схем управління польотом БПЛА при вирішенні природоохоронних завдань.
3. Розробку науково-методичних підходів до використання сенсорних систем для збору екологічних даних.
4. Верифікацію результатів польових спостережень та оцінку ефективності застосування безпілотних технологій.
5. Формування рекомендацій щодо впровадження БПЛА у практику моніторингу довкілля Івано-Франківського району.

Застосування БПЛА у поєднанні з ГІС-технологіями дозволяє здійснювати детальне картографування ландшафтів, контролювати динаміку рослинного покриву, фіксувати ерозійні процеси, зміни водного балансу та прояви антропогенного навантаження. У порівнянні з традиційними методами моніторингу, використання дронів забезпечує вищу оперативність, точність і доступність даних навіть у важкодоступних ділянках.

Сучасні моделі багатороторних БПЛА, оснащені оптичними, інфрачервоними та гіперспектральними сенсорами, дають змогу отримувати багатовимірну інформацію про стан компонентів екосистеми. Це дозволяє формувати аналітичні бази даних і створювати цифрові моделі місцевості для подальшого екологічного аналізу.

Методика проведення робіт включає етапи: вибір ділянок спостереження, збір проб із використанням аерофотозйомки, побудову баз даних, аналітичну обробку отриманої інформації та розроблення прогнозів розвитку екологічної ситуації. На основі результатів формуються рекомендації щодо оптимізації природокористування і підвищення ефективності природоохоронних заходів[4,5].

Таким чином, впровадження технологій БПЛА у систему екологічного моніторингу Івано-Франківського району є перспективним напрямом, який забезпечує підвищення якості контролю стану довкілля, дозволяє оперативно виявляти негативні зміни та приймати науково обґрунтовані управлінські рішення для зменшення екологічних ризиків.

Висновки

Проведене дослідження підтвердило, що екологічний моніторинг із використанням безпілотних літальних апаратів є одним із найефективніших інструментів для спостереження за станом довкілля Івано-Франківського району. Завдяки високій маневреності та мобільності БПЛА забезпечується можливість оперативного отримання інформації про повітря, ґрунти, водні ресурси та зелені насадження навіть у важкодоступних гірських і заплавних зонах.

Використання сучасного бортового обладнання дозволяє одночасно фіксувати кілька параметрів середовища на різних висотах і ділянках, що підвищує точність оцінки екологічного стану території. Отримані дані інтегруються у геоінформаційну систему, що забезпечує створення цифрових карт забруднення та прогнозування змін природних процесів.

Застосування малих і міні-БПЛА, здатних здійснювати польоти радіусом до 30–50 км, є особливо ефективним для регулярного моніторингу територій площею до 3000 км², що повністю охоплює Івано-Франківський район. Такі апарати забезпечують оптимальне співвідношення вартості, точності та швидкості збору інформації.



Подальший розвиток технологій аерофотозйомки та сенсорного зондування сприятиме створенню інтегрованої системи мультимасштабного моніторингу, здатної своєчасно реагувати на екологічні ризики, пов'язані зі змінами клімату, урбанізацією та господарською діяльністю. Реалізація таких підходів потребує підтримки з боку державних структур та місцевих органів влади для впровадження інноваційних екологічних технологій у систему регіонального управління природними ресурсами.

Список використаної літератури:

1. Децентралізація - портал про реформу місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні (2024).
<https://decentralization.ua/newgromada/3991>
2. Zorin, D. (2024). Assessment of the ecological status of soil cover and design of environmental monitoring in the Ivano-Frankivsk urbancommunity. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 15(1), 39-52. <https://doi.org/10.69628/esbur/1.2024.39>
3. Зорін Д.О. Електронні картографічні ГІС-моделі екологічного стану Дністровського каньйону. Том 43 № 3 (2022): Екологічна безпека та природокористування
<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.3.110-118>
4. EngineerBainomugisha, PriscahAdrineWarigo, FaithBusiguDaka, AngelaNshimye, MaclinaBirungi, DeoOkure. AI-driven environmental sensor networks and digital platforms for urban air pollution monitoring and modelling. *Societal Impacts* Volume 3, June 2024. <https://doi.org/10.1016/j.socimp.2024.100044>
5. Thomas Kozlowski, OvidiuNoran, Jarrod Trevathan. Designing an Evaluation Framework for IoT Environmental Monitoring Systems. *Procedia Computer Science*. Volume 219, 2023, Pages 220-227 <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.284>

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НА НАФТОГАЗОПРОМИСЛАХ ПРИКАРПАТТЯ

Дригулич Сергій Петрович, аспірант кафедри екології

К.т.н., завідувачка кафедри екології Орфанова Марія Михайлівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Забруднення ґрунтів на нафтогазопромислах є одною з основних проблем нафтогазовидобувної промисловості.

Ґрунти є чутливим до забруднення, особливо у Карпатському регіоні. Для них характерним є накопичення гумусу та поживних речовин. Вони характеризуються високим вмістом органічної речовини, реакція ґрунтового розчину, як правило, нейтральна або близька до нейтральної, мають середній вміст рухомих сполук фосфору, низький вміст рухомих сполук заліза.

Результати дослідження науковців свідчать про те, що при забрудненні ґрунту нафтою чи нафтопродуктами змінюються їх фізико-хімічні властивості, також руйнується ґрунтова структура. Це приводить до зниження показників водопроникності, вологосності, погіршується процеси повітряного та температурного режимів.

У забруднених ґрунтах різко зростає співвідношення між вуглецем і азотом за рахунок вуглецю нафти, а це, як відомо, погіршує азотний режим ґрунтів. Кількість мікроорганізмів знижується навіть при відносно незначному забрудненні ґрунту нафтою. А відновлення цих мікроорганізмів спостерігається приблизно через шість місяців після забруднення. Проте швидкий і інтенсивний ріст мікроорганізмів, які активно засвоюють розчинні сполуки, дуже збіднюють ґрунти сполуками азоту і фосфору, що в подальшому може зіграти роль лімітуючого фактору.

Саме забруднення і фактори, які визначають ступінь порушення природних екологічних систем, безпосередньо пов'язані між собою, а також з біологічними особливостями району. До першочергових факторів відносять тип нафти, її кількість,



характер нафтового забруднення і способів очистки. Забруднення ґрунтів залежить від типу нафти, оскільки вона має різні фізичні і хімічні властивості, а тому і різну токсичність. Легкі вуглеводні високотоксичні, важко засвоюються мікроорганізмами, тому довго зберігаються у нижніх ґрунтових шарах в анаеробній обстановці. Негативний екологічний вплив смолисто-асфальтенових сполук на ґрунти полягає не тільки у хімічній токсичності, а й у зміні водно-фізичних властивостей ґрунтів.

Легка нафта більш рухома і може проникати у верхні шари ґрунту. В'язка нафта створює на поверхні застиглий шар вуглеводнів, який порушує процес аерації.

За результатами досліджень, які проводили вчені, як в Україні так і за кордоном, встановлено, що виживання рослин в забруднених нафтою і нафтопродуктами ґрунтах залежить від глибини проникнення коренів, швидкості відновлення росту листків і наявності підземних захисних органів.

У мінеральному складі нафтовмісних відходів, наприклад, нафтового шламу особливу увагу приділяють значному вмісту оксиду алюмінію, так як він здатний сорбувати на своїй поверхні вуглеводневі компоненти відходів. На поверхні Al_2O_3 будуть сорбуватись ароматичні вуглеводні, які найбільш небезпечні для навколишнього середовища.

Дослідження показали, що в процесі нафтогазовидобутку відбувається засолення ґрунтів наслідок потрапляння високомінералізованих пластових вод на денну поверхню. А збільшення мінералізації може призвести до нестабільності органічного вуглецю та азоту в ґрунтах. Також встановлений взаємозв'язок між типами засолення та концентраціями фосфору та лужногідролізованого азоту, фосфору, калію та гумусу.

В практиці нафтогазовидобутку відомі також багаторічні витoki мінералізованих пластових вод з свердловин, що приводить до утворення геохімічних аномалій на території промислів.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ІЗ ВПРОВАДЖЕННЯМ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ

Зварич Андрій Ігорович, аспірант кафедри екології

Доцент кафедри екології Качала Тарас Богданович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Практичне впровадження технології **Цифрового двійника** (Digital Twin, DT) в енергетичній галузі демонструє її трансформаційний потенціал для оптимізації операцій, зниження витрат і підвищення рівня сталості. У різних сегментах енергетики Цифрові двійники стали ключовим чинником ефективності та інновацій. Цей підрозділ розглядає реальні приклади застосування, зокрема в розумних мережах, системах відновлюваної енергії та тепловій енергетиці, а також досвід компанії **Siemens**, яка є піонером у впровадженні цієї технології.

Одним із найвпливовіших напрямів застосування Цифрових двійників є **розумні енергомережі (Smart Grids)**, де інтеграція розподілених енергетичних ресурсів (DERs) — таких як сонячні панелі, вітрові турбіни та системи зберігання енергії — вимагає високоточного управління. Цифрові двійники забезпечують моніторинг і оптимізацію роботи таких мереж у реальному часі, дозволяючи енергокомпаніям динамічно балансувати виробництво та споживання енергії.

Прикладом є **європейський проєкт InterFlex**, профінансований ЄС, де Цифрові двійники використовувались для моделювання потоків енергії в розумних мережах і вирішення таких проблем, як перевантаження під час пікових навантажень і стабільність мережі. Моделювання різних сценаріїв експлуатації дозволило зменшити енергетичні втрати на **15%** і підвищити надійність роботи мереж. Цей підхід особливо важливий у сучасних умовах, коли енергосистеми дедалі більше децентралізуються, а відновлювані джерела потребують адаптивного управління для підтримання стабільності.



Основою кожного Цифрового двійника є **технологія IoT**, яка забезпечує збір даних у реальному часі. Сенсори IoT встановлюються на фізичних об'єктах — турбінах, трансформаторах, сонячних панелях — і фіксують критичні параметри, такі як температура, тиск, вібрація та потужність. Цей безперервний потік даних надходить до Цифрового двійника, забезпечуючи оперативний моніторинг та аналіз. Наприклад, у вітрових турбінах сенсори IoT вимірюють швидкість вітру, кут нахилу лопатей і механічне навантаження, що дає змогу отримати детальну картину експлуатаційної ефективності. Такі дані дозволяють операторам вчасно реагувати на можливі несправності, скорочуючи простой та витрати на технічне обслуговування. Аналогічно, у розумних мережах пристрої IoT відстежують енергопотоки та виявляють відхилення, що підвищує стабільність і ефективність мережі.

Перспективи розвитку методології цифрових двійників і їх застосування у системах сонячної енергетики відкривають низку напрямів для подальших наукових досліджень. Спираючись на результати цього дослідження, подальша робота має бути спрямована на вдосконалення наявних моделей і розширення їхнього застосування у складніших і реалістичних сценаріях.

Одним із ключових напрямів майбутніх досліджень є інтеграція реальних наборів даних у симуляції цифрового двійника. У цій роботі використовувалися штучно згенеровані дані для моделювання екологічних умов, однак залучення емпіричних даних із діючих сонячних станцій дозволить підвищити точність прогнозів і достовірність результатів. Реальні дані, що включають довгострокові вимірювання сонячного випромінювання, температури, швидкості вітру та ефективності панелей, можуть слугувати надійною базою для калібрування та валідації моделей. Така інтеграція підвищить реалістичність симуляцій і забезпечить адаптацію моделей до конкретних географічних та кліматичних умов.

Ще одним важливим напрямом є розширення моделювання за рахунок додаткових факторів, які впливають на ефективність роботи сонячних електростанцій. Зокрема, варто детальніше дослідити вплив забруднення поверхні панелей (soiling), яке зменшує ефективність через накопичення пилу та бруду. Також доцільно врахувати сезонну деградацію та довгострокові ефекти зношування панелей для кращого розуміння тривалості їхньої експлуатації. Моделювання екстремальних погодних умов — таких як град, сильний вітер чи тривалі періоди хмарності — дасть змогу оцінити стійкість систем і розробити стратегії мінімізації ризиків у різних кліматичних середовищах.

Інтеграція алгоритмів машинного навчання у структуру цифрового двійника відкриває новий рівень інновацій. Аналізуючи великі обсяги даних, моделі машинного навчання можуть виявляти приховані закономірності та взаємозв'язки, непомітні при традиційному аналізі. Отримані висновки можна використовувати для створення адаптивних стратегій оптимізації, що дозволять сонячним станціям автоматично підлаштовуватися до змін навколишніх умов. Крім того, прогностичні моделі можуть передбачати зміни у продуктивності, що дасть змогу операторам своєчасно реагувати на потенційні проблеми й запобігати втратам у виробництві енергії.

Подальший розвиток цифрових двійників потребує активної співпраці та відкритих технологічних платформ. Партнерства між науковими установами, промисловими підприємствами та урядовими структурами сприятимуть обміну знаннями, ресурсами й прискоренню інновацій у сфері відновлюваної енергетики. Розробка відкритих платформ для створення цифрових двійників дозволить зробити ці технології доступними ширшому колу користувачів і дослідників. Такий підхід пришвидшить інтеграцію цифрових двійників у процеси планування, експлуатації та управління енергетичною інфраструктурою.

Дослідження та впровадження підходу цифрового двійника до обладнання сонячної електростанції продемонстрували як практичну цінність, так і теоретичний потенціал цієї методології для оптимізації енергетичних систем. Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції технологій моделювання, аналітики даних та систем зворотного зв'язку в реальному часі у структуру відновлюваної енергетики з метою підвищення ефективності та якості управлінських рішень.



Список використаної літератури:

1. General Electric. (2020). Predictive Maintenance and Operational Optimization Using Digital Twins. GE Case Studies.
2. International Energy Agency (IEA). (2021). Digitalization in Energy: Trends, Challenges, and Opportunities. IEA Report.
3. Tao, F., et al. (2021). Digital Twin and AI in Energy Systems: A Review. *Renewable Energy Journal*.
4. Boschert, S., Rosen, R. (2022). Simulation-Based Design in Digital Twin Ecosystems. *Advanced Manufacturing Journal*.
5. IBM. (2022). Digital Twin for Smart Grids and Energy Systems: Use Cases and Best Practices. *IBM White Paper*.
6. Shell. (2021). Driving Efficiency with Digital Twins in LNG Operations. *Shell Technical Insights*.
7. PwC. (2022). Digital Twin for Enhanced Energy Efficiency in Smart Cities. *PwC Research Paper*.
8. ScienceDirect. (2022). A Comprehensive Review on Digital Twin Technology in the Energy Sector. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612522001108>

ПРОБЛЕМА ПОШИРЕНOSTІ ПАЛІННЯ СЕРЕД ПІДЛІТКІВ І МОЛОДІ ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ

Іванова Софія Василівна, студентка групи 6.1+

*Завідувач кафедри медичної інформатики, медичної та біологічної фізики Мойсеєнко Микола Іванович; доцент кафедри дитячої стоматології Лісецька Ірина Сергіївна.
Івано-Франківський національний медичний університет*

За статистикою найпоширеніша в світі шкідлива звичка – паління, що набула характеру епідемії та широко поширена серед чоловіків, жінок і дитячого контингенту [1, 2]. В Україні ситуація з палінням оцінюється експертами ВООЗ як критична, оскільки кількість осіб, що палять становить 40 % населення, з кожним роком цей показник стрімко зростає. За споживанням сигарет Україна посідає 17-е місце у світі. За даними інформаційного центру з проблем алкоголю, паління і наркотиків в Україні 19 млн. осіб палять сигарети, вік яких 15 років і старші (з них 34 % курять щодня, 6 % - час від часу), що є найвищим показником серед країн Європи. До цієї шкідливої звички щорічно долучаються понад 500 тисяч молоді [3, 4].

Викликає занепокоєння той факт, що дана шкідлива звичка є дуже поширеною серед підлітків, адже підлітковий вік є вирішальним з точки зору формування світогляду, життєвих цінностей, ставлення до шкідливих звичок, зокрема до тютюнопаління. Відомо, що чим менше вік початку паління – тим більш згубний вплив воно має на здоров'я та тим динамічніше розвивається епідемія. Крім того, у даного контингенту досить швидко виникає звикання до нікотину: кожний третій підліток 12-14 років і кожний другий підліток старший за 15 років палить сигарети. Біля 80 % людей починають палити сигарети у віці до 18 років [3, 4, 5, 6].

Окрім впливу на здоров'я людини, різні види паління негативно впливають на довкілля. Наприклад, відомо що тютюновий дим є фактором забруднення повітря та містить три види парникових газів: двоокис вуглецю, метан та оксид азоту, що забруднюють навколишнє середовище, щорічно за даними ВООЗ виробництво тютюну стає причиною викидів обсягом 84 мільйонів тон в еквіваленті вуглекислого газу. Крім того, недопалки посідають провідну позицію серед забруднюючих та токсичних речовин, що містяться у наших водоймах. Недопалок розкладається біля 10 років, що дає можливість нікотину та іншим хімічним речовинам просочуватися в навколишні екосистеми. Також великою



проблемою стали відходи від електронних цигарок, оскільки вони складаються з біонерозкладних матеріалів. За загальносвітовими оцінками щорічний обсяг таких відходів становить 99 млрд фунтів [7,8].

Отже, питання поширеності шкідливої звички паління, особливо серед осіб підліткового та юнацького віку, залишається актуальним, тому метою дослідження було визначення поширеності шкідливої звички паління серед осіб підліткового та юнацького віку, а також дослідити екологічні наслідки тютюнокуріння для розробки та впровадження в подальшому програми профілактичних заходів щодо паління та мінімізації його негативного впливу на довкілля.

Для досягнення поставленої мети було проведено опитування за допомогою спеціально розробленої анкети 86 осіб підліткового та юнацького віку від 15 до 24 років у конфіденційних умовах. Анкета включала 16 питань, що стосувалися виявлення факту наявності шкідливої звички паління; виду, початку і тривалості паління; мотивації до початку та відмови паління; обізнаність про шкідливість паління для здоров'я; обізнаність про вплив паління на довкілля тощо. Для статистичної обробки матеріалу під час дослідження були застосовані комп'ютерні програми на основі Microsoft Excel.

Результати проведеного дослідження показали, що дана шкідлива звичка зустрічається, як серед осіб підліткового, так і серед респондентів юнацького віку. Серед всіх респондентів $32,4 \pm 1,5$ % визнали себе щоденними курцями. Було встановлено, що рівень поширеності паління підвищується із збільшенням віку анкетованих. Так, поширеність паління серед підлітків становила $26,3 \pm 1,8$ %, тоді як серед осіб юнацького віку цей показник збільшується і становить – $38,5 \pm 2,4$ %. Крім того, тих хто хоч раз робив спробу палити було в 1,4 рази більше. Привертає увагу, що серед близького оточення в родинях у $42,8 \pm 2,6$ % респондентів є щоденні курці із значним стажем, це в свою чергу може підвищувати ризик щодо пасивного паління.

Серед опитаних респондентів більшість курців вказали, що палять традицій сигарети – $49,7 \pm 1,9$ %, про використання сучасних (альтернативних) видів паління вказали $41,9 \pm 2,2$ %, а також $8,4 \pm 0,6$ % палять кальян. Крім того, $8,4 \pm 0,8$ % вказали, що змінювали вид паління: серед них $75,3 \pm 2,5$ % перейшли із традиційних сигарет на альтернативні види паління та навпаки – $24,7 \pm 1,3$ % з альтернативних видів паління перейшли на традиційні сигарет.

Серед причин, що спонукали почати палити, були такі відповіді: відчуття новизни – $24,5 \pm 1,2$ %, стресові ситуації – $28,8 \pm 1,4$ %, приклади в родині – $26,7 \pm 1,3$ %, вплив компанії – $16,3 \pm 0,8$ %, інші – $3,7 \pm 0,2$ %. Причому в підлітковому віці домінуючі позиції займає причина відчуття новизни та приклади в родині, а в юнацькому віці – стресові ситуації та вплив компанії. Крім того, незалежно від причини початку паління, $61,3 \pm 2,4$ % респондентів, вказують, що в подальшому палять, тому що звикли.

Аналіз отриманих результатів анкетування показав, що практично всі курці не задумуються над питанням щодо впливу паління на довкілля, питанню утилізації недопалків та елементів сучасних видів паління.

Висновок. Поширеність шкідливої звички серед опитаних становить $32,4 \pm 1,5$ %, що є несприятливою прогностичною ознакою з точки зору формування та збереження здоров'я даного контингенту. Простежується тенденція до зростання вживання сучасних (альтернативних) видів паління, що відбувається на тлі зниження рівня паління традиційних сигарет серед підлітків. Отримані результати дослідження свідчать про необхідність регулярного проведення мотиваційних бесід про шкідливість паління для здоров'я та навколишнє середовище, необхідність полишити палити, а також одночасного застосування декількох різних заходів для боротьби з тютюнопалінням. Крім того, у профілактичну роботу з паління обов'язково необхідно включити заходи із підвищення мотивації осіб підліткового та юнацького віку щодо здорового способу життя та цінностей здоров'я, а також мінімізації негативного впливу паління на довкілля.



Список використаної літератури:

1. Щерба В.В., Лаврін О.Я. (2016). Тютюнокуріння: розповсюдженість та вплив на органи і тканини порожнини рота (огляд літератури). Клінічна стоматологія. - 2: С. 27–33.
2. Prevalence of tobacco smoking. Global Health Observatory (GHO) data. <https://www.who.int/gho/tobacco/use/en/>
3. Лісецька І.С. (2021). Види та пристрої для паління та їх шкідливий вплив на організм людини. Український журнал перинатологія та педіатрія. 1(85): 81-90.
4. Чапляк А.П., Романів О.П., Надь Б.Я. (2018). Проблеми профілактики тютюнопаління серед підлітків. Економіка і право охорони здоров'я. 2(8):142-143.
5. Кривенко Л.С., Тищенко О.В., Лепіліна К.М. (2020). Вплив альтернативних методів паління на особливості об'єктивних та суб'єктивних показників здоров'я ротової порожнини. Проблеми безперервної медичної освіти та науки. 2(38): 20–23.
6. Richard Miech, Lloyd Johnston, Patrick M. O'Malley, Jerald G. Bachman. (2019). Trends in Adolescent Vaping, 2017-2019. N Engl J Med. 381:1490-1491.
7. Лупол О.А. Оцінка впливу виробництва тютюнових виробів на компоненти довкілля. <https://docs.academia.vn.ua/bitstream/handle/123456789/1948/%D0%9B%D1%83%D0%B%D0%BE%D0%BB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. Як тютюн впливає на довкілля. Огляд та факти. <https://cedem.org.ua/analytics/tyutyun-dovkillya/>

**ВПЛИВ ОСВІТЛЕННЯ НА ОНТОГЕНЕЗ БРАЖНИКА МЕРТВА ГОЛОВА
(*ACHERONTIA ATROPOS*, LEPIDOPTERA: SPHINGIDAE)**

Здинюк Катерина-Вікторія Андріївна, студентка IV курсу спеціальності А4.05 Середня освіта (біологія та здоров'я людини)

Кандидат біологічних наук, доцент Микитин Тетяна Василівна

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

Бражник мертва голова (*Acherontia atropos*) – один із найвідоміших представників родини Бражникові (Sphingidae) [4, 5, 7]. Вид має високу екологічну та культурну цінність, однак його чисельність скорочується через антропогенний тиск і кліматичні зміни [1, 10].

Експеримент проводився на трьох гусеницях *Acherontia atropos*, вирощених у спеціалізованих контейнерах за різних умов освітлення:

- природне освітлення (14L:10D),
- повна темрява (0L:24D),
- постійне освітлення (24L:0D, LED-лампа 10 Вт).

Температура утримання становила 20–22 °С, вологість – 40–45 %. Годування здійснювали живильним субстратом на основі агар-агару, зернових екстрактів і вітамінного комплексу [8, 9]. Для підтвердження видової належності та аналізу родинних зв'язків використано дані з бази GenBank [6], а також інструменти *MUSCLE* [2] і *SeaView* (Gouy et al., 2021 [3]) для вирівнювання послідовностей і побудови філогенетичного дерева.

Виявлено, що світловий режим істотно впливає на швидкість розвитку гусені.

При постійному освітленні (24L:0D) розвиток відбувався найінтенсивніше: особини швидше переходили у стадію лялечки, а тривалість онтогенезу скорочувалася.

За природного освітлення (14L:10D) розвиток мав середню швидкість, а поведінка гусені залишалася стабільною.

У повній темряві (0L:24D) спостерігалася сповільнення розвитку, зниження рухової активності та випадки передчасної загибелі.

Отримані результати свідчать, що фотоперіодичний фактор є важливим регулятором фізіологічних процесів, пов'язаних із секрецією ювенільного гормону, метаболізмом і



терморегуляцією. Відхилення від природного циклу світло/темрява викликає стресові реакції, що негативно впливають на життєздатність.

Філогенетичний аналіз підтвердив тісну спорідненість *A. atropos* з афро-азійськими видами *A. styx* та *A. lachesis*, що узгоджується з сучасними даними молекулярної систематики.

Висновки

1. Режим освітлення суттєво впливає на швидкість онтогенезу *Acherontia atropos*: найінтенсивніший розвиток спостерігається при постійному освітленні (24L:0D).
2. Зміни фотоперіоду від природного ритму знижують активність і життєздатність гусені, що може мати значення для адаптації виду до кліматичних змін.
3. Отримані результати можуть бути використані у програмах моніторингу та збереження рідкісних видів Лускокрилих в умовах антропогенного впливу.

Список використаної літератури:

1. Cocquerelle, C., Delbecque, J. P., Laparie, M., Maria, A. Photoperiodic plasticity of developmental time and gene expression in the moth *Acherontia atropos*. *Acta Oecologica*, 120, 104951, 2023.
2. Edgar, R. C. MUSCLE: Multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Research*, 32, 1792–1797, 2004.
3. Gouy, M., Tannier, E., Comte, N., Parsons, D. P. SeaView Version 5: A Multiplatform Software for Molecular Phylogenetic Analyses. *Methods in Molecular Biology*, 2231, 241–260, 2021.
4. Lifemap platform. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lifemap.cnrs.fr/>
5. Moulds, M. S., Tuttle, J. P., Lane, D. A. *Hawkmoths of Australia: Identification, Biology and Distribution*. Melbourne: CSIRO Publishing, 2020.
6. National Center for Biotechnology Information. GenBank. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>
7. Pittaway, A. R. *The Hawkmoths of the Western Palaearctic*. London: Harley Books, 1993.
8. Scoble, M. J. *The Lepidoptera: Form, Function and Diversity*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
9. Голуб, Н. П. *Фізіологія комах*. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2012.
10. Червона книга України. Бражник мертва голова. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://redbook-ua.org/item/acherontia-atropos-linnaeus>

БІОРИЗНОМАНІТТЯ ВОДРОСТЕЙ РІЧКИ ДНІСТЕР ТА ЇХ БІОІНДИКАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ

Кирилів Богдан Васильович, студент групи ЕКО-23-1

К. б. н., доцент кафедри екології Височин Максим Олегович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Дністер є однією з найбільших транскордонних річок Чорноморського басейну, яка протікає територіями України, Молдови та частково Польщі. Загальна довжина ріки становить 1362 км, а площа басейну складає 72,1 тис. км² [8].

Ріка характеризується значною варіативністю кліматичних, гідрологічних і ландшафтних умов, що у свою чергу формує різноманітні водні екосистеми. Ці умови, разом із просторовою структурою течії, глибиною, прозорістю та гідродинамікою, визначають видовий склад водоростевих угруповань.

Водорості є чутливими організмами до змін абіотичних факторів та можуть виступати біоіндикаторами екологічного стану водойм. Вивчення їх видової структури й просторового розподілу дозволяє оцінити рівень забруднення, трофічний стан та гідрологічну динаміку Дністра [3; 4; 5].

Проби водоростей були зібрані на різних ділянках середньої течії Дністра. Відбір здійснювався з поверхневого та донного шарів, що дозволило охопити як фітопланктонні, так і фітобентосні угруповання. Визначення видового складу проводили за морфологічними ознаками, використовуючи сучасні літературні ключі та рекомендації. Для оцінки біоіндикаційного потенціалу враховували реакцію водоростей на зміни температури, освітленості, концентрацій азоту та фосфору, швидкості течії, кисневого режиму та рН води [5].

У місцях відбору проб № 1-3 (рис. 1) домінують діатомові водорості (Bacillariophyta), що розвиваються у прозорій, добре насиченій киснем воді при помірній течії [3]. Ця група надзвичайно чутлива до концентрацій азоту, фосфору та органічних речовин, тому її склад і чисельність є ефективним індикатором забруднення.

У руслі річки в місцях відбору проб № 4-6 (рис. 1) спостерігається зростання біогенного навантаження, збільшується частка зелених водоростей (Chlorophyta), які добре реагують на підвищені концентрації азоту та фосфору, відображаючи активні продукційні процеси, характерні для літнього періоду [4].

Русло Дністра яке відповідає місцям відбору проб № 8-10 (рис. 1) характеризуються домінуванням ціанобактерій (Cyanobacteria), серед яких переважають роди *Microcystis*, *Aphanizomenon* та *Planktothrix* [5]. Їхнє поширення пов'язане зі слабкою течією, високими температурами та накопиченням біогенних елементів, що створює умови для інтенсивного «цвітіння» води.

Фітобентос річки представлений переважно прикріпленими діатомовими формами, чутливими до змін рН, мінералізації, кисневого режиму та швидкості течії [7]. У малопорушених ділянках переважають автохтонні види, тоді як у зонах антропогенного впливу – толерантні таксони, здатні витримувати забруднення та гідрологічні коливання.

Фітобентос річки, переважно представлений прикріпленими діатомовими формами, демонструє чутливість до зміни рН, мінералізації, кисневого режиму та швидкості течії. У природних, малопорушених ділянках переважають автохтонні види, тоді як у зонах антропогенного впливу – толерантні таксони, здатні витримувати забруднення та гідрологічні коливання.

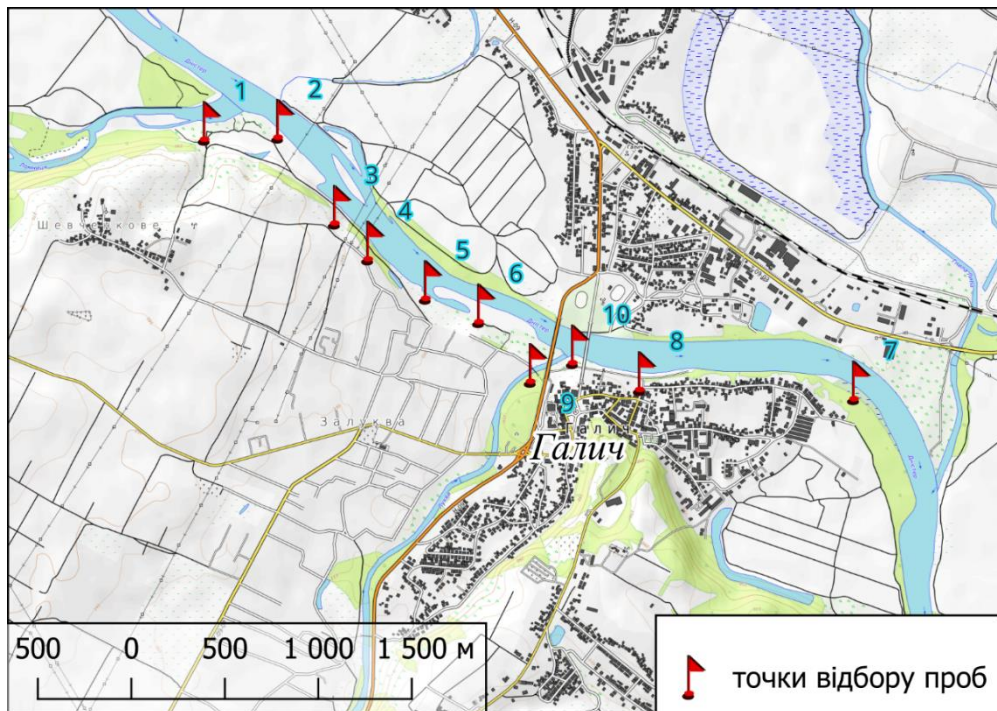


Рисунок 1. Карта відбору проб на річці Дністер



Аналіз екологічних закономірностей та узагальнених моделей розвитку фітопланктону показує, що розвиток водоростей залежить від комплексної взаємодії кількох факторів:

1. Освітленість – оптимальна 40–60 % від максимальної поверхневої (діатомові ростуть при середній прозорості, зелені – при високій, ціанобактерії витримують низьку).

2. Біогенні речовини – надлишок N та P стимулюють домінування ціанобактерій; Si потрібний для діатомових водоростей.

3. Кисневий режим – висока концентрація O₂ у воді потрібна для більшості водоростей; ціанобактерії витримують низькі концентрації кисня.

4. Гідродинаміка – помірна течія сприяє розвитку діатомовим водоростей, слабка – навпаки стимулює збільшення біомаси ціанобактерій.

5. рН води – оптимальний показник становить 6.5–8.5; підвищений рівень рН стимулює токсикогенні ціанобактерії.

Уздовж Дністра ці умови реалізуються по-різному, що визначає просторову структуру водоростевих угруповань.

Найбільше видове різноманіття спостерігається на ділянках з уповільненою течією, висока прогріваність води та накопичення поживних речовин формують динамічні фітопланктонні угруповання. У таких біотопах зміни видового складу є особливо інформативними для біоіндикації гідрохімічних зрушень.

Узагальнені результати показують, водоростеві угруповання річки Дністер демонструють високу чутливість до зміни абіотичних факторів і можуть ефективно використовуватися як біоіндикатори. Вони дозволяють оцінити екологічний стан водойми на основі просторової структури фітопланктону та фітобентосу, домінування окремих таксонів та їх реакції на зміну освітленості, температури, біогенних елементів, кисневого режиму, рН та гідродинаміки води. Отримані дані підтверджують значний біоіндикаційний потенціал водоростевих угруповань для моніторингу Дністра.

Список використаної літератури:

1. Водорості як джерело палива. – URL: <https://ukrayinska.libretexts.org/>
2. Hu, G., et al. *Experimental modelling of algal growth factors*. Електронний ресурс. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220300682>
3. Reynolds, C. S. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge : Cambridge University Press, 2006. Електронний ресурс. – URL: <https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=gDz5jGsPWZYC>
4. Саволук, М. *Дослідження екологічного стану басейну річки Дністер в межах м. Могилів-Подільський : магістерська робота*. Вінниця : ВНАУ.– URL: <https://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/34361.pdf>
5. Шибанова, А. М., Погребенник, В. Д., Мітрясова, О. П. та ін. *Екологічне оцінювання якості води річки Дністер*. Scientific Bulletin of UNFU, 2024. DOI: 10.36930/40310511. – URL: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/2357>
6. Шкрум, З. І. *Вплив антропогенних джерел забруднення на стан р. Дністер : магістерська робота*. Одеса : ОДЕКУ. – URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/9787/1/Магістерська%20робота%20Шкрум%203.I.pdf>
7. Хільчевський, В. К., Гребінь, В. В., Манукало, В. О. *Гідрологічний словник*. Київ. – URL: <https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2024/10/khilchevskiy-v.k.-et-al. hydrological-dictionary.-16.06.22.pdf>
8. Гідрологічні характеристики Дністра. – URL: <https://geo.knu.ua/>



СТУДЕНТСЬКИЙ ЕКО-ПРОСТІР ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ У МОЛОДІ

Коржак Ірина Романівна, студентка групи ЕКОМ-25-1

Доцент кафедри екології Москальчук Наталія Михайлівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Сьогодні, як ніколи, людство стоїть перед необхідністю змінити своє ставлення до природи та забезпечити відповідну освіту нового покоління. У сучасному складному та динамічному світі проблеми навколишнього середовища набули глобального масштабу. Подальший розвиток суспільства можливий лише за умов гармонійного співіснування людини і природи. Кожен повинен усвідомити, що тільки завдяки цій співдружності можливо зберегти життя на планеті та забезпечити сталий розвиток.

Екологічна свідомість сьогодні є ключовою умовою збереження життя та стабільності на планеті. Стрімкий техногенний розвиток, урбанізація, воєнні дії, інтенсивне споживання ресурсів і зміна клімату призвели до серйозних ризиків: деградації екосистем, зростання природних катастроф, забруднення довкілля та скорочення біорізноманіття. У таких умовах екологічна свідомість – це не лише набір знань, а форма мислення, що визначає відповідальне ставлення до природи та усвідомлення власного впливу на довкілля [1].

Формування екологічної свідомості особливо важливе для молоді, адже саме вона прийматиме рішення в політиці, економіці, науці й суспільстві в майбутньому. Студентство відіграє ключову роль у поширенні екологічних ініціатив, адже молодь відкрита до змін, активно підтримує нові підходи та здатна впроваджувати інновації у повсякденне життя.

Університети створюють унікальне середовище для розвитку екологічної активності, поєднуючи освіту, науку, волонтерство та громадську діяльність. Студенти можуть поглиблювати знання з екологічних дисциплін і застосовувати їх на практиці: створювати еко-простори, організувати прибирання територій, впроваджувати сортування відходів та реалізовувати проєкти зі сталого розвитку. Активна позиція студентів формує нові поведінкові моделі, які стають прикладом для викладачів, адміністрації та місцевих громад, а також сприяє розвитку лідерських якостей і відповідальності за спільний результат.

Студентський еко-простір – це спеціально організована локація, яка об'єднує студентів, викладачів та активістів навколо екологічних ініціатив, практичного навчання та сталого способу життя. Він виконує освітню, соціальну та практичну функції: розвиває екологічну культуру, навчає відповідальному використанню ресурсів і дає змогу долучитися до реальних дій.

У рамках грантової підтримки від платформи «Тепле Місто» [2] в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу було реалізовано власний студентський еко-простір. Проєкт включив у себе серію практичних еко-воркшопів, спрямованих на розвиток екологічних навичок та творчості студентів:

- Висадка мікрозелені – ознайомлення з принципами міського мікрогрін-фермерства та раціонального використання ресурсів.
- Розпис шоперів – популяризація багаторазових еко-сумок як альтернативи пластику та розвиток творчого підходу до сталого споживання.
- Переробка паперу у нові вироби – практичне освоєння технік ресайклінгу та розуміння циклічності матеріалів.

Завдяки цьому проєкту студенти отримали унікальну можливість не лише застосовувати на практиці знання з екології, а й відчувати власну відповідальність за довкілля, навчатися працювати в команді та реалізовувати ініціативи, що мають реальний вплив на громаду (рис. 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Реалізація студентського еко-простору в ІФНТУНГ
а) висадка мікрозелені; б) розпис шоперів

Такий досвід формує нове покоління свідомих, активних і соціально відповідальних громадян, які здатні інтегрувати принципи сталого розвитку у повсякденне життя, навчання та професійну діяльність.

Особливу цінність проекту становить його потенціал для поширення. Результати й напрацювання студентського еко-простору слугують моделлю для інших університетів і навчальних закладів, стимулюючи створення подібних ініціатив у різних регіонах країни. Це сприяє не лише формуванню екологічної свідомості серед більшої кількості молоді, а й зміцнює мережу обмінів досвідом, кращих практик та інновацій у сфері сталого розвитку.

Крім того, проект підвищує імідж університету як закладу, що активно підтримує сучасні освітні й екологічні ініціативи, що робить його привабливим для абітурієнтів, партнерів та грантових програм. Його результати створюють можливості для інтеграції студентів у реальні проекти з охорони природи, розвитку сталого середовища та формування відповідального ставлення до довкілля на національному рівні. Таким чином, студентський еко-простір стає не лише майданчиком для навчання та практики, а й платформою для системних змін у свідомості молоді та суспільства загалом.

Список використаної літератури:

1. Кардаш Д. Екологічна свідомість як умова становлення екологічного суспільства / Д. Кардаш // Магістерський науковий вісник. – Вип. 28. – 2020. – С. 173. – Режим доступу: <https://surl.lj/varvhb>

2. Студентська грантова хвиля та «Школа проектного менеджменту» – Тепле Місто. URL: <https://warm.if.ua/studentska-grantova-hvilya-ta-shkola-proyektного-menedzhmentu/>.

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ТОКСИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Линник Діана Олександрівна, студентка групи ТЗКм-25-1

Доцент, завідувачка кафедри ТЗНСБП Грицуляк Галина Михайлівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Екологічна криза супроводжується інтенсивним забрудненням сільськогосподарських ґрунтів. Промислові викиди в атмосферу призводять до осідання токсичних сполук на ґрунтовий покрив. Неконтрольований скид рідких відходів та техногенні аварії спричиняють пряме проникнення небезпечних речовин у ґрунт. Нераціональне використання добрив і пестицидів у сільському господарстві зумовлює накопичення нітратів і хімікатів у рослинній біомасі та довкіллі. Внаслідок вище перелічених факторів проблема забруднення ґрунтового покриву стає дедалі гострішою.

У сільськогосподарській галузі застосування надмірної кількості добрив та пестицидів є однією з головних причин деградації ґрунтового покриву [13]. Нераціональне використання агрохімікатів може призвести до трансформації угруповань корисних мікроорганізмів та розвиток резистентності до антимікробних препаратів. Обробка ґрунту пестицидами негативно впливає на мікроорганізми, які беруть участь у фіксації азоту, розчиненні фосфору та інших важливих процесах кругообігу органічних речовин. Деякі пестициди знижують активність перебігу біохімічних реакцій та активність ґрунтових ферментів. [6]. Реакція ґрунтових мікроорганізмів на ряд хімічних пестицидів є змінною, починаючи від несприятливої до загибелі корисних мікробів. Ключовою небезпекою пестицидів є їх стійкість та здатність до міграції по харчовому ланцюгу. На рисунку один наведено кількість залишків різних пестицидів та продуктів їх розкладу на різній глибині та відсоток зразків ґрунту.

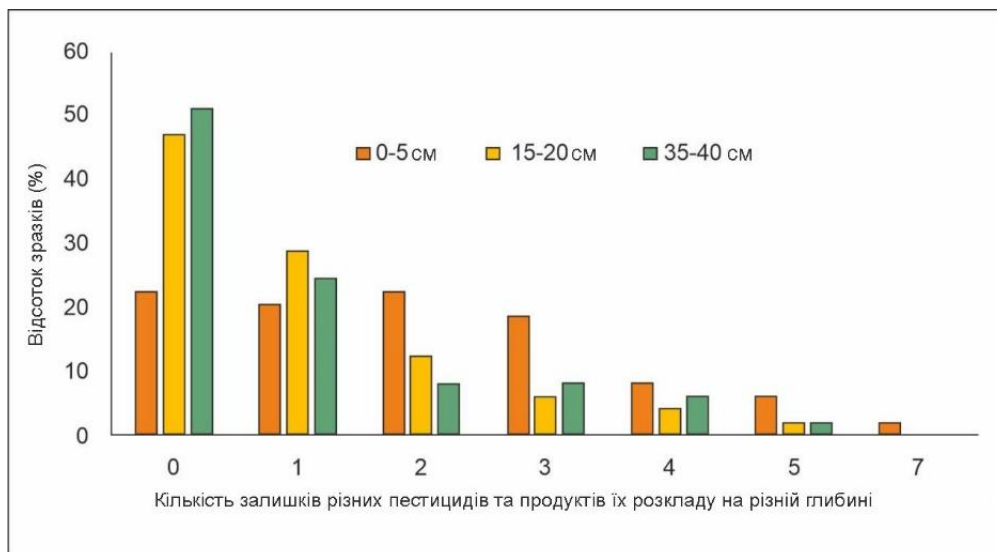


Рисунок 1.– Кількість залишків різних пестицидів та продуктів їх розкладу на різній глибині ґрунту та відсоток зразків ґрунту [5]

У дослідженні [5] аналіз результатів аналізу залишків пестицидів у ґрунтах продемонстрували наявність широкого спектра пестицидних сумішей. Загалом було детектовано тридцять дев'ять варіантів комбінацій пестицидних речовин. Моноконтамінація (один пестицид) спостерігалася у 25% ґрунтових проб, у той час як полікомпонентне забруднення фіксувалося у 35% досліджуваних зразків. З часом залишки агрохімікатів мігруватимуть у фітосферу або ж вимиватимуть у водні об'єкти.



Одним із небезпечних чинників деградації ґрунтів є нафтове забруднення, що виникає через діяльність нафтогазових і нафтопереробних підприємств, а також роботу транспортних мереж для нафти та газу [1]. Нафтові вуглеводні характеризуються канцерогенністю і токсичністю [2]. Поліциклічні ароматичні вуглеводні призводять до зміни розміру зерен, пористості та вологоутримуючої здатності ґрунту та негативно впливають на властивості ґрунту. Крім того, спостерігаються істотні зміни у фізичних властивостях ґрунту - проникності, об'ємних характеристиках, пластичності та інших параметрах, що спричиняє зниження якісних показників забруднених ґрунтів [3]. Вуглеводневі сполуки здатні порушувати повітряний режим ґрунту, формуючи безкисневе середовище, що негативно позначається на ґрунтовій мікрофлорі та гальмує ріст рослинності. Нафтові компоненти можуть змінювати кислотно-лужний баланс ґрунту та біодоступність елементів живлення, впливаючи таким чином на його хімічний стан.

Забруднення сільськогосподарських ґрунтів важкими металами представляє критичну небезпеку для рослинного світу, людського здоров'я та глобальної продовольчої безпеки. Перевищення граничних концентрацій важких металів у землях сільськогосподарського призначення призводить до пригнічення розвитку культурних рослин та зниження їх продуктивності. До найбільш небезпечних важких металів належать хром (Cr), миш'як (As), нікель (Ni), кадмій (Cd), свинець (Pb), ртуть (Hg), цинк (Zn) та мідь (Cu). Ці елементи присутні у різних концентраціях у компонентах довкілля: ґрунтовому покриві, харчових продуктах, водних ресурсах та атмосферному повітрі. Їх токсичний вплив порушує нормальний розвиток рослин і погіршує властивості ґрунту, що зумовлює скорочення урожайності [4].

Отже, забруднення ґрунту токсичними речовинами становить серйозну небезпеку для довкілля та здоров'я людей. Надмірне використання пестицидів порушує життєдіяльність корисних мікроорганізмів у ґрунті та призводить до накопичення небезпечних сполук у фітомасі. Нафтове забруднення погіршує властивості ґрунту, створює умови без кисню та перешкоджає росту рослин. Накопичення важких у сільськогосподарських ґрунтах має отруйний вплив на рослини, знижує врожайність та призводить до потрапляння шкідливих речовин у продукти харчування. Звідси, необхідним є контроль за станом ґрунтового покриву та мінімізація ризиків накопичення токсичних елементів у ґрунтовому покриві та сільськогосподарській продукції.

Список використаної літератури:

1. Andjelkovic, M., Buha Djordjevic, A., Antonijevic, E., Antonijevic, B., Stanic, M., Kotur-Stevuljevic, J., ... & Bulat, Z. (2019). Toxic effect of acute cadmium and lead 26 exposure in rat blood, liver, and kidney. *International journal of environmental research and public health*, 16(2), 274.
2. Daâssi, D., Qabil Almaghribi, F. Petroleum-contaminated soil: environmental occurrence and remediation strategies. *3 Biotech* 12, 139 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03198-z>
3. Sakshi, Singh, S. K., & Haritash, A. K. (2019). Polycyclic aromatic hydrocarbons: soil pollution and remediation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(10), 6489-6512.
4. Botirov, M. T., Normatova, S. A., Nizametdinova, M., Shodmonov, U., & Mamarasulov, J. (2021). Influence of oil and oil products on living organisms and methods of soil purification from oil products. *Asian Journal of Advances in Research*, 186-190.
5. Bhandari, G., Atreya, K., Scheepers, P. T., & Geissen, V. (2020). Concentration and distribution of pesticide residues in soil: Non-dietary human health risk assessment. *Chemosphere*, 253, 126594. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126594>
6. Mandal, A., Sarkar, B., Mandal, S., Vithanage, M., Patra, A. K., & Manna, M. C. (2020). Impact of agrochemicals on soil health. In *Agrochemicals detection, treatment and remediation* (pp. 161-187). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00007-6>.



ЕКОЛОГІЧНІ ТА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ БУДІВНИЦТВА МАЛИХ ГЕС У КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

Майкович Володимир Євгенович, аспірант кафедри екології

Професор кафедри екології Адаменко Ярослав Олегович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Мала гідроенергетика в сучасних умовах розглядається як важлива складова розвитку відновлюваної енергетики, здатна забезпечувати локальні громади відносно стабільною та екологічно прийнятною електроенергією. Проте для гірських регіонів, зокрема Карпат, проектування та впровадження МГЕС супроводжується низкою суттєвих геологічних, гідрологічних, екологічних і технічних викликів. Вони визначають як можливість спорудження МГЕС на конкретних ділянках, так і їх тривалу безпечну експлуатацію без значного негативного впливу на довкілля та місцеве населення.

Одним із ключових аспектів є інженерно-геологічні умови. Флішева структура Карпат, що представлена чергуванням пісковиків, алевролітів і аргилітів, є вразливою до розвитку екзогенних небезпечних процесів – зсувів, селів, обвалів, ерозії та карсту. Найскладніше забезпечити стійкість водопідпірних споруд у районах активних зсувних процесів і селевих потоків. Потенційно сприятливими є ті ділянки, де на поверхню виходять стійкі породи, тоді як території зі значною глибиною вивітрювання, розущільненими породами або струмковими наносами становлять високий ризик. Саме тому кожна ділянка має проходити комплексні інженерно-геологічні вишукування ще на передпроектній стадії.

Ґрунтові умови також визначають придатність територій. Висока цінність чорноземів та родючих ґрунтів розглядається як фактор обмеження, а техногенно порушені ділянки – навпаки, як потенційні місця для розміщення інфраструктури МГЕС. При цьому обмежувачами є забруднені ґрунти з високим вмістом важких металів, де будівництво потребує додаткових заходів екологічної безпеки. Карти ґрунтів використовуються для визначення зон з мінімальним впливом на екосистеми.

Значну увагу у Карпатах слід приділяти гідрологічному режиму, який характеризується різкими сезонними коливаннями. Малі ГЕС можуть працювати на повну потужність протягом кількох місяців у багатоводні роки. У меженні ж (осінньо-зимовий період) виробіток різко падає – іноді до 40 % від установленої потужності. Це вимагає точного визначення установленого режиму роботи станції та оптимізації витрат води. Санітарний попуск є обов'язковим і повинен відповідати мінімальним середньодобовим витратам 95% забезпеченості [1]. Належне його забезпечення дозволяє зберегти екологічну рівновагу та водні організми в нижньому б'єфі.

Окремим блоком є питання рибопропускних споруд. Карпатські річки – це середовище проживання багатьох цінних та рідкісних видів, включаючи дунайського лосося, форель, марену та інші види, занесені до Червоної книги України. Для збереження міграційних потоків використовуються рибоходи, які повинні забезпечувати як вертикальне, так і горизонтальне подолання перепадів. Найбільш ефективними вважаються сходові рибоходи з системою камер і перепадів, які уповільнюють потік води та дозволяють риbam долати різницю висот [1]. Потік у рибоході має бути достатньо привабливим, щоб не конкурувати з потоком із турбін, а вихід риби у верхній б'єф повинен бути розташований на безпечній відстані від зон забору води.

Значення мають і додаткові конструкції – рибонакопичувачі, автономні блоки живлення рибоходу та заходи для уникнення засмокування риби у турбіни. На дериваційних МГЕС проблема конкуренції потоків не виражена, тоді як на руслових обов'язково потрібні додаткові технічні рішення для безпеки іхтіофауни.

Будівництво МГЕС впливає на рослинний покрив локально. Прибережно-водні угруповання, характерні для Карпат, зазвичай складаються з мезогідрофітів та гідрофітів –



осок, очерету, ситників, м'яти водяної та інших видів. Дослідження показують, що навіть у разі часткового затоплення або пошкодження ці угруповання швидко відновлюються завдяки високій здатності до природної регенерації. Знищення рослинності під час будівництва становить не більше 0,5 га, що для річкових екосистем є незначною площею.

Наземні екосистеми зазнають впливу переважно через зміну ландшафтної структури, заселення нових видів і часткову втрату біотопів дрібних тварин. Однак більшість МГЕС розташовуються в межах населених пунктів, де природні комплекси вже зазнали значної трансформації. За даними Інституту зоології НАН України, значних довгострокових негативних ефектів не очікується, а втрати чисельності видів будуть незначними та локальними [2].

Водночас утворення міні-водосховищ може мати й позитивні екологічні наслідки: збільшення чисельності водно-болотних птахів, формування нових місць відпочинку мігруючих видів, розвиток гідрофільних ссавців, а також підвищення кормової бази за рахунок збільшення чисельності водних безхребетних. Моніторингові дослідження не виявили умов для інтенсивного «цвітіння» води, оскільки гірські річки мають високу швидкість течії та низькі температури [2].

Для бентосу і планктону зміни не є критичними, хоча можливе часткове випадіння окремих груп, чутливих до замулення, зокрема веснянок або деяких видів одноклітинних. Натомість зростає частка фільтраторів і личинок комах, здатних існувати в умовах донних відкладень.

Щодо іхтіофауни, то дорослі риби активно уникають зон підвищеної мутності та турбулентності. Будівельні роботи не допускаються у період нересту, а оптимальним періодом будівництва є липень–жовтень або січень–березень. Якщо водойма МГЕС використовується для риборозведення, екосистемний ефект може бути навіть позитивним.

Прикладом перспективної ділянки є територія басейну р. Чечви, яка має сприятливі геоморфологічні, гідрогеологічні та кліматичні умови. Аналіз водних ресурсів підтверджує відповідність якості води нормам, а річка має достатню водність для роботи МГЕС потужністю до 1 МВт. Ґрунтові та кліматичні показники не створюють додаткових обмежень, а техногенне навантаження у регіоні – помірне.

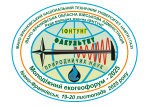
Економічна доцільність МГЕС залежить від типу станції. Руслові станції дорожчі через потребу спорудження греблі, тоді як дериваційні дешевші за умови сприятливого рельєфу. Вартість значною мірою визначається геологічними умовами: скельні породи здешевлюють будівництво, тоді як нестійкі або водонасичені ґрунти збільшують затрати.

Таким чином, мала гідроенергетика у Карпатському регіоні за умови детальних передпроектних досліджень, дотримання вимог природоохоронного законодавства, забезпечення рибопропускних шляхів і санітарного попуску може функціонувати без суттєвого негативного впливу на довкілля. Більше того, окремі екосистемні ефекти можуть бути позитивними, а енергетичні вигоди – вагомими для громад і регіону в цілому.

Список використаної літератури:

1. Майкович В. Є., Адаменко Я. О. Екологічно безпечний гідроенергетичний потенціал річок Карпатського регіону. // *Тези Всеукраїнської наукової конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Екологічна безпека та раціональне природокористування»* (Житомир, 14 листопада 2024 р.). Житомир : Житомирська політехніка, 2024. 285 с. С. 259.

2. Майкович В. Є. Екологічна оцінка гідроенергетичних ризиків будівництва малих ГЕС на Прикарпатті. // *Екологічні проблеми сучасності* [Електронний ресурс] : зб. матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. (Дрогобич, 20 травня 2025 р.). Дрогобич : ДВНЗ «ДонНТУ», 2025. 171 с. С. 147–148.



ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ ЕФЕКТУ МІСЬКОГО ТЕПЛООВОГО ОСТРОВА

*Мальованчук Андрій Володимирович, аспірант кафедри екології
Доцент кафедри екології Москальчук Наталія Михайлівна
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Проблема міського теплового острова (МТО) - метеорологічного явища, що характеризується вищими температурами повітря та поверхні в міських територіях у порівнянні з навколишніми приміськими та сільськими територіями - стрімко загострюється в контексті глобальних кліматичних змін. В умовах міста ефекти глобального потепління "накладаються" на локальне теплове забруднення. Це посилює частоту та інтенсивність хвиль спеки, перетворюючи їх на пряму загрозу здоров'ю та стабільності інфраструктури [1].

Дослідження МТО в Україні наразі мають локальний та фрагментарний характер. Проте наявні емпіричні дослідження надають певні кількісні дані. В Луцьку зафіксовано сталу різницю температур у 1.5-2°C між центром та передмістям [2]. Ефективність "природних рішень" доведена кількісно в українських умовах (на прикладі Львова) [3]. У парках повітря на 3.3°C прохолодніше. Біля фонтанів повітря на 1.6°C прохолодніше. Температура рослинності на 10-15°C нижча за бруківку.

Відсутність подібних детальних карт тепла для багатьох інших міст (наприклад, Івано-Франківська) підкреслює потребу в розширенні таких досліджень для обґрунтованої адаптації.

Проаналізувавши наявну інформацію про МТО [1-5], можна виділити кілька основних причин та наслідків цього ефекту.

Причини виникнення МТО включають:

1. Властивості матеріалів (Альbedo). Ключова причина – заміна природних ландшафтів на штучні. Темні поверхні (асфальт, темні дахи) поглинають сонячну енергію, мають високу теплоємність і повільно випромінюють тепло вночі, перешкоджаючи охолодженню.

2. Дефіцит рослинності. Втрата евапотранспірації (природного "кондиціонування" через випаровування води рослинами) та тіні від дерев.

3. Міське планування та геометрія. Щільна забудова створює "ефект міського каньйону", що блокує вітер. Це заважає конвективному охолодженню та діє як тепла пастка, багаторазово відбиваючи сонячне світло між стінами будівель. Дослідження [4] показує, що жорстке, ґратчасте ("шахове") планування утримує тепло ефективніше, тоді як більш "просторі" та "органічні" планування, що враховують потоки вітру, дозволяють місту краще охолоджуватися.

4. Антропогенне тепло. Прямі викиди тепла від транспорту, промисловості та, особливо, систем кондиціонування, що створюють "замкнене коло" (МТО змушує вмикати кондиціонери, які ще більше гріють місто).

Основними наслідками МТО є негативні впливи на компоненти природнього середовища та соціально-економічної сфери:

1. Енергетика та економіка. МТО спричиняє різке зростання попиту на електроенергію для кондиціонування. За даними [5], попит на електроенергію може зростати на 1-9% на кожне підвищення температури на ~1.1°C. Це створює пікові навантаження на електромережі.

2. Громадське здоров'я. Найсерйозніший наслідок – відсутність нічного охолодження, що не дає організму відновитися від денного теплового стресу. Це призводить до зневоднення, загострення серцево-судинних та ниркових захворювань і зростання випадків гіпертермії (теплового удару). Найбільш вразливими є люди похилого віку, діти та особи з хронічними хворобами.



3. Якість повітря: Спека діє як хімічний каталізатор, прискорюючи утворення приземного озону (компонента "літнього смогу") з викидів транспорту. Це викликає респіраторні проблеми і сприяє формуванню "купола забрудненого повітря" над містом.

Окрім негативних, МТО має кілька позитивних наслідків:

1. Зниження потреб в опаленні. Дослідження, проведені в Луцьку [2], прямо вказують на "зниження потреб в опаленні взимку" як на один із соціально-економічних наслідків МТО.

2. Подовження вегетаційного періоду. Підвищені температури в межах міста можуть сприяти збільшенню тривалості безморозного періоду та зростанню загального вегетаційного періоду для міських рослин. Це також включає скорочення тривалості заморозків та часу залягання снігового покриву.

Варто зазначити, що ці позитивні впливи, як правило, не переважають численні та серйозні негативні наслідки МТО, такі як посилення спеки влітку, зростання потреби в кондиціонуванні, погіршення якості повітря через утворення смогу та підвищені ризики для здоров'я населення.

МТО є комплексною проблемою, яка погіршує якість життя, збільшує навантаження на енергосистеми та шкодить здоров'ю. Оскільки геометрія забудови є однією з причин, то "розумне" міське планування є ключовим рішенням.

Список використаної літератури:

1. Joint Research Centre. (2024, July 22). *Urban heat islands: Managing extreme heat to keep cities cool*. European Commission. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/urban-heat-islands-managing-extreme-heat-keep-cities-cool-2024-07-22_en

2. Федонюк, В. В., Пугач, С. О., & Федонюк, М. А. (2025). Динаміка міського острова тепла над Луцьком протягом 2013–2023 років. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 12, 89–101. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.8>

3. Polianskyi, Y., & Kukhar, I. (2025). URBAN HEAT ISLAND EFFECT AND ITS INFLUENCE ON TRANSFORMATIONS IN LVIV. *Ekonomichna Ta Sotsialna Geografiya*, 93, 6–30. <https://doi.org/10.17721/2413-7154/2025.93.6-30>

4. Sobstyl, J. M., Emig, T., Qomi, M. J. A., Ulm, F., & Pellenq, R. J. (2018). Role of city texture in urban heat islands at nighttime. *Physical Review Letters*, 120(10), 108701. <https://doi.org/10.1103/physrevlett.120.108701>

5. United States Environmental Protection Agency. (n.d.). *What are heat islands?* U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/heat-islands/what-are-heat-islands>

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ПЕРЕХОДУ НА ЕЛЕКТРОМОБІЛІ У ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

Матаржук Ангеліна Андріївна, студентка групи ЕКО-25-1

Доцент кафедри екології Зорін Денис Олексійович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Однією з найгостріших екологічних проблем сучасних міст є забруднення атмосферного повітря транспортом (рис. 1). Автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) формують основну частку викидів оксиду вуглецю (CO), діоксиду азоту (NO₂) та твердих частинок РМ, що негативно впливають на стан довкілля та здоров'я населення.

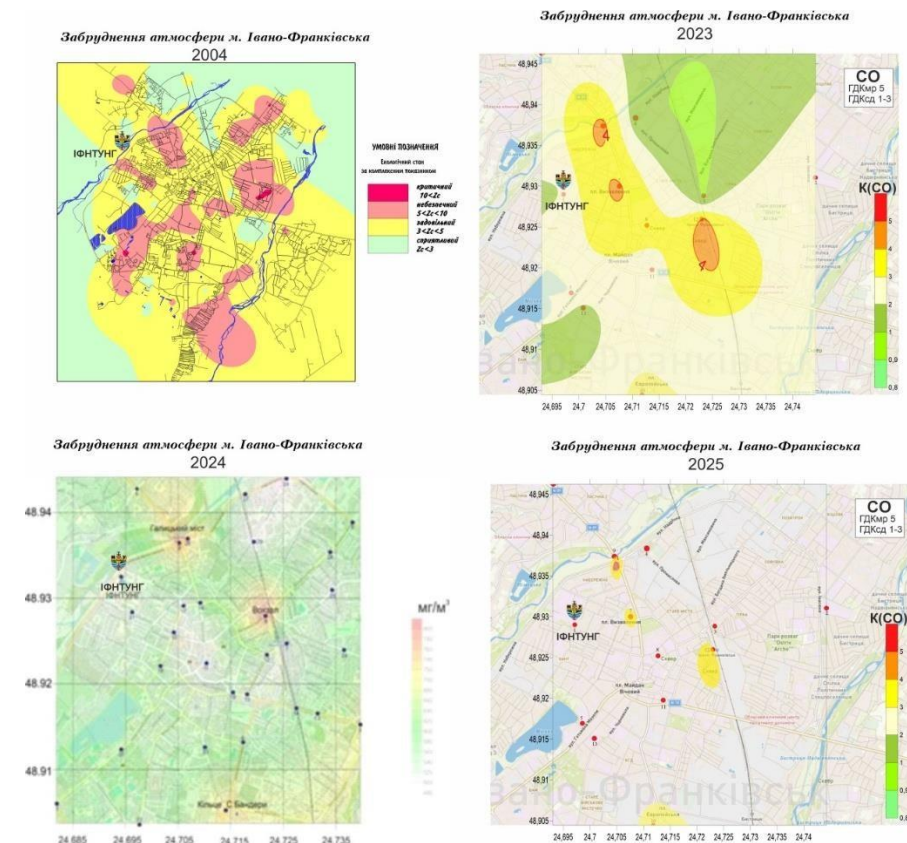


Рисунок 1. Карти забруднення атмосфери м. Івано-Франківськ за роками (2004, 2023-2025 рр.)

Для Івано-Франківська, де інтенсивність руху щорічно зростає, питання зменшення транспортного навантаження є особливо актуальним.

Перехід на електромобілі розглядається як один із ключових напрямів екологізації міського транспорту, адже такі автомобілі не утворюють вихлопних газів і сприяють суттєвому скороченню концентрацій токсичних домішок у повітрі.

Метою дослідження є оцінка впливу зростання кількості електромобілів і скорочення частки транспорту з ДВЗ на якість атмосферного повітря в місті Івано-Франківськ у 2023–2025 рр.

Матеріали та методи дослідження. У дослідженні використано дані щодо кількості транспортних засобів різних типів, зареєстрованих та зафіксованих на транспортних артеріях міста Івано-Франківськ у 2023–2025 рр. Спостереження проводилися на таких ділянках: вул. Північний Бульвар, вул. Галицька, вул. І. Мазепи, вул. Вовчинецька, вул. Військових Ветеранів та ін.

Під час польових вимірювань визначали: інтенсивність транспортних потоків, частку електромобілів та авто з ДВЗ, динаміку зміни структури автопарку.

Для оцінки якості повітря використано моніторингові дані щодо концентрацій NO_2 , CO та PM_{10} . У місцях відсутності повних даних застосовано розрахункові методи моделювання розсіювання домішок за підходами екологічного нормування.

Порівняння транспортної статистики з показниками забруднення дало змогу встановити взаємозв'язок між кількістю авто з ДВЗ та фактичними концентраціями домішок у повітрі.

Результати дослідження. Аналіз транспортної ситуації показав чітку тенденцію до скорочення кількості автомобілів із ДВЗ у 2023–2025 рр. (табл. 1). На всіх досліджених ділянках їхня кількість зменшувалася стабільно, у середньому на 35–45 % за три роки.

Найвиразніше скорочення зафіксовано: Північний Бульвар — зниження приблизно на 70 %, Галицька, 139а — на 47 %.



Таблиця 1 – Динаміка зміни кількості автомобілів за видами двигунів у м. Івано-Франківську

Точка №	Вулиця	Автомобілі з ДВЗ	Автомобілі з ДВЗ	Автомобілі з ДВЗ	Електричні автомобілі
1	Галицька 139а	3675	3086	1956	754
2	Північний Бульвар	1764	1376	528	89
3	Вовчинецька 225А	3006	2600	2000	785
4	І.Мазепи 185	1813	1571	1209	593
5	Парк Шевченка	427	370,5	285	87
6	Галицька 128	1340	1138	876	179
7	Майзлі	994	861	663	407
8	Привокзальна площа	1057	916	705	118
9	В.Чорновола 47	3000	2600	2000	802
10	Військових Ветеранів	3970	3441	2647	953
11	Галицька 4а	897	777	598	64
12	Є. Коновальця 35	1041	902	694	97
13	С.Бандери	333	288	222	26

У той же час частка електромобілів зросла і у 2025 р. становила 10–30 % від загального потоку транспортних засобів. Найвищі показники електротранспорту відзначені на вулицях: Військових Ветеранів, Вовчинецька, В. Чорновола.

Одночасно зі зміною структури автопарку зафіксовано позитивні зміни у якості атмосферного повітря. Порівняно з 2023 роком: середня концентрація СО знизилася на 15–20 %, концентрація NO₂ — на 10–12 %, рівень твердих частинок РМ₁₀ дещо зменшився у транспортно-навантажених зонах (рис. 2,3).

Ця динаміка свідчить про реальний вплив трансформації транспортної системи на стан атмосфери в місті.

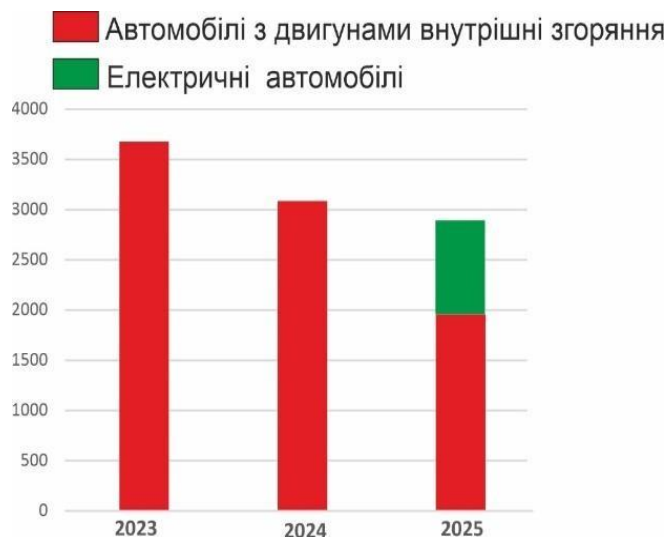


Рисунок 2. Динаміка кількості автомобілів з ДВЗ та електромобілів (2023–2025 рр.)

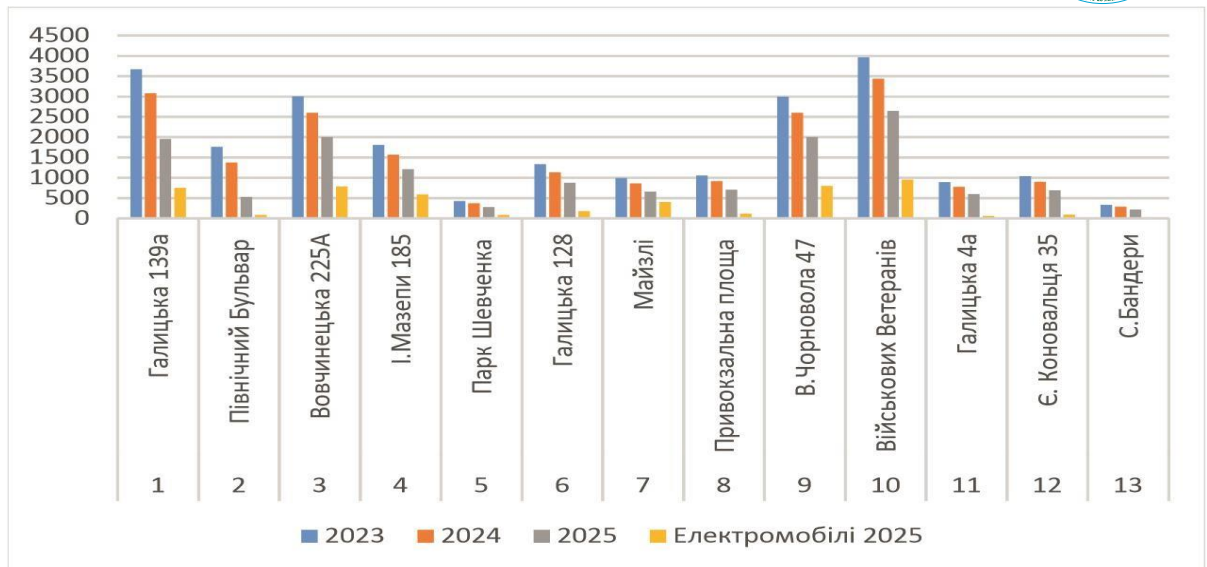


Рисунок 3. Порівняльний аналіз кількості автомобілів за локаціями міста 2023-2025рр.

Висновки

У місті Івано-Франківську простежується стійка тенденція до зменшення транспортних викидів, пов'язана зі скороченням кількості автомобілів із ДВЗ та активним зростанням кількості електромобілів. Найбільший екологічний ефект спостерігається в центральних районах, де концентрація руху традиційно найвища.

Подальше поліпшення якості атмосферного повітря можливе за умов: розвитку міської інфраструктури зарядних станцій, стимулювання придбання електротранспорту, вдосконалення системи моніторингу повітря у локальних транспортних вузлах, обмеження руху застарілих автомобілів із ДВЗ.

Список використаної літератури:

1. Zorin, D. (2024). Assessment of the ecological status of soil cover and design of environmental monitoring in the Ivano-Frankivsk urban community. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 15(1), 39-52. doi: 10.69628/esbur/1.2024.39.
2. Управління екології Івано-Франківської міської ради. Екомоніторинг повітря <https://www.mvk.if.ua/ecology>
3. EcoTransport. Статистика електромобілів в Україні. <https://ecotransport.org.ua/statistika-elektromobiliv>
4. Кафедра автомобільного транспорту ІФНТУНГ. Інформація про наукову діяльність / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. — Режим доступу: <https://dev.nung.edu.ua/department/institut-inzhenernoimekhaniki/kafedra-avtomobilnogo-transportu>
5. Державна служба статистики України. Транспорт України. <https://www.ukrstat.gov.ua>

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ТА ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ У МІСЬКИХ УМОВАХ: РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ ТА НАПРЯМКИ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ

Маценко Юрій Віталійович, студент групи ЕКОМ-24-1

Професор кафедри екології Адаменко Ярослав Олегович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Енергетична інфраструктура сучасних міст представлена розгалуженою системою повітряних ліній електропередачі (ПЛ) різних класів напруги та трансформаторних підстанцій, що забезпечують надійне електропостачання споживачів. Безперебійне



функціонування цих об'єктів є однією з передумов економічної стабільності, розвитку промисловості, житлово-комунального господарства та стратегічної безпеки держави. Проте разом із важливою технічною роллю ПЛ і підстанції формують комплексний екологічний вплив, який особливо помітний у межах урбанізованих територій. Найбільш значущими факторами є електромагнітні поля (ЕМП), шум підстанцій та трансформація природних і антропогенних ландшафтів. У зв'язку з цим питання оцінки та мінімізації впливів посідає одне з ключових місць у сучасних практиках екологічної безпеки.

Теоретичні основи взаємодії енергетичних об'єктів із довкіллям свідчать, що параметри електричного та магнітного полів визначаються переважно напругою лінії, особливостями конструкції опор, кількістю та конфігурацією фаз, відстанню між проводами, значенням струму навантаження, а також висотою підвіски проводів. Із підвищенням класу напруги характерним є посилення електростатичної та магнітної складових ЕМП. Це, у свою чергу, змінює просторові градієнти напруженості та розміри зон можливих ризиків. Наприклад, для ПЛ 110 кВ зона найближчого впливу суттєво більша порівняно з ПЛ 35 кВ, що потребує коректного врахування під час проєктування, реконструкції та проведення оцінки впливу на довкілля (ОВД).

Використання сучасних інструментів ОВД дозволило значно підвищити точність оцінювання впливів енергетичних об'єктів. Поєднання геоінформаційних систем (ГІС), математичного моделювання, розрахункових алгоритмів та натурних вимірювань формують комплексну методологію, яка враховує як просторові, так і часові аспекти. ГІС забезпечує інтеграцію великого масиву даних щодо забудови, рельєфу, розміщення енергетичних магістралей, санітарно-захисних зон і об'єктів чутливого призначення. Модельні розрахунки дозволяють визначити прогностичні рівні ЕМП у різних сценаріях навантаження, а натурні вимірювання забезпечують верифікацію результатів та виключають невизначеність. Такий підхід відповідає сучасним міжнародним практикам і суттєво підвищує достовірність висновків ОВД.

У рамках проведених досліджень було проаналізовано електромагнітний вплив ПЛ 35 кВ та 110 кВ, а також трансформаторних підстанцій 35/10 кВ і 110/35/10 кВ на території м. Івано-Франківська. Отримані результати свідчать, що фактичні рівні електричної напруженості та магнітної індукції у контрольних точках не перевищують гранично допустимих величин, установлених ДСП 3.3.6.096-2002. Це важливий показник, який підтверджує відповідність технічного стану обладнання нормативним вимогам і засвідчує безпечність його експлуатації для населення та довкілля. Додатково було встановлено, що найбільші значення ЕМП фіксуються в зоні безпосередньої проєкції проводів, де перебування людей зазвичай не є тривалим і не передбачено умовами експлуатації.

Просторовий аналіз поширення електромагнітних полів підтвердив класичні теоретичні закономірності: інтенсивність поля швидко зменшується зі збільшенням відстані від джерела та стає мінімальною вже на межі житлової забудови. Суттєве зниження рівнів ЕМП спостерігається вже на відстанях 20–30 м від осі ПЛ 35 кВ та 40–60 м для ПЛ 110 кВ, що відповідає розрахунковим моделям з урахуванням міських умов. Важливим аспектом є вплив рельєфу, наявності деревної рослинності та забудови, які можуть частково екранувати електричну складову поля, хоча на магнітну складову впливають значно менше.

У рамках дослідження було також здійснено аналіз чинників, що можуть сприяти зменшенню потенційного впливу ЕМП на населення. Ідентифіковано комплекс інженерно-технічних та організаційних заходів, які рекомендовано впроваджувати операторам енергетичних мереж та органам місцевого самоврядування. До таких заходів належать: оптимізація конструкцій ПЛ із використанням сучасних матеріалів та нових схем розташування фаз; застосування локальних і лінійних екранів; улаштування захисних зелених насаджень; удосконалення системи просторового планування з урахуванням санітарно-захисних зон; проведення регулярних вимірювань ЕМП у зонах потенційних ризиків. Упровадження цих рішень сприяє зменшенню екологічного навантаження та забезпечує баланс між технічними потребами енергосистеми та вимогами безпеки



населення. Окрема група завдань стосується оцінки потенційних кумулятивних ефектів. Електромагнітний вплив від енергетичних об'єктів може поєднуватися з іншими факторами техногенного навантаження, такими як шумове забруднення, вібрації, забруднення повітря від транспортної інфраструктури або промислових підприємств. У межах міського середовища це створює складний екологічний фон, який потребує інтегрованого підходу до аналізу. Міжнародна практика доводить, що оцінка кумулятивних впливів є критично важливою для формування реалістичної картини ризиків та ухвалення адекватних управлінських рішень у межах процедур ОВД. У випадку енергетичної інфраструктури врахування таких впливів сприяє підвищенню точності прогнозування та формуванню ширшого спектра превентивних заходів.

У контексті стратегічного розвитку міст особливої актуальності набуває поєднання даних ОВД із планувальними документами — генеральними планами, детальними планами територій, стратегіями сталого енергетичного розвитку. Інтеграція екологічних даних у такі інструменти дозволяє визначати оптимальні траси майбутніх ПЛ, зони можливого розміщення нових підстанцій, а також ділянки, де необхідно посилювати моніторинг або застосовувати технічні рішення для зниження впливу ЕМП. Це створює передумови для формування екологічно відповідальної системи енергетики на рівні міста.

Суттєвою перевагою сучасних підходів є можливість моделювання сценаріїв майбутнього розвитку енергосистеми. Зокрема, можна прогнозувати зміну рівнів ЕМП у випадках зростання навантаження через розвиток промисловості, появу нових житлових кварталів, підключення електротранспорту або впровадження високовольтних підстанцій нового типу. Такий підхід дозволяє заздалегідь оцінювати ризики, передбачати напрями можливого зростання навантаження на мережу й розробляти рекомендації для адаптивного управління міською енергетичною інфраструктурою.

Комплекс отриманих результатів доводить, що повітряні лінії електропередачі та трансформаторні підстанції за умов відповідності нормативам і регулярного моніторингу можуть функціонувати без суттєвих негативних наслідків для довкілля. Сформована методологічна база може використовуватися не лише для оцінки поточного стану, але й для планування розвитку енергетичної інфраструктури у містах, прогнозування ризиків та ухвалення управлінських рішень у сфері екологічної безпеки.

Таким чином, результати дослідження підтверджують актуальність застосування сучасних інструментів ОВД, дозволяють оптимізувати підходи до проектування та модернізації енергетичних об'єктів і створюють науково обґрунтовану платформу для підвищення екологічної стійкості урбанізованих територій. Це є важливим кроком на шляху до формування безпечного середовища проживання та розвитку сталого міського простору в умовах зростаючого навантаження на енергетичні системи.

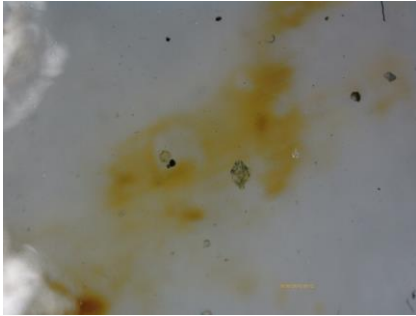
ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОБІОТИ ПИТНОЇ ВОДИ

Гураль Вероніка Ігорівна, Мельник Олексій Богданович, студенти групи ЕКО-24-1
Доценти кафедри екології Мосюк Микола Іванович, Височин Максим Олегович
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

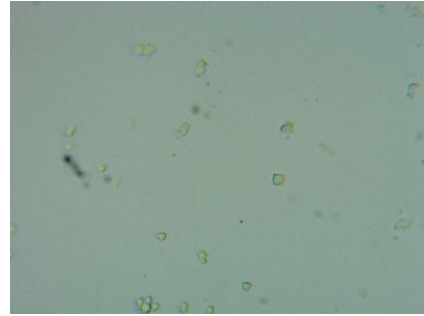
Питна вода є неоціненним ресурсом для людини. Проте із розвитком промисловості і сільськогосподарської галузі ми все більше задумуємося про якість питної води. Забруднення води, окрім механічного, хімічного та фізичного, може бути також і організмами біологічного походження, що є не менш небезпечним. Забруднення питної води організмами біологічного походження виникає через потрапляння у воду мікроорганізмів, бактерій та паразитів, які можуть спричинити небезпечні захворювання. Особливо ризикованою стає вода, що надходить із відкритих джерел поблизу населених пунктів або промислових територій та сільськогосподарських угідь. Тому контроль якості та своєчасне очищення води - важлива складова збереження екологічної безпеки.

Нами було проведено ряд наукових досліджень якості питної води на виявлення наявності мікроорганізмів різних видів. Наукові дослідження на наявності мікроорганізмів проводилися відповідно до методик[3]. Однією із складових наших досліджень було проведення дослідження під мікроскопом отриманих колоній з метою визначення видового складу мікроорганізмів та оцінки мікробіологічного забруднення води наведена нижче у наступних зразках:

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



Збільшення 10X

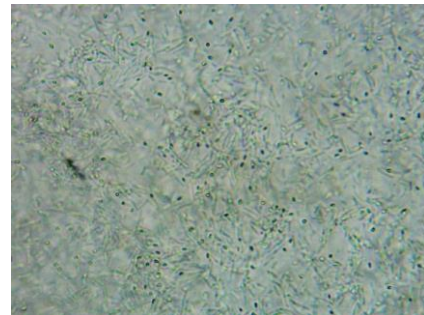


Збільшення 40X / 0,65

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

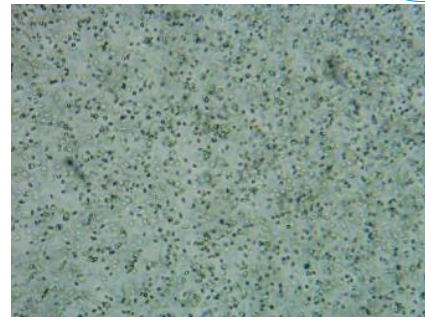


Збільшення 40X / 0,65

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

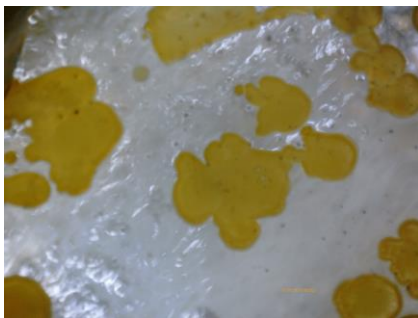


Збільшення 10X

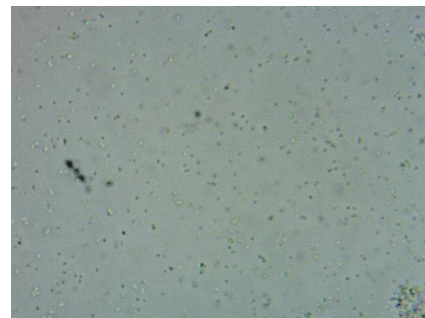


Збільшення 40X / 0,65

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



Збільшення 10X



Збільшення 40X / 0,65

Незважаючи на те, що питна вода може виглядати прозорою та чистою, її мікробіологічний склад нерідко свідчить про наявність потенційно небезпечних мікроорганізмів. Тому перед споживанням воду необхідно піддавати очищенню, зокрема кип'ятінню, яке ефективно знижує кількість патогенних бактерій. "Постійне удосконалення методів призводить до звикання мікроорганізмів не тільки до антибіотиків, але і до дезінфікуючих засобів." [2, с. 36] Слід враховувати, що чутливість різних людей до мікроорганізмів може суттєво відрізнятись. У деяких випадках тривале вживання води з певним мікробним складом може сприяти формуванню часткової резистентності організму до наявних бактерій. Проте для інших осіб, особливо тих, які не мають такого адаптивного досвіду, ті самі мікроорганізми можуть становити серйозну загрозу та спричинити гострі кишкові або інші інфекційні захворювання. Отже, дослідження підтверджує важливість контролю якості питної води та необхідність її попереднього знезараження для запобігання можливим ризикам для здоров'я.

Список використаної літератури:

1. Шестопалов О. В., та ін. 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 Ганна Валентинівна, та ін. Мікробіологія з основами вірусології. 2018.



РІШЕННЯ ДЛЯ ТЕПЛОКАРТУВАННЯ МІСТ З РЕКОМЕНДАЦІЯМИ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ОГЛЯД КРАЩИХ ПРАКТИК З ВИКОРИСТАННЯМ АІ (ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ) ДЛЯ МІСТ УКРАЇНИ

Ольхов Борис Олександрович, студент групи ЕКО-25-1

Доцент кафедри екології Зорін Денис Олексійович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

За останні тридцять років клімат України зазнав значних змін. Між 1991 і 2024 роками середня температура зросла з 8,4°C до 10,2°C, що становить приріст на 1,8°C [1]. З 2007 року температури перевищують норму на 1,5°C, а останнє десятиліття було найтеплішим в історії спостережень в Україні [1]. Прогнози на 2020-2040 роки передбачають подальше потепління, з очікуваним підвищенням на 1,5-1,8°C у центральних та південних регіонах.

Українські міста відчувають ефект потепління найсильніше через так звані "острови тепла", де бетон та асфальт утримують тепло. Київ, Дніпро, Одеса та Харків вже фіксують збільшення середньої температури на 1-1,5°C порівняно з передмістями. Цей феномен пов'язаний з мінімізацією зелених насаджень та переважанням мінеральних поверхонь у міських середовищах.

Міські каньйони - це вулиці, оточені високими будівлями, які створюють середовища, подібні до природних каньйонів. Геометрія каньйону, особливо співвідношення висоти будівель до ширини вулиці (aspect ratio), є ключовим фактором мікроклімату. Глибокі каньйони схильні затримувати більше тепла, оскільки мають знижений "фактор видимості неба" (sky view factor), обмежуючи здатність випромінювати тепло вночі [2].

Будівельні матеріали, такі як цегла та асфальт, мають високу теплопровідність. Накопичена енергія, що вивільняється після заходу сонця, сприяє підвищенню нічних температур. У вуличних каньйонах концентрації забруднень можуть у десятки разів перевищувати нормативні значення на відкритому просторі [3]. За даними 2023 року, найвищий рівень забруднення повітря зафіксовано в Дніпрі, Кам'янському та Миколаєві. Блокування природного потоку вітру високими будівлями значно погіршує розсіювання забруднюючих речовин у мікрорайонах.

U-Net конволюційні нейронні мережі представляють прорив у технології теплокартування міст, досягаючи точності зі значеннями середньоквадратичної похибки 0,0029 та обробкою теплових карт менш ніж за 30 секунд на зображення [4]. Local-FNO моделі демонструють ефективність у прогнозуванні 3D міського мікроклімату з роздільністю до 10 метрів [4].

Алгоритм Ant Colony Optimization (ACO) є природно-інспірованою технікою оптимізації для розміщення дерев у міських середовищах. Дослідження показали, що ACO може забезпечити систематичне зниження значень UTCI через кластерне розміщення дерев [5]. Мультимодальні АІ системи типу GSM-UTCI досягають точності $R^2 = 0,9151$ та середньої абсолютної похибки 0,41°C у прогнозуванні Universal Thermal Climate Index. Моделювання показує, що перетворення непроникних поверхонь у деревні насадження дає середні зниження UTCI до -4,18°C [5].

Приклад дослідження у Львові (2024 р.) показав, що супутникові дані виявили температури поверхні в спекотні дні близько 44°C у місті проти близько 15°C у зелених околицях [6]. Вимірювання показали контраст 5°C між центром міста та передмістями вже о 21:00. До полудня контраст досягав 10°C між щільним кварталом та затіненим парком.

За станом на 2024 рік загальна площа зелених насаджень Івано-Франківська становить близько 126 га. На одну особу припадає 5,3 м² зелених насаджень, що майже вдвічі менше норми 10 м²/особу [7]. У місті налічується 58 скверів, 5 парків та один дендрологічний парк.

У 2021-2023 роках міська рада запланувала будівництво 41 нового скверу загальною площею 31,46 га, що збільшить питому площу до 6,6 м²/особу. Середній рівень озеленення



у скверах становить 72%, що відповідає державним будівельним нормам. Застосування АСО алгоритму для оптимізації розміщення дерев може привести до максимізації охолоджувального ефекту. Стратегічне кластерне розміщення дерев може знизити температуру на 2-4°C у зелених зонах.

Висновки:

Зміни клімату в Україні: Середньорічна температура зросла на 1,8°C за останні 33 роки з очікуваним подальшим підвищенням на 1,5-1,8°C до 2040 року в центральних регіонах.

Міські каньйони: Вуличні каньйони з високим aspect ratio створюють пастки тепла з концентраціями забруднення у десятки разів вищими за норму.

АІ технології: Алгоритми типу АСО досягають точності $R2 = 0,9151$ зі зниженням температури до -4,18°C через оптимізоване розміщення дерев.

Івано-Франківськ: Місто має потенціал розширити зелені зони з 5,3 до 6,6 м²/особу через реалізацію програми озеленення та впровадження АІ рішень.

Список використаної літератури:

1. Komersant Ukraine. Ukraine is warming by 1.8°C: which 7 regions will be the first to feel the heat. Retrieved from <https://komersant.ua/en/article/climate-warming-ukraine-regions>
2. Lifestyle Sustainability Directory. Urban Canyon Effect: Understanding heat traps and air pollution in cities. Retrieved from <https://lifestyle.sustainability-directory.com/term/urban-canyon-effect>
3. Дьомін М. Забруднення автотранспортом повітряного басейну територій міських каньйонів // Просторовий розвиток. – 2022. – No 2. – С. 56–66.
4. Journals Sage Publications. Leveraging urban AI for high-resolution urban heat mapping towards climate resilient cities. Retrieved from <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/23998083251337864>
5. Shaamala A., Yigitcanlar T., Nili A., Nyandega D. Strategic tree placement for urban cooling: A novel optimisation approach using Ant Colony algorithms // Urban Climate. – 2024. – Vol. 56. – Article 102084.
6. City Institute. Urban Heat Islands: influence & transformation - Lviv case study. Retrieved from <https://city-institute.org/en/publications/urban-heat-islands-lviv>
7. Moskalchuk N., Orfanova M. Greening of territories in the system of planning and improvement of Ivano-Frankivsk city // Ecological Safety and Balanced Use of Resources. – 2024. – Vol. 15, No 1. – С. 75–86.
8. Eco Rayon. Визначили рейтинг міст із найгіршою якістю повітря. Retrieved from <https://eco.rayon.in.ua/news/560686-viznachi-li-reiting-mist-iz-naigirshoyiu-iakistiu-povitria>
9. GreenPost. Міста плавляться: що таке «острови тепла» і як вони впливають на нас? Retrieved from <https://greenpost.ua/articles/mista-plavlyatsya-scho-take-ostrovyy-tepla>
10. Invest Ivano-Frankivsk. City Parks Matter - new approach to urban greenery in Ivano-Frankivsk. Retrieved from <https://invest-if.com/en/news/city-parks-matter>

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ДИЗЕЛЬНИХ ТА БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ

Печена Вікторія Романівна, Шеремета Вікторія Володимирівна, студентки групи ЕКО-24-1

Доцент кафедри екології Мосюк Микола Іванович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Сучасний транспорт є одним із головних чинників забруднення атмосферного повітря, особливо у великих містах. Основну частину викидів становлять продукти згоряння пального, серед яких - чадний газ (СО), оксиди азоту (NO_x), сажа (PM) та вуглекислий газ



(CO₂) та інші. Тип і обсяг цих викидів залежать від виду двигуна - бензинового чи дизельного.

Вони вирізняються згоранням пального, однак при цьому формується значна кількість чадного газу (CO). Чадний газ є особливо небезпечним, оскільки безбарвний і без запаху, але здатний зв'язуватися з гемоглобіном у крові людини, блокуючи транспортування кисню. Саме тому норми викидів CO для бензинових моторів у стандартах «Євро» досить маленькі - наприклад, для стандарту Євро-6 допустима межа складає приблизно 1,0 г/км.

Дизельні мотори діють за принципом самозаймання пального під впливом високої температури та тиску. Вони споживають менше пального, отже, економніші, проте мають інший набір екологічних проблем. Основними забруднювачами для дизелів є оксиди азоту (NO_x) і тверді частинки сажі (PM), які утворюються через високі температури згорання та нерівномірність процесу. Викиди чадного газу у дизельних моторах істотно менші, ніж у бензинових, проте їхні тверді частинки можуть спричинити захворювання дихальних шляхів і серцево-судинної системи.

Для зменшення впливу викидів на середовище у сучасних автомобілях застосовують каталітичні нейтралізатори, AdBlue, фільтри твердих частинок (DPF), системи рециркуляції відпрацьованих газів (EGR) та селективну каталітичну нейтралізацію (SCR). Ці технології дають змогу значно знизити рівень шкідливих компонентів у вихлопі та відповідати екологічним стандартам Євро-5 і Євро-6.

Порівнюючи два типи двигунів, можна зробити висновок, що бензинові мотори більш небезпечні через чадний газ і вуглеводні, тоді як дизельні - через оксиди азоту та сажу. Жоден тип не є цілком екологічно безпечним, тому сучасна течія розвитку транспорту спрямована на перехід до гібридних та електричних систем, які мінімізують або взагалі усувають шкідливі викиди.

На основі цих даних були проведені дослідження та було отримано наступні результати.

Таблиця 1 - Результати проведених досліджень

Назва	CO	NO ₂	CH ₂ O	CO ₂	O ₂
Дизель	270 ppm	13,3 ppm	0.0 ppm	3408 ppm	19,3 %
Бензин	466 ppm	0,5 ppm	0,3 ppm	6242 ppm	19,4 %
Норма (дизель та бензин)	0,500(1,000) г/км	0,180(0,060) г/км	0,230 г/км		

Список використаної літератури:

1. Costagliola, M.A., Costabile, M. and Prati, M.V., 2018. Impact of road grade on real driving emissions from two Euro 5 diesel vehicles. *Applied Energy*, 231, pp.586-593.
2. O'Driscoll, Rosalind, et al. "Real world CO₂ and NO_x emissions from 149 Euro 5 and 6 diesel, gasoline and hybrid passenger cars." *Science of the total environment* 621 (2018): 282-290.
3. Crown Oil Ltd. *Euro 6 Emissions Standards Guide – What is Euro 6 & more* [Електронний ресурс]. URL: <https://www.crownoil.co.uk/guides/euro-6-emissions-standards/>

**ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ КАР'ЄРІВ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ
СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ОСНОВІ ГЕОМЕТРИЧНОГО ТА
ІНСОЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ**

Редько Андрій Ігорович, аспірант кафедри екології

Професор кафедри екології Адаменко Ярослав Олегович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Сучасні підходи до рекультивації техногенно порушених територій усе частіше поєднують екологічне відновлення з розвитком відновлюваних джерел енергії. Одним із таких напрямів є використання відпрацьованих кар'єрів для розміщення сонячних



електростанцій (СЕС). Такі території характеризуються низькою господарською цінністю та обмеженими можливостями традиційної рекультивациі, проте мають значний потенціал для інтеграції в енергетичну інфраструктуру. Європейські та міжнародні дослідження підтверджують, що деградовані землі можуть забезпечити суттєвий внесок у нарощення виробництва «зеленої» енергії, не створюючи конфлікту землекористування та сприяючи зменшенню викидів парникових газів [1], [2].

Метою даного дослідження є оцінювання придатності відпрацьованого кар'єру поблизу с. Довге Івано-Франківської області для встановлення сонячної електростанції шляхом поєднання геометричного моделювання, інсоляційного аналізу та енергетичних розрахунків. Основна увага зосереджена на визначенні оптимальних умов для розміщення фотоелектричних модулів без масштабного технічного втручання у рельєф.

Методи дослідження включали топографо-геодезичні вимірювання параметрів укосу кар'єру, розрахунки середнього кута схилу та його відповідності рекомендованим параметрам для нерухомих фотоелектричних систем. Інсоляційний аналіз здійснювався з використанням бази PVGIS, що дозволило встановити річну сумарну сонячну радіацію та оцінити перспективний рівень енерговиробітку. Для уникнення затінення між рядами застосовано математичну модель визначення оптимальних міжрядних відстаней відповідно до сучасних інженерних принципів проектування СЕС, зокрема методики оптимізації площі та рядності фотомодулів [3].

Результати показали, що середній кут нахилу схилу кар'єру становить $31,6^\circ$, що є сприятливим для встановлення нерухомих панелей у середніх широтах. Відомо, що оптимальний кут нахилу фотоелектричних модулів повинен наближатися до величини географічної широти місцевості, а для широти 49° рекомендований діапазон становить $30\text{--}35^\circ$. Таким чином, природна геометрія схилу дозволяє мінімізувати технічні роботи з вирівнювання рельєфу та зменшити витрати на підготовку території. Інсоляційні показники для регіону становлять $1200\text{--}1300$ кВт·год/м² на рік, а на похилій поверхні потенційно можуть збільшуватися на $5\text{--}10\%$, що підтверджує енергетичну перспективність об'єкта.

Геометричне моделювання засвідчило, що завдяки природному рельєфу кількість можливих рядів фотоелектричних модулів на схилі сягає приблизно 36, що на 64% більше, ніж на еквівалентній горизонтальній площі, де можливо встановити близько 22 рядів. Такий ефект пов'язаний зі зменшенням взаємного затінення на похилих поверхнях, коли кожен наступний ряд має менший ризик перекриття сонячного потоку попереднім. У результаті природний схил дозволить забезпечити більшу щільність розміщення та підвищити ефективність використання деградованої території без розширення площі.

Оціночні енергетичні розрахунки продемонстрували, що встановлена потужність майбутньої станції в межах досліджуваної ділянки може досягати приблизно 0,9 МВт. Прогнозований річний виробіток електроенергії перевищує 1,1 млн кВт·год, що відповідає середньорічному споживанню близько 300 домогосподарств. Зіставлення результатів із міжнародною практикою розміщення СЕС у гірничих виробках свідчить, що подібні об'єкти часто мають енергетичні переваги, зокрема через охолодження панелей у глибоких котлованах чи оптимальну орієнтацію схилів [4], [5].

Важливе значення мають інженерні заходи, необхідні для безпечного функціонування СЕС у межах кар'єру: укріплення нестійких частин схилів, контроль ерозії, облаштування дренажних систем та застосування антикорозійних матеріалів для опорних конструкцій. Врахування цих аспектів забезпечить довготривалу експлуатацію об'єкта, а також мінімізує екологічні ризики та вплив на навколишнє середовище.

Загалом отримані результати підтверджують, що відпрацьовані кар'єри можуть бути ефективно залучені до розвитку сонячної енергетики, забезпечуючи поєднання екологічної рекультивациі та енергетичної трансформації. Такий підхід відкриває можливість створення нових енергетичних об'єктів без вилучення цінних земельних ресурсів та є перспективним для масштабування в інших регіонах України.



Список використаної літератури:

1. European Environmental Bureau. (2024). Ample land for sustainable renewables expansion in Europe. <https://eeb.org/ample-land-for-sustainable-renewables-expansion-in-europe-new-study-reveals/>
2. Mariotti, E., & Engström, J. (2025). Transforming abandoned mines into solar farms. *Environmental Research: Energy*, 2(1), 015013. <https://doi.org/10.1088/2753-3751/adb6a3>
3. Al-Quraan, A., Al-Mahmodi, M., Alzaareer, K., & Eicker, U. (2022). Minimizing the utilized area of PV systems by optimizing row spacing. *Sustainability*, 14(10), 6077. <https://doi.org/10.3390/su14106077>
4. Junaedi, K., Dewi, T., & Yusi, M. S. (2021). Potential of PV installation at quarry open-pit mines. *Kinetik*, 6(1), 41–50. <https://doi.org/10.22219/kinetik.v6i1.1148>
5. He, T., Chen, Y., Zhao, Y., et al. (2025). Solar photovoltaic potential in global mining areas. *The Innovation*, 6(10), 100987. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2025.100987>

ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ОДЯГУ: ВІД ВИРОБНИЦТВА ДО ЗВАЛИЩА ТА МОЖЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ

Решетняк Євніка Дмитрівна, студентка групи ЕКО-23-1

Доцент, завідувачка кафедри екології Орфанова Марія Михайлівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти та газу

Одяг є невід'ємною частиною життя кожної людини, але він не є вічним. В середньому в світі щорічно викидається 7 000 000 тонн одягу. Якщо весь цей одяг скласти в коробки і побудувати з них 20-ти поверхові будинки, то вийде місто розміром з Бучу. При цьому, тільки 12% непотрібного одягу переробляється і повторно використовується. [1] Окрім того, виробництво одягу за останні 20 років подвоїлось, що значно збільшило кількість відходів як від виробництва, так і споживання.

Нажаль вплив виробництва одягу на довкілля не є достовірно визначеним та вирахованим. За даними певних джерел, викиди парникових газів від виробництва можуть складати від 2-3% світових аж до 10%. [2] Також текстильна промисловість є другим у світі забрудником прісної води, а також п'ятим у світі промисловим забрудником води загалом.

Щороку близько 120 мільйонів тонн одягу по всьому світу потрапляє на звалища, що еквівалентно заповненню понад 200 футбольних стадіонів. За даними аналітиків, більшість з цього одягу використовується лише 7-10 разів, перш ніж його викидають. [3]

Індустрія швидкої (також названої одноразовою) моди швидко розвивається, що є не тільки екологічною, а й економічною проблемою. Швидка мода передбачає швидке настання популярності певних речей, їх швидке виготовлення та продаж, а також швидка заміна товарів на полицях та складах магазинів. Окрім того, що магазини позбавляються непотрібного товару, покупці також швидко віддають перевагу новим елементам одягу. Цикли трендів змінюються так швидко, що багато споживачів одягають свої речі лише один або два рази, перш ніж їх викинути. Одяг також часто виготовляється з матеріалів низької якості, що виправдовується недорогою ціною. Це призводить до того, що одяг рветься, лопається швами або зношується швидше, ніж екологічна модна річ. [4]

Природні волокна, такі як бавовна, льон чи вовна, розкладаються швидше, часто протягом кількох місяців або кількох років. Однак синтетичні тканини, такі як поліестер або нейлон, можуть зберігатися десятиліттями або навіть століттями, створюючи екологічні проблеми. Під час розкладання ці тканини можуть виділяти шкідливі хімічні речовини в ґрунт і підземні води, впливаючи на місцеві екосистеми. Відсутність сонячного світла та повітря на сміттєзвалищах уповільнює процес руйнування, що робить його ще гіршим. [5]

Найбільш поширеним, і водночас найбільш токсичним забрудником є синтетичний текстиль, що виробляється з нафти, а також мікрофібра. При пранні в пральній машинці на



кожен кілограм випраного текстилю разом зі стічними водами викидається від 11 до 63 мг мікрофібри, і від 20 до 800 мг поліестеру. [5]

Свідоме споживання є важливим кроком для зменшення забруднення від виробництва та споживання одягу. Зменшення кількості придбаного одягу, свідоме використання, а також відмова від концепції швидкої моди може суттєво зменшити як кількість одягу на звалищах, а як наслідок кількість викинутого в водойми та ґрунти забруднень. Також важливим етапом екологічного ставлення до одягу може бути вибір натуральних тканин для пошиття одягу та інших елементів текстилю. Хоча в цього є мінуси, такі як велика площа сільськогосподарських земель, води та інших природних ресурсів, використаних для вирощування бавовни та льону, більша вартість в порівнянні зі штучними тканинами. Задля зменшення викидів пластику у стічні води варто ставити фільтри на зливи пральних машин або ж використовувати у пранні мішки для одягу.

Так як одяг на звалищах може лежати неймовірно довгий час, а штучні тканини розкладаються століттями (штучні тканини розкладаються від 20 до 200 років) варто не тільки зменшити використання, а також покращити системи та техніки переробки використаних тканин, якщо це можливо. Для переробки ненатуральних тканин використовують такі методи як:

- Механічна переробка – подрібнення тканини для подальшого переплетіння у нові тканини, або для використання як наповнювача.

- Хімічна переробка – розщеплення полімерів для синтезу їх у нові тканини. Але цей спосіб потребує використання хімічних домішок та розчинників, тож цей спосіб не є повністю екологічним.

- Також можливе використання спеціалізованих технологій, що дозволяє багаторазово переробляти штучні тканини.

Переробка змішаних тканин є складнішою, так як штучні волокна змішані з натуральними, що заважає повному хімічному розщепленню. Але і для цього є рішення – деякі технології дозволяють розкладати певні волокна, при цьому не пошкоджуючи інші, які можна в подальшому використати повторно, інші дозволяють розділяти волокна на полімери та мономері, які також можна використати повторно. Але економічна доцільність переробки таких тканин часто нижча, ніж для моно матеріалів — спеціальне обладнання, хімікати і сортування — все це робить процес дорогим та довготривалим. Але окрім повторного перетворення на одяг, вони також можуть бути використані для наповнення текстилю, а також слугувати ізоляцією або утепленням при будівництві.

Варто також просувати культуру повторного використання речей. Наразі популярною є культура перешивання старих речей у нові, покращення старих поношених речей за допомогою різноманітного декору, що зменшує кількість викинутого одягу.

Отже, надмірне виготовлення, а в подальшому й споживання одягу є вагомою причиною забруднення навколишнього середовища. Окрім надмірного використання природних ресурсів для виготовлення, також багато ресурсів витрачається на переробку, а покинуті на звалищах речі завдають велику шкоду навколишнім ґрунтам та водоймам. Варто збільшити екологічну свідомість суспільства, аби запобігти викиданню одягу на звалища, а надати можливість дати нове життя старим речам.

Список використаної літератури:

1. 9 кроків назустріч slow fashion і свідомого життя – School Recycling World. *School Recycling World – School Recycling World*. URL: <https://schoolrecyclingworld.org/2020/01/27/9-кроків-назустріч-slow-fashion-i-свідомого-життя>;

2. The environmental impacts of clothing: Evidence from United States and three European countries / J. Sohn et al. ScienceDirect. 2021. Vol. 27. P. 2153–2164.

3. Перепада О., Шепелева А. Щороку 120 млн тонн одягу опиняються на звалищах – DW – 12.08.2025. *dw.com*. URL: <https://www.dw.com/uk/gori-tekstilnogo-smitta-soroku-120-mln-tonn-odagu-opinautsa-na-zvalisah/a-73616428>

4. Contributors to Wikimedia projects. Environmental impact of fashion - Wikipedia. *Wikipedia, the free encyclopedia.*
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_fashion

5. Rohan. What Happens to Clothes in Landfills? A Long, Slow Breakdown. *Knowing Fabric.* URL: <https://knowingfabric.com/what-happens-to-clothes-in-landfills/#:~:text=Decomposition%20in%20landfills%20occurs%20slowly%20due%20to%20limited,into%20soil%20and%20groundwater,%20contributing%20to%20environmental%20degradation>

ОЦІНКА ЛАНДШАФТІВ ДНІСТРОВСЬКОГО КАНЬЙОНУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЗАЛЯГАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ЗГІДНО РЕЛЬЄФУ

Решітник Ангеліна Романівна, студентка групи ЕКО-23-1

Доцент кафедри екології Зорін Денис Олексійович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Дністровський каньйон є однією з найцінніших природних територій України, що поєднує унікальні геоморфологічні, кліматичні та біотичні умови. Ландшафтна структура території, представлена глибоко врізаною долиною річки, стрімкими схилами, яружно-балковими системами та прилеглими високими плато (рис. 1), формує складну систему локальної циркуляції повітряних потоків, яка визначає нерівномірність залягання атмосферних забруднювачів. Такі елементи рельєфу, як улоговини та днище каньйону, функціонують як природні «пастки», де накопичуються дрібнодисперсні частинки, важкі метали та газоподібні сполуки. У роботі досліджувались концентрації пилу, оксиду вуглецю (CO), оксидів сірки (SO_x) та важких металів, зокрема міді (Cu).

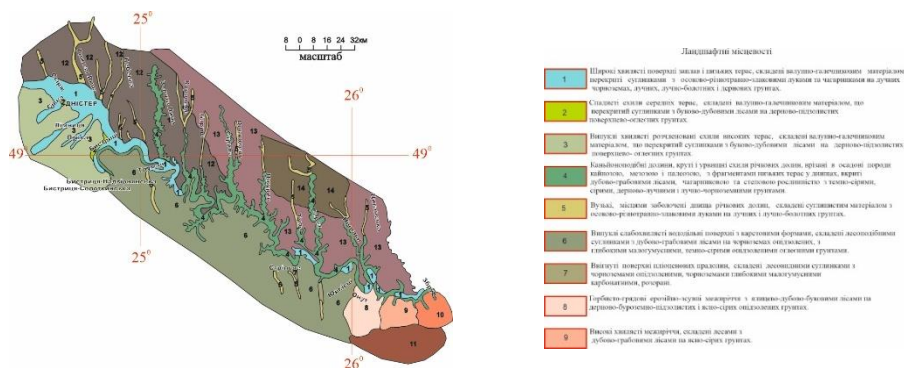


Рисунок 1. Ландшафтна карта Дністровського каньйону

Побудовані 3D-моделі просторового розподілу цих речовин засвідчують, що найвищі їхні концентрації локалізовані в найбільш знижених елементах рельєфу, що підтверджується на рисунку 2 (а, б). Газоподібні сполуки, такі як CO та SO_x, накопичуються в долині, оскільки стрімкі схили обмежують горизонтальне переміщення повітря, ускладнюючи природне розсіювання.

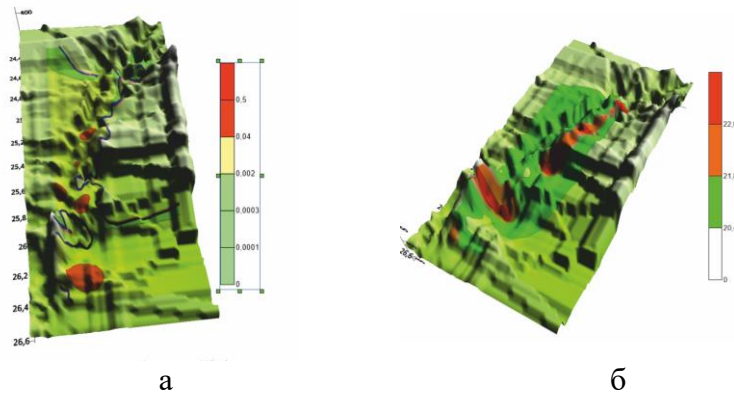


Рисунок 2. 3D моделі концентрацій пилу (а) та кисню (б)

На 3D-моделі пилового навантаження рисунок 2 (а) чітко простежується значне перевищення концентрацій у найглибших улоговинах порівняно зі схилами та плато, що зумовлює локальні перевищення ГДК.

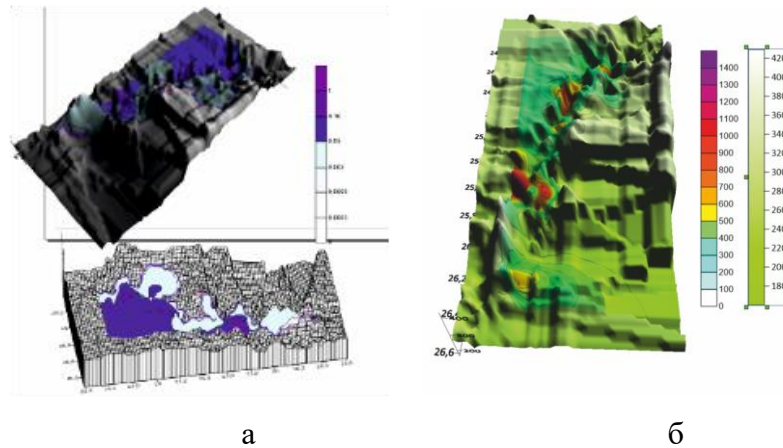


Рисунок 3. 3D моделі концентрацій CO (а) та СПЗ(б)

Аналогічна ситуація спостерігається і для CO та СПЗ, представлених на рисунку 3 (а, б), де концентраційні піки простежуються у знижених ділянках рельєфу. Виявлений ефект «пастки» підсилюється сучасними кліматичними змінами, які останніми десятиліттями характеризуються зростанням середньорічної температури: у Чернівецькій області з 9,4 °С до 12,8 °С у період 2005–2022 рр., а в Тернопільській — із 7,5 °С у 2006 р. до 12,3 °С у 2024 р. Підвищення температури спричиняє частіше виникнення температурних інверсій, коли тепліші повітряні маси перекривають холодніші шари, істотно обмежуючи вертикальне перемішування атмосфери. Скорочення періоду залягання снігового покриву та зменшення його висоти — з 30 см у 2012–2013 рр. до 3–4 см у 2015 та 2020 рр. — послаблює природний механізм очищення повітря, що сприяє повторному підняттю пилових часток з ґрунту і рослинних поверхонь. Це призводить до зростання пилового навантаження, яке корелює зі збільшенням сумарного показника забруднення: при концентраціях пилу 0,05–0,09 мг/м³ СПЗ сягає 300–900 одиниць, а за поєднання з високими рівнями CO та SO_x перевищує 1000–1600.

Отже, Дністровський каньйон є надзвичайно цінною природною територією України зі своїми особливими мікрокліматичними умовами. Глибокі улоговини на даній території сприяють накопиченню різноманітних речовин, створивши 3D моделі для таких речовин як: пил, оксид вуглецю (CO), оксиди сірки (SO_x) ми могли в цьому впевнитись. Також варто зазначити, що сучасні кліматичні зміни зокрема, підвищення середньорічної температури та скорочення періоду залягання снігового покриву посилюють ефект так званої «пастки».



Сукупність цих факторів призводить до порушення механізмів природного очищення атмосфери та створює умови для локального накопичення шкідливих речовин, що може мати негативні наслідки для екосистем та якості повітря в даному регіоні.

Список використаної літератури:

1. Зорін Д.О. Еколого-географічні особливості Дністровського каньйону // Матеріали Х з'їзду Українського географічного товариства. – Київ, 2008. – Том III. – С. 185-187.
2. Valleys, R. S. (2007). Річкові долини
3. Зоріна Н. О. Визначення екологічної ситуації територій з використанням комп'ютерних технологій.

ДОННІ ВІДКЛАДИ ЯК ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПОКАЗНИК ПОТЕНЦІЙНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДНИЙ ОБ'ЄКТ

Ричак Тарас Львович, аспірант кафедри екології

Професор кафедри екології Архипова Людмила Миколаївна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У сучасних умовах інтенсивного техногенного навантаження на довкілля особливого значення набуває оцінка стану водних екосистем. Донні відклади є природним акумулятором забруднювальних речовин і відображають тривалий вплив техногенних та антропогенних чинників на водні об'єкти. Дослідження їхнього хімічного складу дозволяє виявити джерела та масштаби забруднення, а також оцінити потенційні екологічні ризики для якості води. За М. Ромась (2001) важкі метали (вм) у донних відкладах водних об'єктів містяться у вигляді практично нерозчинних сполук, що виключає за сучасних умов забруднення води при їх ремобілізації із цих відкладів. Процеси, які найбільш сприяють детоксикації металів у водоймах, пов'язані із їх сполученням у комплекси із розчиненими органічними речовинами та адсорбцією на завислих глинистих частках, а надалі – із седиментацією та захороненням у донних відкладах [1]. В. Васенко та ін. (2008) вважають, що показники донних відкладів дозволяють більш адекватно визначити екологічний ризик антропогенного навантаження на водний об'єкт. Саме донні відклади є важливим компонентом гідроекосистеми, який пов'язаний з основними циклами колообігу речовин й енергії та може бути джерелом вторинного забруднення водойми. Для донних відкладів водних об'єктів, що знаходяться в межах впливу теплових електростанцій, високим ризиком є накопичення вм [1,2]. Тому аналіз вмісту донних відкладів є важливим показником стану довкілля та ефективним інструментом екологічного моніторингу водних екосистем.

Мета дослідження – визначити вплив поверхневих вод водойми - охолоджувача, що забезпечує функціонування оборотної системи водопостачання теплової електростанції та додатково зазнає різноманітних антропогенних навантажень (рибництво, рекреаційне використання, господарські стічні води, тощо) на вміст вм у системі «поверхневі води - донні відклади»

Предмет досліджень - концентрації хімічних елементів та їх сполук у поверхневих водах та донних відкладах.

Проведені польові дослідження для визначення стану донних відкладів і їх потенційного впливу на водні маси. Були відібрані проби води та донних відкладах на 7 репрезентативних створах. Польовими дослідженнями була охоплена водна система: р. Гнила Липа—Бурштинське водосховище—р. Гнила Липа—р. Дністер. Дослідження проводились у період літньої межени 2025 року. Лабораторний аналіз вмісту хімічних сполук проведено у навчально-дослідницькій лабораторії аналітичних екологічних досліджень Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (Протокол № 2224-30 Дослідження проб донних відкладів; Протокол №2208-2214 Дослідження води).



Методика дослідження полягала у наступному: відбір проб поверхневих вод та проб донних відкладів на визначених репрезентативних створах р. Гнила Липа, Бурштинське водосховище, р. Дністер; аналізу вмісту гідрохімічних показників та солей вмісту у відібраних пробах води та донних відкладах.

Серед показників якісного складу донних відкладів доцільно розглядати коефіцієнт накопичення (донної акумуляції) вмісту (КДА) та індекс забруднення донних відкладів (ІЗД) [2]. У зв'язку з цим було обчислено КДА вмісту та визначено ІЗД на репрезентативних створах дослідження.

КДА вмісту, за [2], розрахований, як:

$$\text{КДА} = \frac{C_d}{C_e}, \quad (1)$$

де: C_e – концентрація металів у воді, мг/дм³.

C_d – концентрація металів у донних відкладах, мг/дм³.

ІЗД, за [2], був розрахований, як:

$$\text{ІЗД} = \frac{C_{nn} / \text{СХК}_{nn} + (\sum C_{xon}^i / \text{СХК}_{xon}^i) / n_{xon} + (\sum C_{Mc}^i / \text{СХК}_{Mc}^i) / n_{Mc}}{3}, \quad (2)$$

де: $C_{nn} / \text{СХК}_{nn}$ – відношення концентрації нафтопродуктів до їх середньої характерної концентрації для відповідного типу відкладів;

$\sum C_{xon}^i / \text{СХК}_{xon}^i$ – сума відношень концентрацій знайдених пестицидів до їх середніх характерних концентрацій для відповідного типу відкладів;

$\sum C_{Mc}^i / \text{СХК}_{Mc}^i$ – сума відношень концентрацій знайдених металів до їх середніх характерних концентрацій для відповідного типу відкладів.

Були розраховані КДА для заліза, цинку, міді, хрому, кадмію (валова форма). За отриманими результатами найнижчий вміст спостерігався у піщаних відкладах, найбільший - у мулистих. Серед вмісту найвищий КДА характерний для заліза та кадмію на створах дослідження: Бурштинське водосховище (лівий берег), р. Гнила Липа (с. Бовшів).

Отримані значення КДА міді (мулисті відклади, 0,2 – 1,3) вказують на низький рівень накопичення у донних відкладах. КДА хрому та цинку (мулисті відклади, 1,0 – 3,0) свідчать про слабку тенденцію до накопичення цих металів у донних відкладах. Отримані результати КДА заліза та кадмію (мулисті відклади, 3,5 – 8,5) свідчать про виражену помірну тенденцію до накопичення, проте не досягають «високих» рівнів.

Розраховані ІЗД за вмісту (свинець, кадмій, цинк, мідь – валова форма, мулисті відклади) та нафтопродуктами (вміст пестицидів не визначився). Отримані значення ІЗД знаходились в межах від 0,3 до 1,2. Найвищі значення ІЗД (1-1,2) характерні для створів, де спостерігався найвищий КДА: Бурштинське водосховище, створ потрапляння вод з водосховища у р. Гнила Липа (с. Бовшів). Помірні та низькі значення ІЗД (0,3-0,9) характерні для створів р. Дністер (м. Галич) та створів середньої частини р. Гнила Липа (с. Бабухів, с. Куничі, с. Тустань).

Донні відклади виступають чутливим і надійним індикатором потенційного екологічного ризику техногенного навантаження на водний об'єкт. У досліджених семи створах, три показали підвищені значення КДА, що свідчить про помірно високу здатність донних відкладень накопичувати залізо та кадмій. Водночас, ІЗД вказує на слабе та помірне забруднення донних відкладів. Отримані результати свідчать про локальне техногенне навантаження, при якому донні відклади активно акумулюють залізо і кадмій, проте загальний рівень забруднення залишається низьким (частково помірним), що вказує на перспективність використання розглянутих показників для досягнення об'єктивності оцінки якості поверхневих вод.

Список використаної літератури:

1. Ромась М. І. Гідрохімія водних об'єктів атомної і теплової енергетики: монографія. –К., ВПЦ Київський університет, 2002. 532 с.
2. Васенко О. Г. Розширення переліку показників екологічної класифікації якості поверхневих вод України/ Васенко О. Г., Верниченко Г. А., Верниченко-Цветков Д. Ю., Коваленко М. С // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр./УкрНДІЕП. – Х.: ВД «Райдер», 2011. – вип. XXXIII. – С.33-47.

МОНІТОРИНГ ЗМІН ТИПІВ ЕКОСИСТЕМ ТЕРИТОРІЇ ДНІСТРОВСЬКОГО РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ ЗА ПЕРІОД 2001-2023 РОКІВ

*Салига Володимир Анатолійович, аспірант кафедри екології
Професор кафедри екології Архипова Людмила Миколаївна
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Супутникові дані дистанційного зондування забезпечують можливість систематичного спостереження за динамікою ландшафтів на великих територіях протягом тривалих періодів часу. Використання продуктів MODIS [1] з класифікацією IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme) дозволяє отримати стандартизовану інформацію про типи екосистем з роздільною здатністю 500 метрів [2].

Дністровський регіональний ландшафтний парк охоплює верхів'я басейну річки Дністер у межах Івано-Франківської області. Територія характеризується складним рельєфом з висотами від 150 до 340 метрів над рівнем моря, мозаїчним поєднанням лісових масивів, сільськогосподарських угідь та природних лук (рис. 1).

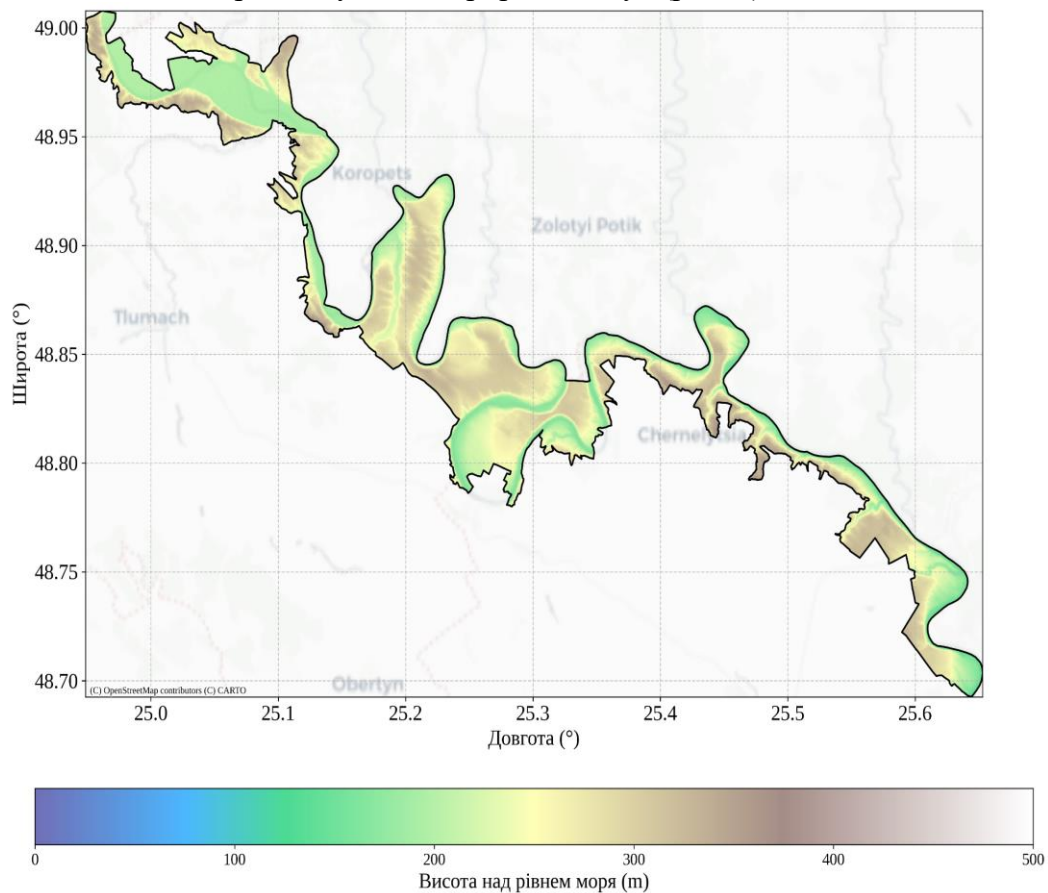


Рисунок 1. Цифрова модель рельєфу території дослідження

Для аналізу використано колекцію MODIS/061/MCD12Q1 [1], яка надає глобальні типи екосистем з інтервалом в один рік та роздільною здатністю 500 метрів. Обрано класифікацію IGBP, що включає 17 класів типів екосистем. Обробку даних виконано з використанням платформи Google Earth Engine та мови програмування Python з бібліотеками для геопросторового аналізу.

Методологія включала:

- завантаження супутникових даних за 2001 та 2023 роки;
- векторизацію меж Дністровського парку;
- обчислення площ кожного типу екосистем;
- створення порівняльних карт та діаграм змін;
- статистичний аналіз трансформацій ландшафтної структури.

Аналіз змін типів екосистем виявив значні трансформації ландшафтної структури парку протягом 22-річного періоду (Рис. 2, 3, 4). Найбільш виражені зміни спостерігаються в категоріях лісового покриву та сільськогосподарських угідь.

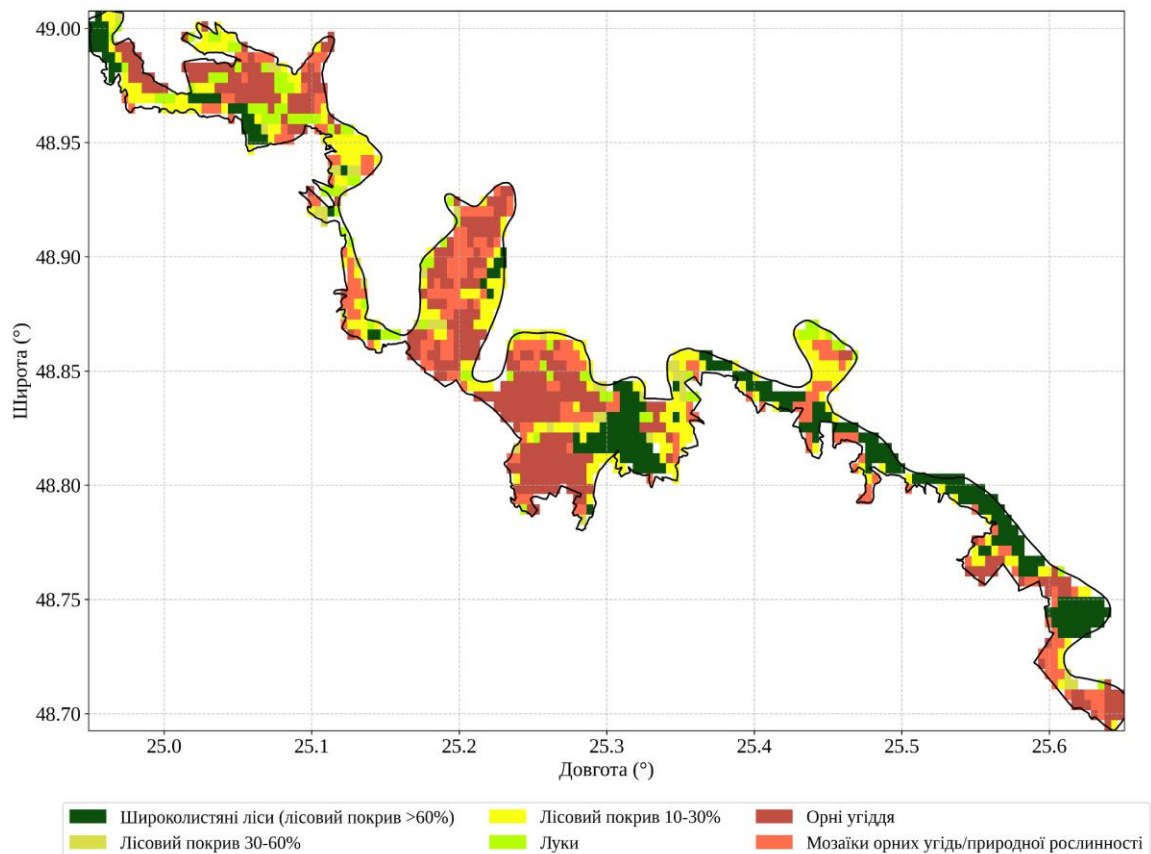


Рисунок 2. Просторовий розподіл типів екосистем на території Дністровського парку: 2001 рік

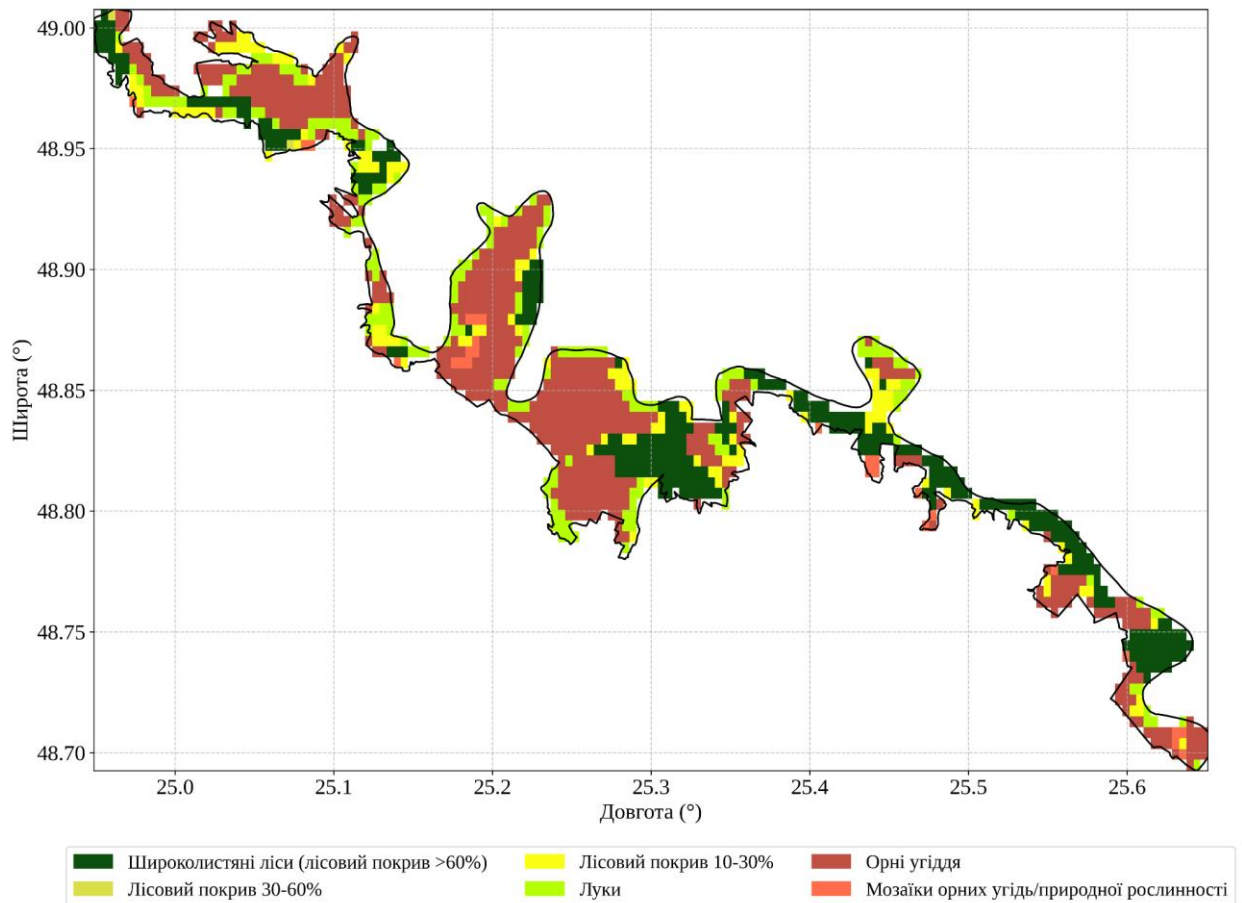


Рисунок 3. Просторовий розподіл типів екосистем на території Дністровського парку: 2023 рік

Лісові екосистеми демонструють різноспрямовані тенденції. Площа широколистяних лісів з високою густрою (>60% покриву) зростає на 5.52% (з 19.2% до 24.7% території), що може свідчити про природне відновлення лісів або успішні лісовідновлювальні заходи. Водночас відбулося скорочення лісового покриву середньої (30-60%) та низької (10-30%) густоти на 3.31% та 9.00% відповідно, що вказує на процеси консолідації лісових масивів.

Сільськогосподарські угіддя зазнали найбільших змін. Площа орних земель збільшилася на 15.37% (з 30.0% до 45.3%), що відображає інтенсифікацію аграрного виробництва. Суттєвим є скорочення мозаїчних угідь з природною рослинністю на 16.81% (з 19.1% до 2.3%), що свідчить про трансформацію традиційних екстенсивних форм господарювання в інтенсивні монокультури.

Природні луки продемонстрували позитивну динаміку зі збільшенням площі на 7.89% (з 7.3% до 15.2%). Це може бути результатом закинутих сільськогосподарських земель або цілеспрямованих природоохоронних заходів щодо відновлення природних пасовищ.

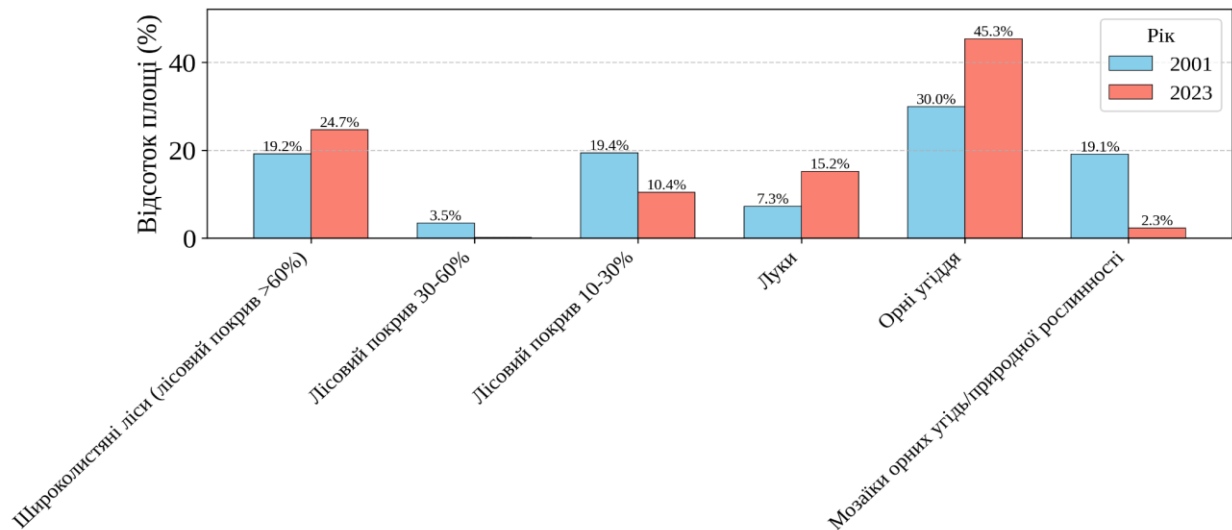


Рисунок 4. Порівняльна діаграма розподілу типів екосистем (%) у 2001 та 2023 роках

Проведений моніторинг виявив суттєві зміни в структурі типів екосистем Дністровського регіонального ландшафтного парку за період 2001-2023 років. Основними трендами є інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, консолідація лісових масивів та розширення природних лук.

Подальші дослідження мають включати аналіз драйверів виявлених змін, оцінку їх впливу на екосистемні послуги та розробку сценаріїв майбутнього розвитку території парку.

Список використаної література:

1. Friedl, M., & Sulla-Menashe, D. (2022). MODIS/Terra+Aqu Land Cover Type Yearly L3 Global 500m SIN Grid V061 [Data set]. NASA Land Processes Distributed Active Archive Center. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MCD12Q1.061>
2. Seifu, Tesema Kebede, Woldesenbet, Tekalegn Ayele, Alemayehu, Taye, Ayenew, Tenalem, Spatio-Temporal Change of Land Use/Land Cover and Vegetation Using Multi-MODIS Satellite Data, Western Ethiopia, The Scientific World Journal, 2023, 7454137, 17 pages, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/7454137>

СОЦІАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТА СИГНАЛЬНІ СИСТЕМИ МУРАХ ВИДУ *MESSOR STRUCTOR* ЯК ОСНОВА ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ УСПІШНОСТІ

Семчук Валентина Святославівна студентка IV курсу спеціальності А4.05 Середня освіта (біологія та здоров'я людини)

Кандидат біологічних наук, доцент Микитин Тетяна Василівна

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

Мурахи роду *Messor* є типовими представниками зернозбиральних мурах і характеризуються високим рівнем соціальної організації, чітким розподілом функцій між особинами та використанням різних типів сигналів для координації дій колонії [4, 5]. Їхня поведінка ґрунтується на поєднанні хімічної комунікації через феромони та вібраційних сигналів [6, 7].

Дослідження особливостей соціальної взаємодії мурах цього виду має важливе значення для розуміння принципів колективної поведінки та адаптацій до різних екологічних умов [2, 9].



Об'єктом дослідження були лабораторні колонії *Messor structor*, утримувані у штучному формікарії [1]. Для оцінки поведінкових реакцій застосовано методи етологічного спостереження та серію експериментів із контрольованою зміною екологічних параметрів – температури, вологості, освітлення та потоків повітря [3, 8].

Фіксацію активності мурах здійснювали за допомогою відеоспостереження, з подальшим аналізом частоти поведінкових актів. Усі експерименти проводилися при стабільній температурі середовища (+24 °C) з варіюванням окремих чинників.

Поведінка мурах *Messor structor* значною мірою залежить від абіотичних умов середовища. Оптимальний температурний діапазон активності колонії становить +20–30 °C. При зниженні температури до +16 °C спостерігалось групування особин і зниження частоти рухової активності.

Найсприятливішою для підтримання стабільної активності виявилася вологість 30–50 %. Недостатня вологість призводила до зменшення рухливості та пригнічення розвитку розплоду.

Мурахи активніші за денного освітлення, тоді як у темряві проявляли тенденцію до агрегації та формування щільних груп. Вібрації та слабкі потоки повітря впливали на просторову орієнтацію: за наявності протягів мурахи перекривали тунелі частинками субстрату, що можна розглядати як адаптивну поведінкову реакцію.

Додавання до раціону білкової їжі стимулювало активність робочих особин і збільшувало кількість соціальних контактів між ними.

Зафіксовано прояв феромонних сигналів під час рекрутингової поведінки та короткочасні стридуляційні коливання, що посилювали координацію в межах груп. Отримані результати свідчать про високу пластичність поведінкових реакцій *Messor structor* і ефективну систему обміну інформацією всередині колонії.

Отже, *Messor structor* характеризується високим рівнем соціальної організації та складною сигнальною системою.

Основними засобами обміну інформацією виступають феромонні та вібраційні сигнали, що забезпечують ефективну координацію дій.

Зміна екологічних параметрів (температури, вологості, освітлення) безпосередньо впливає на колективну поведінку та успішність функціонування колонії.

Результати можуть бути використані для моделювання колективних систем у біоінженерії та для розробки екологічних стратегій збереження популяцій.

Список використаної літератури:

1. Antwiki. Available: https://www.antwiki.org/wiki/Messor_structor
2. Arnan X., Retana J., Rodrigo A., Cedra X. Foraging behaviour of harvesting ants determines seed removal and dispersal. *Insectes Sociaux*, т. 57, № 4, pp. 421–430, 2010.
3. Detrain C., Pasteels J. A field assessment of optimal foraging in ants: trail patterns and seed retrieval by the European harvester ant *Messor barbarus*. *Insectes Sociaux*, т. 47, pp. 56–62, 2000.
4. Grasso D.A., Mori A., Le Moli F. Chemical communication during foraging in the harvesting ant *Messor capitatus*. *Insectes Sociaux*, т. 45, pp. 85–96, 1988.
5. Holldobler B., Wilson E.O. *The Ants*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1990.
6. Jason E. Co, Tappey H.J., Abraham H., Tinaut A. The comparative exocrine chemistry of nine Old World species of *Messor*. *Biochemical Systematics and Ecology*, т. 31, pp. 367–373, 2003.
7. Leclercq S., Charles S., Daloz D., Braekman J.-C., Aron S., Pasteels J.M. Absolute Configuration of Anabasine from *Messor* and *Aphaenogaster* Ants. *Journal of Chemical Ecology*, т. 27, pp. 945–952, 2001.
8. Plowes N., Johnson R., Holldobler B. Foraging behavior in the ant genus *Messor* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). *Myrmecological News*, № 18, pp. 33–49, 2012.



9. Pyke G., Starr C.K. Optimal foraging theory. In: Encyclopedia of Social Insects. Springer, Cham, 2021.

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ФОРМУВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ (за 2019–2024 рр.)

Смик Ірина Євгенівна, аспірантка кафедри екології

Доктор професор кафедри екології Архипова Людмила Миколаївна

Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

Розвиток туристичної індустрії на території Івано-Франківської області характеризується інтенсивним використанням рекреаційного потенціалу природних ландшафтів та суттєвим підвищенням антропогенного навантаження на місцеві екосистеми. Урбанізовані ядра та гірські території з високою концентрацією рекреаційних об'єктів формують складні екологічні взаємозв'язки, у межах яких туристичні потоки впливають на стан довкілля значно сильніше, ніж у регіонах із меншою щільністю відвідувачів. Зростання кількості туристів, зміна сезонної динаміки відвідувань, розвиток готельної, транспортної та сервісної інфраструктури, а також розширення сфери дозвілля призводять до збільшення обсягів утворення твердих побутових відходів. Поглиблення рекреаційного навантаження спричиняє додатковий тиск на системи поводження з відходами, що відображається у зростанні потреби в оптимізації логістичних схем, модернізації контейнерних майданчиків та вдосконаленні механізмів вторинної переробки.

Сучасні дослідження у сфері управління побутовими відходами акцентують на важливості просторової диференціації потоків ТПВ, що має особливе значення у межах туристично привабливих територій. Обсяги ТПВ у таких регіонах демонструють значні коливання залежно від туристичної активності, що вимагає застосування адаптивних підходів до планування вивезення відходів, визначення локацій для сортування та впровадження локальних систем моніторингу [1–3].

Структура потоків ТПВ у 2019–2024 рр. демонструє домінування малонебезпечних відходів, на які встановлено клас безпеки та рівень небезпечності. Їх обсяг коливається від 573 тис. т у 2024 році до 931,5 тис. т у 2022 році, що свідчить про суттєві міжрічні зміни. Найвищі показники зафіксовано у період підвищеної міграційної активності та зростання навантаження на комунальну сферу під час воєнних подій, тоді як зменшення у 2023–2024 рр. може відображати стабілізацію соціально-економічної ситуації та оптимізацію інфраструктурних процесів у громадах. Помірно небезпечні відходи демонструють невеликі, але закономірні коливання у межах 5–9 тис. т, причому найбільший приріст спостерігається у 2023–2024 роках, що може бути пов'язано із модернізацією підприємств обслуговуючого сектору та підвищенням рівня інвентаризації відходів цього типу.

Люмінісцентні лампи характеризуються нестійкою, але показовою динамікою. Обсяг становив 376 одиниць у 2019 році, зріс до 3387 у 2020 році, а згодом різко знизився до мінімальних значень у 2024 році (82 одиниці). Окрему увагу привертає категорія малонебезпечних нетоксичних відходів гірничодобувної промисловості, які у 2019 році становили понад 31,5 тис. т, але у 2023–2024 роках зменшилися до символічних величин. Різниця свідчить про реорганізацію виробничих процесів та значне зниження індустриальних навантажень на громади. Надзвичайно небезпечні відходи та відходи без встановленого класу безпеки утворюються у мінімальних кількостях, але зберігають значення для системи екологічної безпеки через токсикологічні властивості та складність утилізації.

Рисунок 1 демонструє стійку тенденцію до зниження сумарних обсягів ТОП-10 категорій ТПВ у 2019–2024 рр. Пік припадає на 2022 рік, що пов'язано з підвищеною мобільністю населення та збільшенням тиску на комунальні служби. Після 2022 року фіксується зменшення потоків відходів, що корелює зі стабілізацією внутрішніх

міграційних процесів, підвищенням рівня сортування та переглядом системи поводження з ТПВ у громадах. Динаміка малонебезпечних відходів відіграє ключову роль у формуванні загального тренду, оскільки ця фракція становить основну масу потоку.

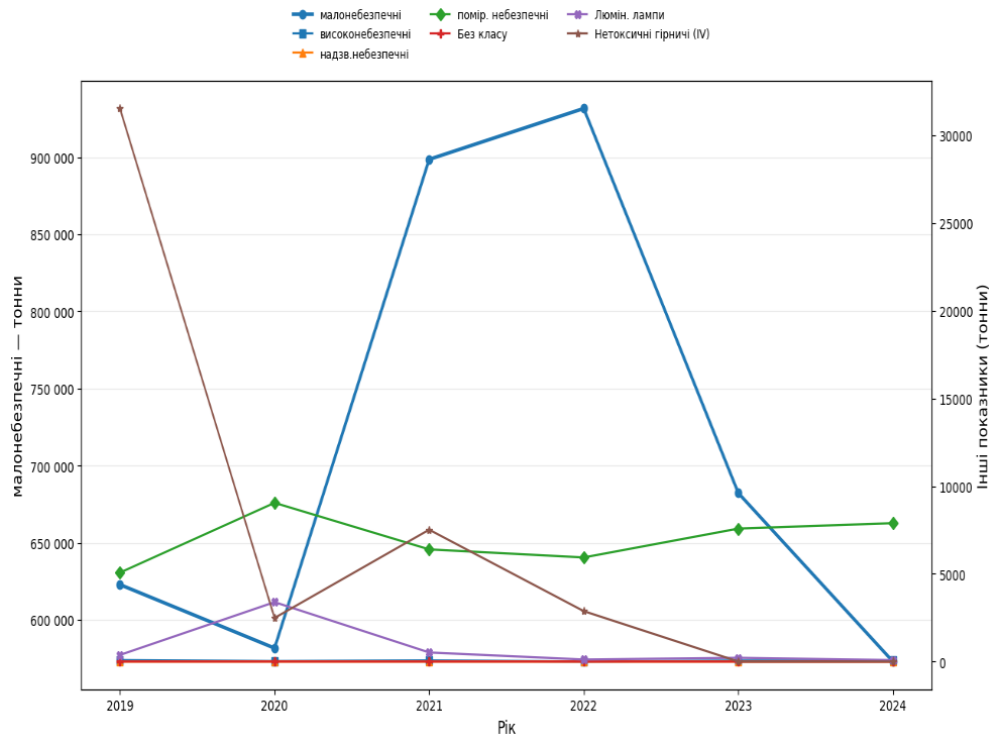


Рисунок 1. Динаміка сумарних обсягів ТОП категорій ТПВ (за визначенням 2024 р.) у 2019–2024 рр., розрахунки автора

Найбільший обсяг малонебезпечних фракцій традиційно фіксується у Ямницькій, Галицькій та Калуській територіальних громадах, які характеризуються поєднанням промислових і транспортних функцій. Помірно небезпечні відходи найактивніше акумулюються у Коломийській міській громаді, де розвинена сфера обслуговування та інтенсивно функціонують підприємства малого та середнього бізнесу. Люмінісцентні лампи формують локальні «вузли» у Долинській, Івано-Франківській та Богородчанській громадах, що пов'язано із щільністю адміністративних і соціальних установ, у яких використовується відповідний тип освітлення.

Рекомендовано розвивати системи просторового моніторингу ТПВ, удосконалювати логістику вивезення у громадах з високою туристичною активністю, розширювати інфраструктуру приймання небезпечних компонентів та інтегрувати практики сортування у діяльність туристичного бізнесу. Реалізація таких заходів сприятиме зменшенню екологічних навантажень і підвищенню стійкості туристичних територій.

Список використаної літератури:

1. Arbulú, I., Rey-Maqueira, J., & Sastre, F. (2024). *The impact of tourism and seasonality on different types of municipal solid waste (MSW) generation: The case of Ibiza*. Heliyon, 10(13), e33894. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33894>
2. Zeng, Y., Filimonau, V., Wang, L., & Zhong, L. (2023). *The impact of tourism on municipal solid waste generation in China*. Journal of Cleaner Production, 427, 139255. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139255>
3. Chen, F., Zhang, S., Liang, Y., & Yin, A. (2023). *Spatiotemporal variability in municipal solid waste production and the determinants in Hefei's core urban districts*. Sustainability, 15(22), 16058. <https://doi.org/10.3390/su152216058>

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ МІСЬКІЙ ГРОМАДІ

Солодкий Олег Богданович, аспірант кафедри екології

Доцент кафедри екології Зорін Денис Олексійович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Якість атмосферного повітря є одним із ключових показників екологічної безпеки міського середовища та визначає екологічний стан території, безпосередньо впливаючи на здоров'я населення. В Івано-Франківській міській громаді значний вплив на стан атмосфери мають транспортна інфраструктура, промислові підприємства, котельні та приватний сектор. Невелика кількість стаціонарних датчиків моніторингу та їх нерівномірне розміщення не забезпечують повного охоплення території, що ускладнює об'єктивну оцінку рівнів забруднення. З огляду на зростання інтенсивності руху транспорту та енергоспоживання, проблема якості повітря набуває особливої актуальності.

Метою дослідження є якісна оцінка стану атмосферного повітря в Івано-Франківській міській громаді із застосуванням мобільного моніторингу на основі даних спостережень, методами картографічного аналізу. Ми аналізували головні джерела антропогенного навантаження на атмосферне повітря та визначили просторові особливості розподілу кисню O_2 та вуглекислого газу CO_2 як індикаторів якісного стану атмосферного повітря в межах громади.

Дослідження виконувалося із застосуванням геоінформаційних технологій (MapInfo, Surfer) та методів математичного моделювання поверхонь розповсюдження речовин. Використано дані державної служби моніторингу довкілля, а також результати власних натурних спостережень на контрольних точках міста Івано-Франківська, селищ Вовчинці, Хриплин, Угринів, Ямниця. Для якісної оцінки використано показники вуглекислого газу CO_2 та кисню O_2 .

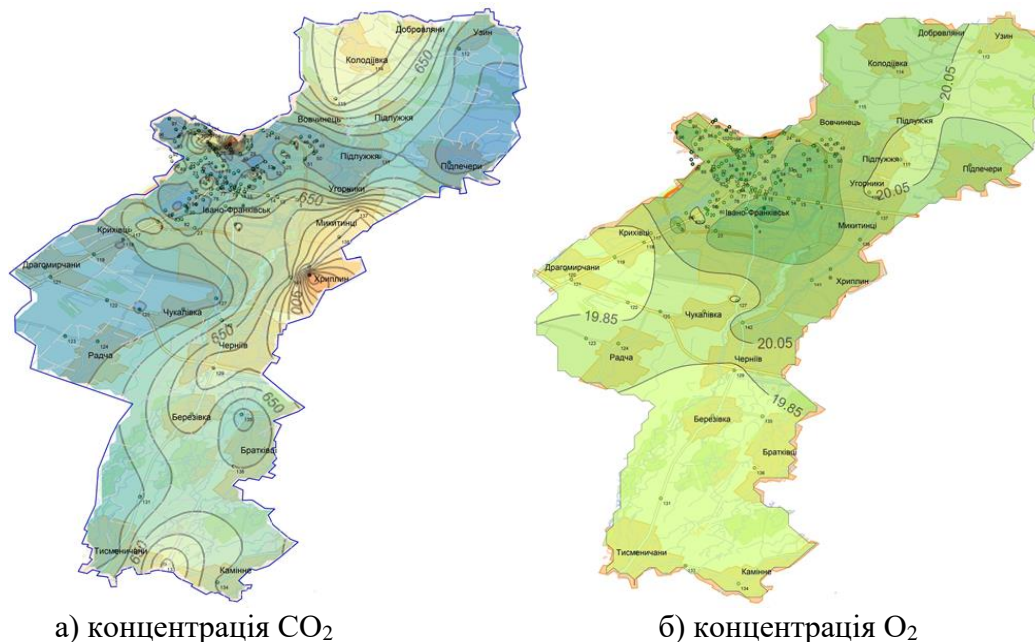


Рисунок 1. Концентрація CO_2 та O_2 у атмосферному повітрі Івано-Франківської ТГ 2025 Джерело: створено авторами

Встановлено, що найбільш забрудненими зонами Івано-Франківської громади є території, наближені до основних транспортних магістралей (вул. Галицька, Надрічна, Незалежності, об'їзна дорога), а також промислова зона в с.Хриплин. Концентрації CO_2



зафіксовані нами у с.Хриплин поблизу залізничного переїзду та складають 1290ppm та по вулиці Надрічна, 7 м. Івано-Франківськ 1590ppm це в порівнянні з середнім показником по громаді 552ppm у 2-3 рази більше. Рівні діоксиду вуглецю в центральній частині міста наближаються до допустимих концентрацій проте не перевищують їх. Показники вмісту кисню O₂ основною мірою залежні від фізико-морфологічних властивостей території Івано-Франківської громади та коливаються від 19.65 до 20.5 відсотків при середньому показнику 20.17 відсотка. Деяко знижені показники нижче 19.85 відсотка були зареєстровані на півдні громади в населених пунктах Березівка, Братківці, Камінне, Тисменичани та на заході в Драгомирчанах. Ситуація з вмістом кисню в цілому на хорошому рівні, що позитивно впливає на здоров'я жителів.

Загалом екологічний стан атмосферного повітря Івано-Франківської міської громади можна охарактеризувати як задовільний, проте з локальними осередками підвищеного забруднення. Основними джерелами негативного впливу залишаються транспортні потоки та промислові об'єкти. Для покращення стану атмосферного повітря доцільно удосконалити систему геоінформаційного моніторингу, впроваджуючи регулярне оновлення карт розподілу забруднювачів, а також сприяти підвищенню частки використання екологічного транспорту та збільшення кількості зелених насаджень.

Список використаної літератури:

1. Moskalchuk, N. M. (2021). Дослідження впливу довкілля на здоров'я людей Івано-Франківської області. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*, 12(1), 46-53. URL: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-1\(23\)-46-53](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-1(23)-46-53)
2. Dimitriou, K., & Mihalopoulos, N. (2024). Air quality assessment in six major Greek cities with an emphasis on the Athens Metropolitan Region. *Atmosphere*, 15(9), 1074. URL: <https://doi.org/10.3390/atmos15091074>
3. Міністерство охорони здоров'я України. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) ДСП-201-97. Правила № 201 від 09.07.1997. Київ: МОЗ України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97/ed20140807#Text>
4. Zorin, D. O., & Ovsianetska, D. Y. (2024). Просторовий аналіз забруднення атмосферного повітря в Івано-Франківській ОТГ з використанням ГІС-технологій. *Матеріали конференції «Екологія 2024» IX Міжнародний з'їзд екологів*. ВНТУ. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/ecology/ecology2024/paper/viewFile/21932/18235>
5. Abdelmalek, M. M., Mahmoud, H., & Shokry, H. (2025). *Prognosis of air quality index and air pollution using machine learning techniques*. *Scientific Reports*, 15(25890). URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11260-y>

ТРАНСФОРМАЦІЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ ЗА УМОВ НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Грицуляк Віталій Миколайович, студент групи ТЗ-25-1

Професор кафедри екології Мандрик Олег Миколайович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Фізико-хімічні властивості нафтозабруднених ґрунтів зазнають комплексної трансформації, яка охоплює як фізичну структуру ґрунтової товщі, так і хімічний склад твердої, рідкої та газової фаз. Потрапляння сирової нафти, дизельного пального чи інших нафтопродуктів у ґрунт змінює його поведінку як природної системи: від водопроникності й повітрообміну до буферних властивостей, вмісту поживних елементів, токсичних органічних сполук і біологічної активності. Унаслідок цього ґрунт втрачає властивості



саморегуляції, різко падає його родючість, відбувається деградація ґрунтової екосистеми та зростає екологічний ризик для суміжних компонентів довкілля.

Особливої актуальності ці питання набувають у післявоєнний період, коли внаслідок руйнування нафтобаз, трубопроводів, транспортної інфраструктури та об'єктів промисловості зростає масштаб локальних і дифузних нафтозабруднень. В умовах повоєнного відновлення територій оцінка та відновлення фізико-хімічних властивостей нафтозабруднених ґрунтів стають ключовою передумовою відновлення продуктивності агроландшафтів, зниження екологічних ризиків і забезпечення екологічної безпеки населення [1].

Однією з найбільш характерних ознак нафтозабруднення є зміна фізичних властивостей ґрунту, передусім об'ємної маси й пористості. Експериментальні дослідження показують, що за умов сорбції нафти об'ємна маса ґрунту зростає майже лінійно зі збільшенням об'єму пролитого нафтопродукту, оскільки вуглеводні заповнюють частину порового простору й збільшують масу одиниці об'єму, тоді як загальний об'єм змінюється несуттєво. Паралельно відбувається зменшення загальної та повітряної пористості: капіляри частково блокуються нафтовою фазою, що призводить до зниження здатності ґрунту пропускати повітря й воду. Для різних типів ґрунтів показано зростання bulk density та зменшення пористості зі збільшенням вмісту нафти. Це безпосередньо впливає на інфільтраційні процеси, формування поверхневого стоку та небезпеку ерозії [2].

Суттєво змінюється водний режим ґрунту. У результаті покриття частинок органічною гідрофобною плівкою ґрунт набуває властивостей водовідштовхувального середовища: крапля води довго зберігає сферичну форму на поверхні, інфільтрація знижується, а дощова вода стікає поверхнею, формуючи локальні застої, розмиви та ерозійні форми рельєфу. Польові дослідження в районах виливів вуглеводнів фіксують значно меншу інфільтрацію опадів на забруднених ділянках порівняно з контрольними, а просочування води має «плямистий» характер, типовий для гідрофобних ґрунтів. Внаслідок цього виникає дефіцит вологи у кореневмісному шарі та одночасно посилюється поверхневий стік, що сприяє змиву дрібнозему й поглибленню деградаційних процесів [1].

Паралельно змінюються механічні та структурні характеристики ґрунту. Під впливом вуглеводнів агрегати ґрунту на перших етапах можуть «склеюватися» органічною плівкою, що підвищує їхню міцність і сприяє утворенню більш грубих агрегатів. Однак за вищих рівнів забруднення структура руйнується, формується грудкувато-комковата маса з підвищеним опором проникненню. Дослідження геотехнічних властивостей нафтозабруднених ґрунтів показали, що із зростанням вмісту нафти змінюються показники зчеплення та кута внутрішнього тертя, зазвичай зростає зчеплення, але зменшується кут тертя, а проникність (коефіцієнт фільтрації) може падати на порядок. Це важливо як для інженерної геології (стійкість основ споруд), так і для екології, оскільки зниження проникності сприяє тривалішому утриманню забруднювачів у ґрунтовому профілі.

Хімічні властивості нафтозабруднених ґрунтів також змінюються радикально. Одним із перших індикаторів є зростання вмісту загального органічного вуглецю (Total Organic Carbon, TOC): нафта суттєво підвищує частку органічної речовини, але це «баластна» органіка, яка практично не входить до гумусового пулу й не еквівалентна підвищенню ефективної родючості. Для ґрунтів, забруднених легкою нафтою, встановлено збільшення TOC на 10–20 % порівняно з фоновими значеннями [1]. На фоні різкого збільшення вуглецю співвідношення C:N зростає, що призводить до біологічної іммобілізації азоту мікроорганізмами й розвитку азотного голодування у рослин. Це проявляється у зниженні вмісту доступних форм азоту (нітратів і амонію) та фосфору, хоча загальний вміст N і P може залишатися сталим або навіть збільшуватися, але у формі, малодоступній для рослин.



Рисунок1. Нафтозабруднені ґрунти

Важливою є трансформація кислотно-лужних властивостей. Для ряду мінеральних і орґано-мінеральних ґрунтів показано, що забруднення нафтою зсуває рН у бік слабколужної реакції, наприклад з 6,5 до 7,8 у випадку легких нафт. Це супроводжується зміною кислотно-лужної буферності й перерозподілом форм фосфору, заліза та марганцю. Зміна рН впливає на розчинність мікроелементів і важких металів, а також на активність ґрунтових мікроорґанізмів. Водночас у ґрунт часто надходять пластові та супутні води з підвищеною мінералізацією, що зумовлює зростання електропровідності ґрунтового розчину та збільшення вмісту розчинних солей натрію, калію, хлоридів, сульфатів та інших іонів. Для рослин це означає посилення осмотичного стресу, зниження доступності води навіть за її наявності в ґрунті та можливий розвиток вторинного засолення.

Катіонообмінна ємність (КЄЄ) нафтозабруднених ґрунтів також зазнає змін. З одного боку, полярні компоненти нафти (смолисто-асфальтенові фракції) можуть збільшувати число потенційних сорбційних центрів, що формально веде до зростання КЄЄ. З іншого боку, значна частина активних поверхонь глинистих мінералів і гумусу виявляється заблокованою нафтовою плівкою, тому реальна доступність обмінних позицій для поживних катіонів зменшується. Паралельно можливе накопичення мікроелементів, характерних для нафти (насамперед ванадію та нікелю), у сорбційно-зв'язаній формі, що за змін рН чи окисно-відновного потенціалу може супроводжуватися підвищенням їхньої рухомості.

Ключовою групою забруднювачів у нафтозабруднених ґрунтах є токсичні орґанічні сполуки: загальні нафтопродукти (Total Petroleum Hydrocarbons, TPH), легкі та важкі фракції вуглеводнів, а також поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). Ці речовини характеризуються високою гідрофобністю, схильністю до сорбції на орґано-мінеральному комплексі й тривалою стійкістю в середовищі. Частина низькомолекулярних фракцій відносно швидко випаровується або біодеградує, проте середньо- та високомолекулярні компоненти (особливо ПАВ та асфальтено-смолисті сполуки) можуть зберігатися в ґрунті роками. Їхня присутність не лише прямо токсична для рослин і ґрунтових орґанізмів, але й опосередковано впливає на мікробні спільноти, спричиняючи скорочення видового різноманіття, домінування спеціалізованих гідрокарбонікислих мікроорґанізмів і пригнічення чутливих груп, наприклад нітрифікаторів.

Важливий аспект – формування у нафтозабрудненому ґрунті умов дефіциту кисню. Орґанічна фаза нафти, заповнюючи поровий простір, зменшує газообмін, а активний



мікробний розклад вуглеводнів додатково споживає кисень, створюючи локальні анаеробні зони. Дослідження показують, що в таких умовах різко падає чисельність аеробних мікроорганізмів, натомість зростає роль факультативно-анаеробних та анаеробних форм, змінюються шляхи біогеохімічних циклів азоту, сірки, вуглецю, а редокс-умови впливають на розчинність та міграцію металів і мінеральних форм поживних елементів.

Оцінювання стану нафтозабруднених ґрунтів неможливе без використання кількісних індексів, серед яких важливе місце посідають індекси біодеградації. У сучасних роботах ступінь руйнування нафтопродуктів описують за допомогою різних безрозмірних показників, що ґрунтуються на зміні хроматографічного профілю вуглеводнів, співвідношенні між легко- та важкодегратованими фракціями, а також на зменшенні концентрації ТРН у часі. Наприклад, для насичених вуглеводнів запропоновано індекс біодеградації, значення якого змінюються від приблизно 3 (для початкового складу нафти) до 0 (для стану майже повної деградації визначених класів компонентів); діапазони 3–2, 2–1 і 1–0 трактують як легкий, помірний і сильний ступінь біодеградації відповідно. Подібні індекси дозволяють порівнювати ступінь розкладу нафтопродуктів у різних горизонтах та на різних стадіях ремедіації.

Інша група підходів до оцінювання біодеградації базується на простіших масових балансах ТРН: індекс біодеградації в цьому випадку визначається як відсоток зниження загальної концентрації нафтопродуктів за певний період, тобто як $((C_0 - C_t)/C_0) \cdot 100 \%$, де C_0 – початкова, а C_t – залишкова концентрація через час t . Польові експерименти з методами біопайд (есорілінг) і біостимуляції показують, що за кілька місяців можна досягати зниження ТРН на 40–60 %, що відображається зростанням індексу біодеградації та підтверджується змінами у структурі мікробних угруповань. Окремі роботи використовують інтегральні багатофакторні індекси біодеградації, які об'єднують дані хроматографії, респірометричних вимірювань, активності ґрунтових ферментів і чисельності ключових груп мікроорганізмів, забезпечуючи більш комплексну оцінку ефективності ремедіації.

Не менш важливою є кількісна оцінка токсичності нафтозабруднених ґрунтів, для чого застосовують індекси токсичності та екотоксичності. На рівні ґрунтово-рослинної системи широко використовують фітотоксикологічні показники, зокрема індекс проростання (Germination Index, GI) і фітотоксичний індекс. GI розраховують за відносною кількістю пророслого насіння та/або довжиною корінців у порівнянні з контролем; чим вищий GI, тим нижча токсичність субстрату. У дослідженнях біоремедіації ґрунтів, забруднених нафтопродуктами, показано, що збільшення GI до 60–90 % від контролю корелює зі зниженням концентрацій ТРН та свідчить про зменшення фітотоксичності й «дозрівання» субстрату після внесення органічних амелрантів (наприклад, відпрацьованого грибного компосту).

У практиці еколого-санітарної оцінки розроблено підходи, де рівень забруднення ґрунтів нафтою пов'язують із фітотоксичним індексом: для концентрацій нафти $<0,4 \%$ фітотоксичність нижча за 0,6, і такий стан розглядають як допустимий для рослин; при вищих концентраціях індекс токсичності зростає й свідчить про необхідність обмеження сільськогосподарського використання території або проведення ремедіаційних заходів. Одночасно для комплексної оцінки екологічного стану застосовують інтегральні індекси екотоксичності, які поєднують результати тестів на рослинах (вміст фотосинтетичних пігментів, довжина кореня), безхребетних (виживання дощових червів), мікроорганізмах (активність ключових ферментів) і люмінесцентних бактеріях (інтенсивність світіння). У ході мікробної ремедіації нафтозабруднених ґрунтів такі інтегральні індекси демонструють типову динаміку: токсичність на перших стадіях може зростати (через утворення проміжних метаболітів), а потім, із поглибленням біодеградації, поступово знижується, що підтверджує ефективність процесу й дозволяє підібрати оптимальний режим ремедіації.

Таким чином, фізико-хімічні властивості нафтозабруднених ґрунтів характеризуються комплексом взаємопов'язаних змін: зростанням об'ємної маси й зниженням пористості та



водопроникності, розвитком гідрофобності, порушенням структури й механічних властивостей; підвищенням вмісту органічного вуглецю за рахунок вуглеводнів, зміною рН та електропровідності, трансформацією сольового й поживного режимів, накопиченням токсичних органічних сполук і зміною мікробіологічного потенціалу. Індекси біодеградації кількісно відображають ступінь руйнування нафтопродуктів у часі, а індекси токсичності та екотоксичності дозволяють оцінити реальний біологічний ефект забруднення та ефективність ремедіаційних заходів. У сукупності ці показники дають можливість не лише описати фізико-хімічні зміни, але й обґрунтувати систему моніторингу, критерії прийнятності стану ґрунтів і вибір оптимальних технологій біоремедіації та рекультивації нафтозабруднених територій. Разом з тим, комплексні дослідження нафтозабруднених ґрунтів та вдосконалення підходів до їх біоремедіації продовжуються, що дозволяє уточнювати оцінні показники й підвищувати ефективність природоохоронних заходів.

Список використаної літератури:

1. Мандрик О.М, Адаменко Я.О., Архипова Л.М. Інформаційний бюлетень з управління ділянками, забрудненими нафтопродуктами. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 144-145
2. Пукіш А.В, Сидоренко О.І, Мандрик О.М., Тирлич В.В. Вплив нафтового забруднення на вміст поживних речовин у ґрунті. Scientific Bulletin of UNFU 31 (4), 88-92

УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ПРІОРЕТИЗАЦІЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ЛІСОМЕЛІОРАЦІЇ

Торський Орест, аспірант кафедри екології

Професор кафедри екології Мандрик Олег Миколайович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Лісомеліорація є одним із основних напрямів екологічного відновлення природних ресурсів і забезпечення сталого розвитку. В умовах змін клімату, глобальної урбанізації та швидких темпів антропогенного впливу на екосистеми, лісомеліорація набуває особливої уваги. В Україні, як і в багатьох інших країнах, спостерігається значна деградація лісових ресурсів: зменшення лісових площ, зниження біорізноманіття, ерозія ґрунтів, що впливає на гідрологічні та кліматичні умови [1].

Однією з найбільших проблем є недосконалість існуючих підходів до лісомеліорації, що часто призводить до неефективного використання ресурсів та недостатнього відновлення лісових екосистем. Існуючі методи потребують оновлення та адаптації до нових викликів, зокрема до змін клімату та зростаючих потреб у лісових ресурсах. У зв'язку з цим, дослідження сучасних підходів у процесі лісомеліорації є надзвичайно важливим для розробки ефективних методів відновлення лісових територій, які можуть бути застосовані на практиці [2,3].

Тому для досягнення цієї мети необхідно вирішити кілька ключових завдань, спрямованих на аналіз сучасних підходів до лісомеліорації та визначення найбільш ефективних методів і технологій для відновлення лісових екосистем, а саме:

• **Оцінювання сучасних підходів до лісомеліорації:** дослідження існуючих методів і технологій, що використовуються для лісовідновлення, зокрема в умовах змін клімату.

• **Аналіз інноваційних технологій в лісомеліорації:** вивчення новітніх підходів, таких як застосування дистанційного зондування для моніторингу стану лісових територій, а також використання біотехнологій для поліпшення ґрунтів.

• **Оцінювання впливу змін клімату на процес лісомеліорації:** визначення впливу кліматичних змін на ефективність лісовідновлення та розробка рекомендацій щодо адаптації методів до нових умов.



• **Розроблення рекомендацій для покращення практик лісомеліорації:** на основі дослідження сучасних підходів сформулювати рекомендації для практичного застосування.

Для ефективного досягнення поставлених завдань потрібен комплексний підхід, що включає кілька важливих етапів. Першим кроком є дослідження існуючих наукових робіт, які описують сучасні методи лісомеліорації та їх застосування в різних країнах. Це дозволяє зрозуміти глобальні тенденції та найкращі практики в галузі. Наступним етапом є проведення польових досліджень для збору актуальних даних про стан лісових екосистем та оцінку ефективності застосованих методів лісовідновлення. Такі дослідження надають важливу інформацію для адаптації методик до реальних умов. Важливим аспектом є також використання сучасних комп'ютерних моделей для прогнозування результатів лісовідновлення за різних сценаріїв і умов, що дозволяє оптимізувати процеси на основі прогнозів. Збір думок експертів у галузі лісоводства та екології також є необхідним для виявлення найбільш ефективних методів лісомеліорації, адже фахівці надають практичні рекомендації щодо застосування інноваційних технологій. Окрім того, необхідно вивчити вплив змін клімату на лісові екосистеми та розробити стратегії адаптації лісомеліораційних методів до нових умов, зокрема в умовах підвищення середньої температури та зміни рівня опадів.

Таким чином, модернізація процесів лісомеліорації з урахуванням новітніх технологій є необхідним етапом для ефективного реагування на виклики, пов'язані з глобальними змінами клімату та антропогенними втручаннями. Впровадження сучасних підходів дозволить оптимізувати процеси лісовідновлення, підвищити ефективність використання природних ресурсів та забезпечити стійкість лісових екосистем. Результати дослідження стануть основою для розроблення нових стратегій та методів, що сприятимуть сталому розвитку лісових територій, збереженню біорізноманіття та покращенню екологічної ситуації в Україні та за її межами.

Список використаної літератури:

1. Шарій Г.І., Нестеренко С.В., Одарюк Т.С. Лісосмуги чекати догляду не повинні // Землепорядний вісник. – 2021. – №5. – С. 19-23.
2. Третяк А.М. Економіка нетрадиційного сільськогосподарського землекористування в контексті заходів щодо зміни клімату України., Агросвіт №22, 2922, с. 3-11 .
3. Фурдичко О. І. Першопостаті українського лісівництва. Нариси до лісової історії / О. І. Фурдичко, В. Д. Бондаренко. – Львів: ВАТ «Бібльос», 2000. – 372 с.

ЗАБРУДНЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ТА ГІДРОЕКОСИСТЕМНА КАТАСТРОФА

Хованець Микола, аспірант кафедри екології

Професор кафедри екології Мандрик Олег Миколайович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Стичні води – це води, які викидаються у водойми із різним забруднюючим складом різноманітних речовин, тому це створює загрозу для чистоти навколишнього середовища, здоров'я населення та екологічної безпеки. Ступінь чистоти чи забруднення водойм визначається у нормах якості води. Тому існує дві основні ознаки, які визначають якість та забруднення стічних вод:

- санітарна ознака, яка встановлює мікробіологічні та паразитологічні показники якості води (число мікроорганізмів та бактерій);
- токсикологічна ознака, яка характеризує шкідливість хімічного складу, який може перевищувати норму; - органолептична ознака: температура, колір та запах забруднюючих речовин.

Процес забруднення стічних вод відбувається з різних джерел: побутових, промислових, сільськогосподарських, атмосферних та інших. Класифікувати забруднення



стічних вод намагалися багато науковців, але зараз вважається, що цей перелік невичерпний і недосконалий [1-3]. Доцільно виокремити декілька критеріїв щодо класифікації забруднення стічних вод:

1) залежно від тривалості впливу: - тимчасові (моментні) забруднення, які виникають раптово і мають короткочасний вплив на навколишнє середовище; - постійні забруднення, які не зникають з плином часу, а навпаки постійно впливають на навколишнє середовище і підвищують цей ризик;

2) залежно від ступеня забруднення: - легке; - середнє; - важке;

3) забруднення, залежно від ступеня впливу на навколишнє середовище: - місцеві; регіональні; глобальні;

4) залежно від способу утилізації: забруднення, які утилізуються, тобто не завдають шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людей і тварин; забруднення, які скидаються в навколишнє середовище, у більшості випадках завдають шкоди і довкіллю і стану здоров'я людей;

5) залежно від локалізації: площинні забруднення, поширюються на велику площу навколишнього середовища; лінійні забруднення, поширюються лише по лінійній площині (русло річки); точкові забруднення, виникають в одному конкретному місці, поширюються на певне місце в чітких розмірах;

6) залежно від можливості усунути забруднення: зворотні, можуть бути усунені за допомогою спеціальних технологій очищення стічних вод; незворотні, не можуть бути усунені ніяким чином.

Аналізуючи види забруднення стічних вод, а особливо, зважаючи на останній критерій, слід зазначити, що від цього цілком залежить значення і способи очищення стічних вод, які повинні вдосконалюватись більше і більше задля чистого, якісного та здорового навколишнього середовища і водоймищ. Значення забруднення стічних вод є надто важливим, адже це вважається серйозною екологічною проблемою, бо може призвести до негативного впливу на навколишнє середовище, а згодом і до гідроекосистемної катастрофи.

Слід назвати низку ознак або ж наслідків, які спричиняються забрудненням стічних вод: поширення захворювань, що несе за собою появу бактерій, вірусів та паразитів, які небезпечні для здоров'я людей і тварин; забруднення ґрунту, що погіршує його якість та зменшує продуктивність, що згодом стає шкідливим для рослинності; забруднення річок, озер та морів, що завдає шкоди водним організмам та відповідно гідроекосистемі, а згодом спричиняє відмирання риб та інших живих водних організмів; зниження якості життя, бо виникає неможливість якісного купання, риболовлі для споживання та інших послуг, які можуть бути надані людям від природи; непрямий вплив на економіку держави, що призводить до зниження попиту на водні ресурси (зокрема, на міжнародному ринку).

Таким чином, одним із найважливіших наслідків забруднення стічних вод, вважається саме поширення захворювань слід зазначити, що забруднення стічних вод має в собі дві сторони, адже одночасно є простим та складним процесом. Проста ознака забруднення стічних вод полягає в тому, що воно проходить невелику кількість етапів, а складна – поєднує в собі склад, властивості та характеристики забруднюючих речовин, які відповідно і є основними чинниками стічних вод.

Список використаної літератури:

1. Айрапетян Т.С. Очистка побутових стічних вод: конспект лекцій. Харків, 2014. 2. Бабієнко В. В., Левковська В. Ю., Ганикіна С. О. Гігієнічна оцінка джерел забруднення річки Дністер. Одеса, 2017.

3. Бойко В.В., Кришталь В.В. та інші Стічні води: технологія очищення та використання: навчальний підручник. Київ, 2008.



ПОЯСНЮВАНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В GEOAI-МОДЕЛЯХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Черний Руслан Володимирович, аспірант кафедри екології

Професор кафедри екології Адаменко Ярослав Олегович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Штучний інтелект і GeoAI (geospatial artificial intelligence, геопросторовий штучний інтелект) швидко інтегруються в екологічний моніторинг, забезпечуючи високі значення загальної точності, коефіцієнта детермінації та F1 для задач класифікації земного покриву, оцінювання якості води, атмосферних забруднювачів та прибережних екосистем [3; 7; 15]. Водночас зберігається «розрив довіри»: моделі часто функціонують як «чорні скриньки», а невизначеність результатів і межі їхньої застосовності не задокументовані належним чином [7; 8]. Для переходу від демонстраційних кейсів до операційних сервісів потрібні узгоджені підходи до пояснюваності (explainable AI, XAI, пояснюваний штучний інтелект) та кількісного оцінювання невизначеності, особливо в умовах зростання кліматичних ризиків і значущості природоохоронної політики, де помилки прогнозу можуть призводити до неефективних або навіть шкідливих управлінських рішень [14].

У сучасній літературі розрізняють алеторичну невизначеність (пов'язану з шумом, неповнотою й гетерогенністю даних) та епістемічну невизначеність (пов'язану з моделлю, її структурою та узагальнюваністю) [8]. Для просторово-часових задач дистанційного зондування ситуацію додатково ускладнює доменний зсув (out-of-distribution, OOD): моделі, навчені на одному біомі, сезоні або сенсорній конфігурації, втрачають точність при застосуванні в інших умовах [3; 15; 17]. Огляди GeoAI та практичних застосувань підкреслюють, що випадкова крос-валідація (cross-validation, CV) часто завищує метрики, а коректна оцінка переносимості потребує просторово і часово блокованих схем, вкладеної крос-валідації (nested CV) та незалежних регіональних тестів [7; 10; 11; 15]. Додатково рекомендується наводити бутстреп-інтервали, карти стандартного відхилення прогнозів та аналіз чутливості до альтернативних розбиттів даних [7; 15].

Пояснюваний ШІ вже продемонстрував ефективність у різних екологічних доменах. У дослідженні вирубування та деградації лісів уздовж кордону Ірак–Туреччина методи SHAP (SHapley Additive exPlanations) дали змогу кількісно оцінити внесок висоти, кліматичних та інфраструктурних чинників у рішення ансамблевих моделей ML [1]. Для картування пожежної небезпеки застосування SHAP у поєднанні з деревами рішень дало змогу виділити ключові драйвери загорань та просторові патерни ризику [6]. У морських екосистемах XAI-підхід показав, як обмеження по глибині, прозорість води та антропогенне навантаження визначають розподіл морських трав [4]. На рівні методів активно розвиваються графові нейронні мережі (graph neural networks, зокрема graph convolutional networks, GCN) для гіперспектральних даних, що враховують просторові відношення між пікселями й об'єктами [5], а також мета-навчання (meta-learning), яке явно моделює просторову гетерогенність і дозволяє переносити знання між регіонами [17].

Доменно-специфічні огляди показують, що без XAI-аналізу високі метрики можуть маскувати упередження. У моніторингу шкідливих «квітнень» водоростей (harmful algal blooms, HABs) більшість моделей демонструють добру точність в окремих акваторіях, але важко узагальнюються на тропічні та полярні регіони через відмінності в типах фітопланктону, гідрологічних умовах і нерівномірне супутникове покриття [9; 18]. Для якості води ансамблеві моделі забезпечують $R^2 \approx 0,93$ – $0,96$ за низьких похибок, однак результати чутливі до просторової стратифікації, вибору спектральних предикторів і регіональних особливостей озерних систем [3]. В атмосферному домені nested ML-моделі на основі супутникових продуктів GEMS (Geostationary Environment Monitoring Spectrometer), TROPOMI (Tropospheric Monitoring Instrument) та полів реаналізу підвищили узгодженість оцінок приземного NO_2 у Китаї з $R^2 \approx 0,73$ до $\approx 0,93$ у крос-валідації [2], а



глобальні добові карти PM_{2.5} з роздільною здатністю 1 км досягають CV R² ≈ 0,91 завдяки мультиджерельній ф'юзії та детальній документації невизначеності [16]. Проте значна частина робіт і досі не супроводжує прогнози картами довіри або ХАІ-інтерпретацією факторів ризику, що обмежує практичну цінність результатів для управлінців.

Мінімальний GeoAI-стандарт пояснюваності та оцінювання невизначеності:

Явне розділення джерел невизначеності. У публікаціях слід чітко вказувати, які компоненти пов'язані з шумом і неповнотою даних (алеторична невизначеність), а які – з моделлю та її параметрами (епістемічна), і якими методами вони оцінювалися (бутстреп, ансамблі, Bayesian-підходи) [7; 8].

Коректні схеми валідації й переносимість. Рекомендовано застосовувати просторово та часово блоковану крос-валідацію, nested CV, а також зовнішні незалежні тести на інших регіонах і роках; випадкова CV без урахування просторової автокореляції не повинна розглядатися як достатня [7; 11; 15].

Обов'язковий ХАІ-аналіз для ключових моделей. Для основних сценаріїв необхідно наводити результати SHAP-аналізу, діаграми часткових залежностей (partial dependence plots, PDP), карти важливості ознак і, за можливості, просторові карти чутливості. Це дозволяє співвідносити прогнози з фізичними процесами та перевіряти їхню екологічну осмисленість [1; 4; 6].

Перевірка гетерогенності та доменної адаптації. Потрібно аналізувати, як змінюються важливість ознак і якість моделей між біомами, сезонами та сенсорними конфігураціями, застосовуючи мета-навчання, доменну адаптацію чи стратифіковане навчання [3; 5; 17].

Документація моделей і наборів даних. Доцільно впроваджувати «паспорт моделей» і «паспорт датасетів», де фіксуються цілі, обмеження, джерела даних, протоколи валідації, ХАІ-результати та рекомендації щодо застосування. Це узгоджується з принципами theory-guided data science та практиками відкритої науки й відповідального використання ШІ [8; 12; 14].

Висновки. Узагальнення сучасних досліджень свідчить, що пояснюваний штучний інтелект і формалізоване оцінювання невизначеності є необхідними умовами для надійного GeoAI-моніторингу довкілля. Поєднання ХАІ-інструментів (SHAP, PDP, графові моделі) з просторово-часовими схемами валідації, доменною адаптацією та відкритою документацією моделей переводить акцент з простої максимізації точності на забезпечення довіри, переносимості та відповідального використання в управлінні природними ресурсами. Для України це особливо актуально в контексті військових пошкоджень, змін землекористування та кліматичних ризиків, де GeoAI-системи мають не лише «добре класифікувати», а й прозоро обґрунтовувати свої прогнози та межі їхньої надійності.

Список використаної літератури:

1. Abdullah M. H., Mustafa Y. T. Machine learning and SHAP-based analysis of deforestation and forest degradation dynamics along the Iraq–Turkey border / M. H. Abdullah, Y. T. Mustafa // Earth. — 2025. — Vol. 6, No. 2. — Article 49. — <https://doi.org/10.3390/earth6020049>.
2. Ahmad N., Lin C., Lau A. K. H., et al. Estimation of ground-level NO₂ and its spatiotemporal variations in China using GEMS measurements and a nested machine learning model / N. Ahmad, C. Lin, A. K. H. Lau, et al. // Atmospheric Chemistry and Physics. — 2024. — Vol. 24. — P. 9645–9665. — <https://doi.org/10.5194/acp-24-9645-2024>.
3. Deng Y., Zhang Y., Pan D., Yang S. X., Gharabaghi B. Review of recent advances in remote sensing and machine learning methods for lake water quality management / Y. Deng, Y. Zhang, D. Pan, S. X. Yang, B. Gharabaghi // Remote Sensing. — 2024. — Vol. 16, No. 22. — Article 4196. — <https://doi.org/10.3390/rs16224196>.



4. He B., Zhao Y., Mao W. Explainable artificial intelligence reveals environmental constraints in seagrass distribution / B. He, Y. Zhao, W. Mao // *Ecological Indicators*. — 2022. — Vol. 144. — Article 109523. — <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109523>.
5. Hong D., Gao L., Yao J., et al. Graph convolutional networks for hyperspectral image classification / D. Hong, L. Gao, J. Yao, et al. // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. — 2021. — Vol. 59, No. 7. — P. 5966–5978. — <https://doi.org/10.1109/TGRS.2020.3015157>.
6. Iban M. C., Aksu O. SHAP-driven explainable artificial intelligence framework for wildfire susceptibility mapping using MODIS active fire pixels: An in-depth interpretation of wildfire drivers / M. C. Iban, O. Aksu // *Remote Sensing*. — 2024. — Vol. 16, No. 15. — Article 2842. — <https://doi.org/10.3390/rs16152842>.
7. Janga B., Asamani G. P., Sun Z., Cristea N. A review of practical AI for remote sensing in Earth sciences / B. Janga, G. P. Asamani, Z. Sun, N. Cristea // *Remote Sensing*. — 2023. — Vol. 15, No. 16. — Article 4112. — <https://doi.org/10.3390/rs15164112>.
8. Karpatne A., Atluri G., Faghmous J. H., et al. Theory-guided data science: A new paradigm for scientific discovery from data / A. Karpatne, G. Atluri, J. H. Faghmous, et al. // *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. — 2017. — Vol. 29, No. 10. — P. 2318–2331. — <https://doi.org/10.1109/TKDE.2017.2720168>.
9. Khan R. M., Salehi B., Mahdianpari M., et al. A meta-analysis on harmful algal bloom (HAB) detection and monitoring: A remote sensing perspective / R. M. Khan, B. Salehi, M. Mahdianpari, et al. // *Remote Sensing*. — 2021. — Vol. 13, No. 21. — Article 4347. — <https://doi.org/10.3390/rs13214347>.
10. Ma L., Liu Y., Zhang X., et al. Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review / L. Ma, Y. Liu, X. Zhang, et al. // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. — 2019. — Vol. 152. — P. 166–177. — <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.015>.
11. Mai G., Xie Y., Jia X., et al. Towards the next generation of geospatial artificial intelligence / G. Mai, Y. Xie, X. Jia, et al. // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. — 2025. — Vol. 136. — Article 104368. — <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104368>.
12. Pandey D. K., Hunjra A. I., Bhaskar R., Al-Faryan M. A. S. Artificial intelligence, machine learning and big data in natural resources management: A systematic literature review / D. K. Pandey, A. I. Hunjra, R. Bhaskar, M. A. S. Al-Faryan // *Resources Policy*. — 2023. — Vol. 86. — Article 104250. — <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104250>.
13. Pandey M., Mishra A., Swamy S. L., et al. Machine learning-based monitoring of land cover dynamics in a tropical forest landscape / M. Pandey, A. Mishra, S. L. Swamy, et al. // *Environmental and Sustainability Indicators*. — 2025. — Vol. 25. — Article 100585. — <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100585>.
14. Rolnick D., Donti P. L., Kaack L. H., et al. Tackling climate change with machine learning / D. Rolnick, P. L. Donti, L. H. Kaack, et al. // *Communications of the ACM*. — 2022. — Vol. 65, No. 12. — P. 86–96. — <https://doi.org/10.1145/3485128>.
15. Tuia D., Schindler K., Demir B., et al. Artificial intelligence to advance Earth observation: A perspective / D. Tuia, K. Schindler, B. Demir, et al. // *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*. — 2024. — Vol. 12, No. 2. — P. 92–141. — <https://doi.org/10.1109/MGRS.2024.3425961>.
16. Wei J., Li Z., Lyapustin A., et al. First close insight into global daily gapless 1 km PM_{2.5} pollution from multi-source satellite data and atmospheric reanalysis / J. Wei, Z. Li, A. Lyapustin, et al. // *Nature Communications*. — 2023. — Vol. 14. — Article 8349. — <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43862-3>.
17. Xie Y., Chen W., He E., et al. Harnessing heterogeneity in space with statistically guided meta-learning / Y. Xie, W. Chen, E. He, et al. // *Knowledge and Information Systems*. — 2023. — Vol. 65, No. 11. — P. 2699–2729. — <https://doi.org/10.1007/s10115-023-01847-0>.



18. Zahir M., Su Y., Shahzad M. I., et al. A review on monitoring, forecasting, and early warning of harmful algal bloom / M. Zahir, Y. Su, M. I. Shahzad, et al. // Aquaculture. — 2024. — Vol. 593. — Article 741351. — <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741351>.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

Думич Анастасія Миколаївна, Міська дитяча екологічна станція, гурток "Екологія", 9 клас

Науковий керівник: Мудрецько Ірина Юрійівна, керівник гуртка, вчитель біології, Ліцей №18 Івано-Франківської міської ради

Актуальність: Екологічний стан міст напряму впливає на здоров'я людей та якість життя. Івано-Франківськ активно розвивається, але разом із розвитком виникають проблеми: забруднення повітря, сміття, зменшення зелених зон, забруднення річок. Тема є важливою, тому що екологічні зміни вже зараз впливають на життя мешканців.

Мета роботи: Дослідити основні екологічні проблеми Івано-Франківська, з'ясувати причини їх виникнення та запропонувати можливі шляхи вирішення.

Завдання:

- визначити головні екологічні проблеми міста;
- зробити власні фото і провести спостереження;
- проаналізувати причини забруднення повітря, води та ґрунтів
- виявити проблему побутових відходів;
- запропонувати шляхи покращення.

Основні екологічні проблеми міста:

- Забруднення повітря: головне джерело — транспорт та опалення приватного сектору. У повітрі збільшується кількість пилу й шкідливих газів, що погіршує здоров'я мешканців.

- Забруднення води: річки Бистриця Салотвинська і Бистриця Надвірнянська забруднюються сміттям, пластику стає більше, береги засмічені

- Проблема побутових відходів: переповнені контейнери, несортування сміття, стихійні звалища. Велика кількість пластику створює екологічне навантаження.

- Забруднення ґрунтів: пластик, будівельні відходи, витікання нафтопродуктів погіршують стан ґрунту, що впливає на рослини й повітря.

- Зменшення зелених насаджень: вирубка дерев, забудова територій, недостатній догляд за парками. Зелені зони потрібні для чистого повітря та комфорту.

Шляхи покращення ситуації:

- розвиток сортування сміття
- більше зелених насаджень і догляд за ними;
- популяризація громадського транспорту і велодоріжок;
- очищення берегів річок;
- створення екоосвіти для молоді;
- використання сучасних екотехнологій.

Висновок:

Екологічні проблеми Івано-Франківська мають комплексний характер. Найбільшими є забруднення повітря, води, ґрунтів і проблема відходів. Для покращення ситуації потрібні спільні дії влади, громади й кожного мешканця. Якщо відповідально ставитися до природи та впроваджувати екологічні рішення, місто може стати чистим, безпечним і комфортним для життя.

ПРОБЛЕМА ЗМЕНШЕННЯ ЗЕЛЕНИХ ЗОН У МІСТАХ ТА ШЛЯХИ ЇЇ ПОДОЛАННЯ

Герез Каріна Робертівна, учениця 11 класу

Науковий керівник: Борисенко Маргарита Юріївна, Івано-Франківський ліцей безпекового спрямування та національно-патріотичного виховання імені Андрія Приймаченка Міністерства внутрішніх справ України

У світі близько 51% населення проживає в містах, що становить приблизно 4,17 мільярдів людей [1]. Тому, однією з екологічних проблем міст є дефіцит зелених насаджень. У багатьох містах зелені насадження скорочуються через забудову. Часто на місці скверів, дитячих майданчиків, старих парків з'являються житлові комплекси, торгові центри та парковки.

Зазначимо, що зелені насадження відіграють ключову роль у формуванні якісного міського середовища: вони очищують повітря від пилу та шкідливих газів, виділяють кисень, знижують рівень шуму та формують комфортний мікроклімат. Кожне дерево працює як природний фільтр, оскільки затримує тони пилу та шкідливих речовин протягом свого життя. Наявність достатньої кількості зелені також зменшує прояв ефекту «теплого острова», бо рослини охолоджують повітря через випаровування.

Зазначимо, що у містах, де мало зелених зон, температура влітку стає набагато вищою. Це призводить до збільшення енерговитрат на охолодження тіла людини і підвищує навантаження на її здоров'є.

Дефіцит зелених насаджень суттєво обмежує простір для відпочинку, прогулянок, спорту, погіршує психологічний стан населення, збільшує рівень стресу, впливає на якість життя та довголіття людини. Втрата природи в місті робить його «бетонною пустелею».

Вищевикладену проблему ми проаналізували на уроці технологій в 11 класі та запропонували можливі шляхи її подолання через створення 3D-моделі куточків сучасного міста (рис.1, рис.2) в онлайн-сервісі Tinkercad [1].

Зауважимо, що найбільш цікавою була пропозиція впровадження зелених дахів (рис.3, рис.4) на житлових і комерційних будівлях, які будуть знижувати енергоспоживання, поглинати воду під час злив, забезпечувати біотопи.

Отже, використання зелених дахів на будівлях та озеленення стін може значно покращити якість повітря, зменшити ефект «міського острова тепла» та створити нові екосистеми в місті. Сучасне місто має не лише розвиватися економічно, а й залишатися комфортним і безпечним для життя. Створення зелених зон, розвиток екологічного транспорту та використання відновлюваних джерел енергії — це кроки, що ведуть нас до сталого майбутнього.

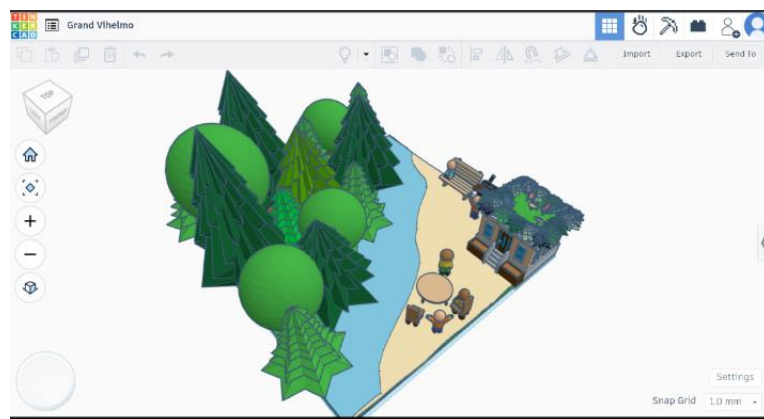


Рисунок 1. Фрагмент ділянки сучасного міста в онлайн-програмі Tinkercad

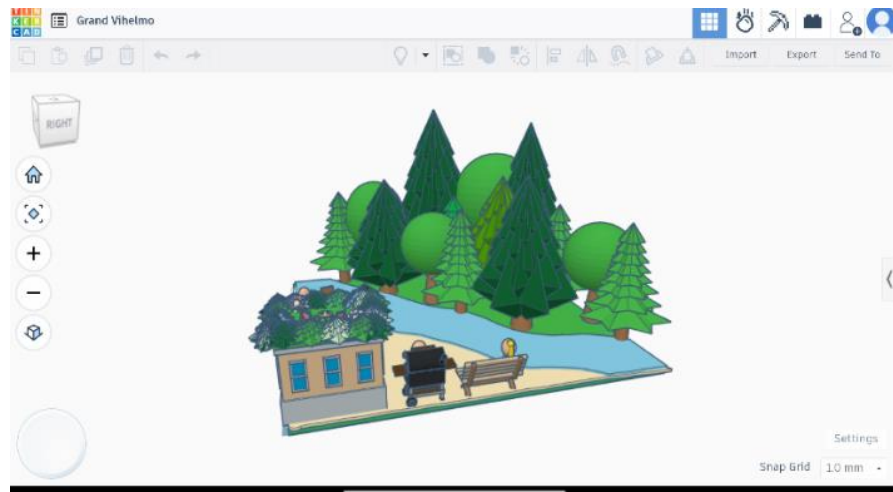


Рисунок 2. Фрагмент ділянки сучасного міста в онлайн-сервісі Tinkercad (інший ракурс)

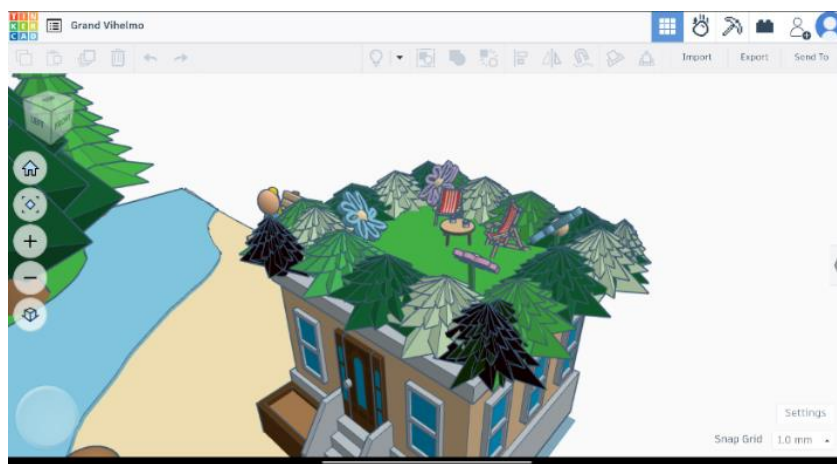


Рисунок 3. Фрагмент оформлення зеленого даху в онлайн-сервісі Tinkercad

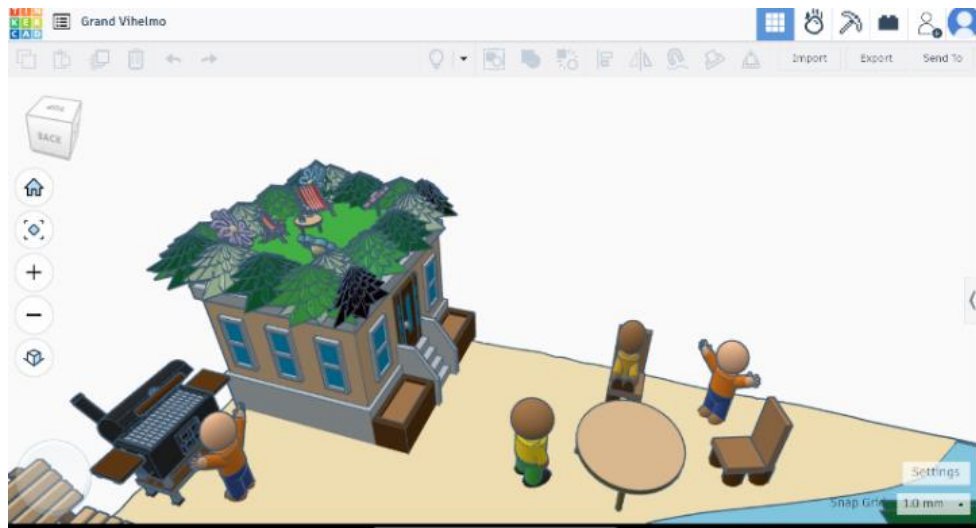


Рисунок 4. Фрагмент оформлення зеленого даху в онлайн-сервісі Tinkercad (інший ракурс)

Список використаної літератури:

1. Онлайн-сервіс для 3D-моделювання Tinkercad [Електронний ресурс]. — Tinkercad. — Режим доступу: <https://www.tinkercad.com/> (дата звернення: 08.11.2025).
2. Населення [Електронний ресурс]. — Вікіпедія. Вільна енциклопедія. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Населення>: (дата звернення: 05.11.2025).

STEM-РІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ: РОБОТ-ПРИБИРАЛЬНИК У TINKERCAD

Гнідовська Вероніка Сергіївна, учениця 11 класу

Науковий керівник: вчитель Борисенко Маргарита Юріївна,

Івано-Франківський ліцей безпекового спрямування та національно-патріотичного виховання імені Андрія Приймаченка Міністерства внутрішніх справ України

Сучасний світ стикається з гострою проблемою забруднення довкілля відходами, що негативно впливає на стан природи та здоров'я людей. Тому пошук ефективних шляхів боротьби зі сміттям є одним із головних завдань сучасного суспільства.

Зауважимо, що сміттям можна вважати будь-які предмети, речовини та матеріали, які утворюються в результаті життєдіяльності людини (або у виробництві) і не мають подальшого використання. Це можуть бути папір, картон, пластик, метали, залишки їжі, скло, предмети, що вийшли з ужитку та зламані речі [1].

Так, за даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [2] щороку утворюється близько **10 мільйонів тон сміття**, з яких лише **3 – 6% переробляється**; на одного жителя за рік в середньому накопичується від 250 до 500 кілограмів твердого сміття; мешканець великого міста щодня викидає 1 – 2 кг сміття. Однією з найбільш гострих комунальних проблем у містах є збирання та утилізація твердих побутових відходів.

Тому, одним із можливих рішень вищезгаданої проблеми є використання STEM-технологій для створення інноваційних пристроїв. Тож, на уроці технологій в онлайн-сервісі для 3D-моделювання Tinkercad [3] нами було розроблено модель робота-прибиральника, який може допомагати у збиранні сміття та очищенні територій. Головною метою проекту «ЕкоРятувальник» (рис.1) є демонстрація того, як сучасні технології можуть допомагати людям підтримувати чистоту та дбати про довкілля. Цей проект сприяє формуванню екологічної свідомості та культури людей і нагадує, що навіть маленькі дії та технологічні рішення можуть мати великий вплив на стан нашої планети.

Отже, розробка еко-прибиральника у Tinkercad демонструє, як сучасні технології можуть бути спрямовані на збереження довкілля та створення чистішого майбутнього для наступних поколінь.

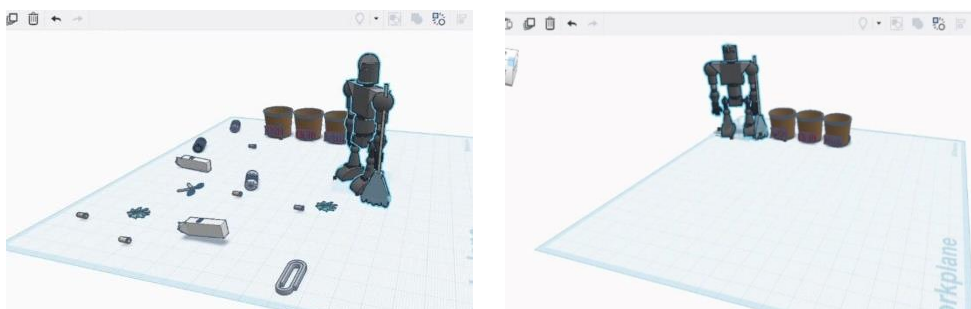


Рисунок 1. Фрагмент проекту «ЕкоРятувальник»

Список використаної літератури:

1. Відходи [Електронний ресурс]. — Вікіпедія. Вільна енциклопедія. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення: 15.10.2025).
2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/> (дата звернення: 17.10.2025).
3. Онлайн-сервіс для 3D-моделювання Tinkercad [Електронний ресурс]. — Tinkercad. — Режим доступу: <https://www.tinkercad.com/> (дата звернення: 17.10.2025).



ФЛОРА І ФАУНА: БЕРЕГТИ, ЩОБ ЖИТИ

Гончарук Олеся, студентка II курсу

Науковий керівник: Юрив Лідія, викладач

Прикарпатський фаховий коледж лісового господарства та туризму

Біологічне різноманіття. Збереження біорізноманіття є невіддільною складовою сталого розвитку нашої держави. Українські землі — це дім для понад 70 тисяч видів живих організмів, включно з 44 тисячами видів тварин та 27 тисячами видів рослин.

Фауна Івано-Франківської області, описана в Червоній книзі України, налічує 149 видів. 3-поміж них особливу увагу привертають білодзьобий глушець і рись, олень благородний, саламандра плямиста, лелека чорний, беркут, видра річкова.

Флора регіону, також занесена до Червоної книги України, включає 228 видів. Серед найбільш цінних видів можна виділити конвалію звичайну та арніку гірську.

Рослинний світ Болахівщини представлений широкою палітрою видів: бук, смерека, ялиця, дуб, граб, береза, ліщина, калина, терен, чебрець, конвалія, підсніжник і шафран. У місцевих лісах можна зустріти благородного оленя, козулю, лисицю, борсука, білку, а серед птахів виділяються чорний лелека, беркут, сова, сапсан, сойка і дятел.

Глушець білодзьобий - вид занесений до Червоної книги України й охороняється за Бернською конвенцією. В Україні чисельність скоротилася з понад 8 тисяч у 1970-х до близько 4 тисяч через вирубку лісів, знищення кормової бази, полювання та хижаків. Для збереження важливо захищати токовища та впроваджувати програми розведення в неволі.

Рись - тварина, чисельність якої у Карпатах складає близько 350–400 особин, а на Поліссі приблизно 80–90. Основними факторами, що впливають на зміну популяції, є деградація середовища існування, фрагментація ареалу, зменшення доступної кормової бази та випадки браконьєрства.

Саламандра плямиста належить до хвостатих земноводних, які проживають у Карпатах та передгір'ях Західної України. Цей вид має статус «Вразливий» і включений до Червоної книги МСОП. Охорона саламандри здійснюється на спеціально створених природоохоронних територіях.

Конвалія звичайна (*Convallaria majalis* L.) — багаторічна ранньовесняна рослина родини лілійних (*Asparagaceae*), занесена до Червоної книги України (статус — неоцінений). Зникає через зривання на букети та викопування. Потребує охорони.

Арніка гірська (*Arnica montana* L.) — рідкісна рослина родини айстрових, занесена до Червоної книги України (категорія — рідкісний вид). Зникає через розорювання луків, випасання худоби й збирання для лікувальних потреб

Скелі Довбуша - місце відпочинку та екологічної освіти. Комплексна пам'ятка природи загальнодержавного значення "Скелі Довбуша" — скельно-печерний комплекс, унікальна пам'ятка історії та природи. Розташовані за 3 км від села Бубнища (Івано-Франківська область). Скелі знаходяться на висоті 668 м над рівнем моря. Навколо скель розкинулись карпатські ліси, що складаються переважно з хвойних порід дерев, таких як смерека та ялина, а також листяних — бука. У підліску можна знайти різноманітні кущі, такі як ялівець, а також ягідні чагарники, наприклад, чорниця та брусниця. Червонокнижні рослини: деякі рідкісні види рослин, що потребують захисту, ростуть на схилах гір і біля скель (проліски, крокуси, білоцвіт та сон-трава). На Скелях Довбуша здійснюють природоохоронні заходи: забороняють вирубку лісу та полювання, контролюють флору і фауну, прибирають сміття і проводять екоосвітню роботу з гостями.

Роль освіти у формуванні екологічної культури. Я студентка Прикарпатського коледжу лісового господарства та туризму, який готує фахівців у лісівництві та природоохороні. Особливість закладу — дендрологічний парк із унікальними деревами: модринами, соснами, дубами, магноліями, сакурами, катальпами й корковим деревом. Тут



зберігаються рідкісні види, зокрема кипарисовик Лавсона і карія біла, якій понад 80 років. Ось декілька видів рослин парку, які відзначаються своєю унікальністю:

Бархат амурський (*Phellodendron amurense* Rupr.) — реліктове дерево, що походить із Далекого Сходу.

Тис ягідний (*Taxus baccata* L.) — родом із Західної Європи, це вічнозелене дерево середніх розмірів або кущ, залежно від місця зростання. Деревина тверда, отруйна, за винятком плодів. Здавна символізувало вічність.

Гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba* L.) — Листопадне дерево, яке може досягати висоти до 30 метрів, має характерні віялоподібні листки з двома лопатями, які восени набувають насиченого жовтого кольору. Походить це унікальне дерево із західного Китаю. Воно є єдиним представником свого виду, роду та родини, і його вважають природною пам'яткою світового значення.

Ліріодендрон тюльпановий (*Liriodendron tulipifera* L.) — дерева з родини магнолії, що походять із Північної Америки, виростають до 60 метрів. Вони мають великі ліроподібні листки та жовто-зелені квітки, схожі на тюльпани.

Кипарисовик Лавсона Колумнарис (*Chamaecyparis lawsoniana* 'Columnaris') — хвойне дерево з вузькою колоноподібною кроною характеризується густими вертикальними гілками, сіро-блакитною лускатою хвоєю та привабливим зовнішнім виглядом.

Коледж сприяє екологічній освіті та вивченню біорізноманіття регіону. Наші студенти ставали лідерами ініціатив під гаслом "Туризм має силу об'єднувати та надихати, навіть у найважчі періоди війни". Серед реалізованих проєктів – "Дендрологічний парк коледжу: простір для навчання, дослідження та квестів" та чимало інших. Дендрологічний парк коледжу - це сучасний та інтерактивний осередок, де студенти та всі охочі можуть не просто відпочивати, але й навчатися, проводити дослідження, братися за цікаві квести.

Екологічні проблеми регіону. Екологічна ситуація в регіоні погіршилась через вирубку лісів, браконьєрство та зростання пластикових відходів. Незаконна вирубка руйнує ґрунти, викликає зсуви й знищує середовище рідкісних видів. Браконьєрство щороку завдає великих економічних збитків. Пластикове забруднення загрожує воді, повітрю, ґрунтам, людям і природі.

Охорона природи — ключ до сталого майбутнього України. Природне багатство Болехівської громади може стати основою для розвитку екологічного туризму й освіти. Залучення місцевих мешканців, студентів та активних громадських організацій сприятиме гармонійному розвитку регіону і допоможе зберегти неповторну природну спадщину Карпат.

Список використаної літератури:

1. Скелі Довбуша – Болехів:
<https://tour.dolyna.if.ua/skeli-dovbusha-bolehiv/>
2. Історія Прикарпатського фахового коледжу лісового господарства та туризму:
<https://forestcollege.com.ua/college/130-materalno-tehnchna-baza.html>
3. ЕКОЛОГІЧНИЙ ПАСПОРТ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ за 2018 рік:
<https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/documentu-2021/pasport2018-2compressed.pdf>
4. Вирубка лісів у Карпатах, наслідки та шляхи їх подолання:
<https://aweu.org.ua/general/vyrubka-lisiv-u-karpatah-naslidky-ta-shlyahy-yih-podolannya/>
5. Chatgpt:
<https://chatgpt.com/c/68e6bf79-6358-8325-b37d-30bf7062646a>
6. Долинська міська рада:
<https://rada-dolyna.gov.ua/news/smittyu-u-lisi-tse-suspilna-problema>
7. Дендрологічний парк:
<https://karpaty.rocks/en/arboretum-park-monument-landscape-art-bolekhiv>
8. Червона книга України:
<https://redbook-ua.org/>



9. Мирон Марецький – автор світлин:

https://www.facebook.com/MironMareskiy/about_overview

ВОЛОНТЕРСЬКІ РУХИ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ПРИРОДИ

Жибак Уляна Дмитрівна, учениця 9-А класу
Науковий керівник: вчитель Війтів Євгеній Павлович
Радчанський ліцей Івано-Франківської міської ради

Толоки, плогінг та прибирання пластику — один з найпопулярніших видів волонтерства. В Україні діє міжнародна ініціатива «Let's do it», яка щороку об'єднує активістів усіх областей для проведення всеукраїнської толоки. Цей напрям також розвиває ГО Zero Waste Society, яка поширює стиль життя нуль-відходів та аналізує діяльність бізнесу й великих корпорацій, аби сприяти системним змінам. До того ж такі організації, як Еко Місто та Україна без сміття допомагають цей пластик та вторинну сировину переробити й дати матеріалам друге життя. Більшість сортувальних станцій залучає волонтерів у якості гідів, які допомагають розповісти про станцію, правила та етапи сортування.

Наявність якісно маркованих туристичних маршрутів та обладнаних місць ночівлі є гарантією того, що під час відвідин дикої природи люди нанесуть їй мінімум шкоди. Важливий внесок у розвиток цього напрямку в Україні робить організація «Карпатські стежки». Активісти розробляють та маркують туристичні маршрути, облаштовують місця для кемпінгів та відновлюють старі туристичні притулки в Карпатах.

Допомога тваринам, постраждалим від війни, природних катастроф або людської діяльності — напрямок волонтерства, який допомагає зберегти види та їхні ареали існування. Охочі допомогти можуть долучитись до притулку, центру реабілітації або навіть до команди рятівників тварин від браконьєрів. Наприклад, у місті Харкові є Український центр реабілітації рукокрилих, і вони постійно шукають волонтерів. Тут небайдужі помічники доглядають кажанів, допомагають працівникам перевозити тварин та випускати рукокрилих на волю.

Список використаної літератури:

1. https://www.savednipro.org/digest_09_25/
2. <https://ecoaction.org.ua/eko-volonter-10.html>

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СЕЛА СТАРУНІ БОГОРОДЧАНСЬКОЇ СЕЛИЩНОЇ ГРОМАДИ

Клочан Андрій Андрійович, учень 12 класу
Науковий керівник: керівник секції ботаніки Савчук Софія Петрівна
Навчально-реабілітаційний центр Івано-Франківської міської ради Мала академія наук Івано-Франківської міської ради

Під час огляду ландшафтів досліджуваної території було виявлено ряд екологічних проблем, які вимагають нагального вирішення. Більшість їх характерні для кожного населеного пункту Прикарпаття, але є й специфічні, пов'язані з добуванням нафтопродуктів та знаходженням в околицях села геологічної пам'ятки природи. Як і більшість гірських сіл, Старуня є привабливим місцем для туризму та відпочинку населення, але виявлені нами проблеми значно знижують туристичну привабливість краю, тому вивчення стану навколишнього середовища є вкрай важливим та актуальним.

Дослідження проводилися на території геологічної пам'ятки природи, де розташований грязьовий вулкан та декілька кратерів виходу різних за своїм складом сполук. Територія геологічної пам'ятки ніяк не охороняється, не обгороджена, на обочинах



постійно випасається худоба. Біля «кратерів» ми помічали багато сторонніх предметів та сміття. Витоки ропи, вуглеводнів та інших речовин забруднюють ґрунти і річку, яка тече за 70 - 100 м від вулкана. В глині грязьових викидів головного вулкана зустрічаються кристали різних солей. Старунський комплекс має величезне наукове значення для встановлення особливостей динаміки Землі, закономірностей формування корисних копалин, прогнозу землетрусів. На території пам'ятки природи проводиться несанкціонований вивіз гальки з р. Великий Лукавець, що знаходиться 70 – 100 м від грязьового вулкану, трошки далі (100 – 300 м) проводиться випалювання трави, випас худоби, помічено викид побутового сміття, а також залишки недавніх пікніків.

При в'їзді в село зі сторони с. Гвізд направо від автомобільної дороги Богородчани-Надвірна на площі приблизно 2 га розрослися щільні зарості борщівника Сосновського. Ця рослина щороку розростається, заглушаючи всі решта рослини, включаючи деякі рідкісні види, що трапляються на території села (головатень високий, пальчатокорінник плямистий та ін.). З заростями борщівника на цій достатньо великій території ніхто не веде боротьби. Рослини досягають велетенських розмірів (4 – 5 м) у висоту, цвітуть і утворюють насіння, яке розноситься вітром на великі відстані. Щороку площа, яку займають ці рослини розширюється, тобто борщівник захоплює нові території.

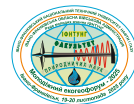
На східній околиці села розташована соляна криниця, глибина якої сягає приблизно 20 м, а концентрація солі у воді становить 20%. В такому середовищі ніщо не виживає. Колись сюди за сіллю їздили з усіх довколишніх сіл. З криниці раніше і зараз видобувають концентрований розчин солі для побутових потреб: обробка м'яса, випікання хліба тощо. Проблема в тому, що територія навколо криниці забруднена цією ропою. В радіусі 10 – 12 м навколо криниці практично нічого не росте. Під час дощу територія навколо криниці заболочується і вода стікає до невеликого потічка Солонця, який впадає у річку Лукавець, яка в свою чергу зливається з Бистрицею Солотвинською. Вода, що фільтрується через солончаковий ґрунт, може містити сотні й навіть тисячі мг хлоридів у 1 л. Проби води відбиралися під час літньої та осінньої межени. Наявність криниці з ропою, погана її ізоляція, приводять до збільшення концентрації йонів натрію та хлору в поверхневих водах, що може негативно впливати на флору і фауну водойм та їх берегів, а також на довколишні ґрунти.

У лісі, який знаходиться на південній околиці села ведеться добування нафти, яка передається на Надвірнянський нафтопереробний завод. Ліс розташований на гористій місцевості, має багато ярів. Деякі з них вщент заповнені побутовим та будівельним сміттям. Незважаючи на неодноразові звернення працівників державної лісової охорони про неприпустимість засмічення лісових масивів побутовими відходами, мешканці прилеглих сіл продовжують вивозити сміття та всіякий непотріб у ліс. Навіть у віддалених куточках лісу, скрізь видно сліди варварства і неохайності: папір, пляшки, поліетилен, пластик, консервні банки, гори побутового та виробничого сміття. У лісі не встановлені спеціальні місця рекреації і відпочинку для людей, тому сміття знаходиться у різних місцях, а найбільше його скупчення (візуально – декілька тон) знаходиться на виході з лісу зі сторони с. Старуня (північна частина лісу). За час існування цього стихійного сміттєзвалища жодного разу не проводився вивіз сміття. Інколи сміття просувається гусеничним бульдозером. Основну частину складають пластикові ємкості, використані підгузки, поліетиленове пакування, будівельне сміття, старі вікна, двері, залізні банки від фарб та лаків, старий одяг тощо.

У лісі є досить велике озеро з нафтопродуктів, яке розташоване на схилі гори. Під час дощів озеро наповнюється водою, яка змішується з вуглеводнями і витікає з нього, забруднюючи навколишню рослинність та ґрунт.

Висновки

Основними екологічними проблемами території геологічної пам'ятки природи та її околиць є: забруднення лісу побутовим та будівельним сміттям; масове поширення на великій території борщівника Сосновського; забруднення ґрунту вуглеводнями у лісі та на



території геологічної пам'ятки природи; витік соляної ропи з криниці, забруднення ґрунту та поверхневих вод; неконтрольований підпал сухої трави; забруднення довкілля на території виходу на поверхню нафти, газу та інших речовин. Одним із негативних наслідків антропогенного впливу на навколишнє середовище є забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами. Нами розроблено рекомендації щодо виправлення екологічних проблем та подальшого запобігання.

Список використаної літератури:

1. Адаменко О.М. Геоекологічні дослідження регіональних рекреаційних зон Українських Карпат // Адаменко О.М., Кравців В.С. Дослідження передкризових екологічних ситуацій в Україні. – К.: Манускрипт, 1994. – С. 20.
2. Адаменко О.М., Василенко Б.А. Старуня: знахідки і таємниці. // Прикарпатська правда. - № 138. – 1982. – 17 липн.
3. Адаменко О.М., Стельмах О.Р. Основні етапи геологічної вивченості геодинамічного полігона Старуня // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - № 5. - 2004.
4. Бабій В. Старунські дивовижі. – Івано-Франківськ, 2007. – 32 с.
5. Геологічні пам'ятки природи // Природ.-заповід. території та об'єкти Івано-Франківщини. - Івано-Франківськ, 2000. - С. 115.

ОЧИЩЕННЯ ВОДОЙМ З ДОПОМОГОЮ ЕМ-ТЕХНОЛОГІЇ

Королик Богдан Миколайович, учень 9-Б класу

Науковий керівник: вчитель хімії Галюк Мар'яна Ярославівна
Івано-Франківський ліцей № 11

Забруднення річкових вод органічними речовинами, ПАР, фармпрепаратами, нафтопродуктами та стійкими токсикантами є однією з ключових екологічних проблем сучасності. Одним зі шляхів розв'язання даної проблеми є використання ЕМ-технології - методу біологічного очищення та відновлення природного балансу у водоймах, ґрунтах та інших середовищах.

ЕМ (Ефективні Мікроорганізми) - це симбіотичне угруповання мікроорганізмів, до якого входять три основних групи:

- Фотосинтезуючі бактерії (фототрофи) використовують світло та тепло для синтезу корисних речовин.

- Молочнокислі бактерії швидко ферментують органіку, пригнічують розвиток патогенних мікроорганізмів та знижують рівень рН (що перешкоджає росту гнильних бактерій).

- Дріжджові грибки виробляють біологічно активні речовини (амінокислоти, вітаміни), які стимулюють ріст інших корисних мікроорганізмів і рослин.

ЕМ-технологія є бюджетним та екологічним методом очищення озер, ставків та річок, особливо від органічного забруднення та замулення.

Може бути використана двома способами: з допомогою кульок і розведеною безпосередньо у воді. У першому випадку препарат замішують з глиною та органічними висівками (бокаші), формуючи кульки, які потім закидаються на дно водойми. Мікроорганізми виходять з кульок і починають ферментувати та розкладати мул. Іншим же способом буде вливання робочого розчину до водойми.

Переваги ЕМ-Технології

- Екологічність: Використовуються лише природні, безпечні мікроорганізми, які не забруднюють навколишнє середовище хімікатами.

- Відновлення флори та фауни: Створюються сприятливі умови для розвитку водних мешканців.



Вартість проекту є однією з найнижчих серед усіх біологічних методів, особливо порівняно з капітальними та експлуатаційними витратами на хімічні чи механічні очисні споруди. Основними складовими витрат є покупка рідкого ЕМ-концентрату та бокаші. Рідкі концентрати продаються за ціною від 50 до 350 грн за літр, залежно від виробника та концентрації. Бокаші, які використовуються для виготовлення ЕМ-кульок, коштують від 200 до 300 грн за кілограм. Ключовим фактором, що мінімізує витрати, є те, що більшість матеріалів для виготовлення кінцевого продукту, такого як ЕМ-кульки, є або дуже дешевими (наприклад, глина), або не вимагають оплати (наприклад, волонтерська праця для їхнього виготовлення та розкидання на дні річки). З точки зору дозування, ефективна мікробіологічна концентрація досягається при надзвичайно високому розведенні рідкого розчину, яке може становити від 1:10000 до 1:50000 до загального об'єму води. Наприклад, для обробки 1000 м³ води може знадобитися лише 100 літрів робочого розчину, виготовленого з мінімальної кількості концентрату. Для очищення донних осадів ЕМ-кульки застосовуються у кількості 1 до 5 штук на квадратний метр дна, що також є дуже бюджетним підходом.

Очищення водойми за допомогою ЕМ-технології є чудовим прикладом застосування біотехнологій для екологічних цілей.

Список використаної літератури:

1. Осіпчук, М. О., Грохольська, М. Ю. (2012). Застосування біотехнології ЕМ для підвищення якості води в рибогосподарських водоймах. Вісник Вінницького національного аграрного університету, 3(65), 180–183.
2. Медведєва, Г. Г., Грицик, Н. В., Мостовий, А. А. (2018). Використання біопрепаратів у біологічному очищенні стічних вод від сполук нітрогену. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК, (290), 85–92.
3. Скрипчук, П. П., Трушева, С. С., Камінська, Н. М. (2017). Принципи та механізми біоремедіації в умовах антропогенного навантаження на водні об'єкти. Екологія і природокористування: Збірник наукових праць НУВГП, (23), 188–195.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ БУРШТИНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗАСОБАМИ ДЗЗ

Кривенко Анна Андріївна, учениця 9 класу, Івано-Франківського ліцею №15

Науковий керівник: доцентка кафедри географії та природознавства Фоменко Наталія Володимирівна, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

Важливе місце у структурі водойм уповільненого водообміну України посідають водосховища. Бурштинське, споруджене на річці Гнила Липа у 1965 році, призначене для охолодження турбін Бурштинської теплової електростанції і для технічного водопостачання виробничих процесів електростанції.

Для оцінювання стану водосховищ широко використовують методи ДЗЗ, зокрема вегетаційний показник NDVI (нормалізований диференційний вегетаційний індекс). Відповідно до обраного у даному дослідженні часового інтервалу (2019-2024рр.), застосовуючи фільтр хмарності, ми виявили динаміку космічних знімків з різною площею надводно-підводної рослинності в різних відтинках зелених кольорів та відповідним NDVI в діапазоні від -1 до +1. Застосування скриптів, зокрема для ідентифікації водних рослин та водоростей, у поєднанні з можливістю побудови графіку статистичної інформації дало змогу отримати максимальні значення за обраний період (рис.1).

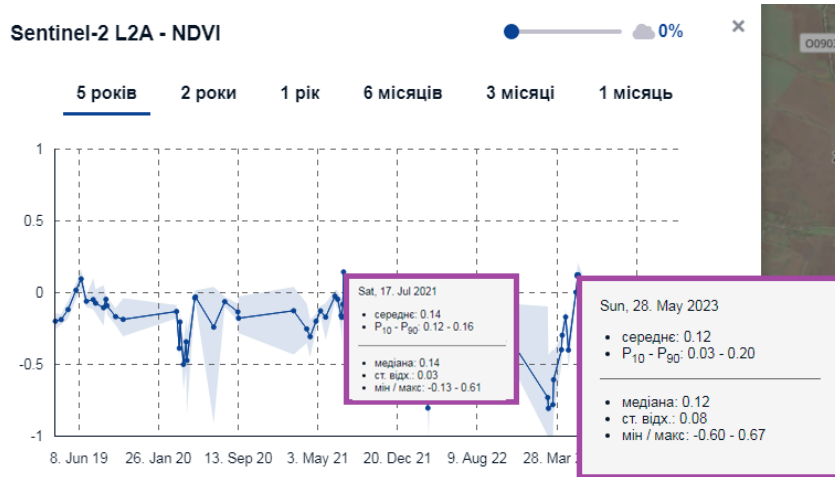


Рисунок 1. Діаграма статистичної інформації індексу NDVI на водній поверхні Бурштинського водосховища 2019-2024 років з двома виділеними піковими значеннями: 17 липня 2021 та 28 травня 2023

Візуалізація Бурштинського водосховища за 17 липня 2021 (рис.2) та порівняльний аналіз показників процесів NDVI за тиждень та тиждень після вказаної дати показує, що даний процес має активну фазу 14 днів та, очевидно, пов'язаний з кліматичними процесами або тими, що приводять до викиду підігрітих технологічних вод у значних обсягах. З допомогою інтегрованого інструменту визначення площ у програмі Copernicus browser вдалося виділити площу приблизно 10 км² водосховища з максимально зафіксованими значеннями показників NDVI. Причому графіки розподілу значень для індексного шару NDVI показують, що найбільша частота трапляння спостерігається для 0,14 одиниць NDVI, вдвічі менші значення частот – для 0,83 одиниць NDVI.

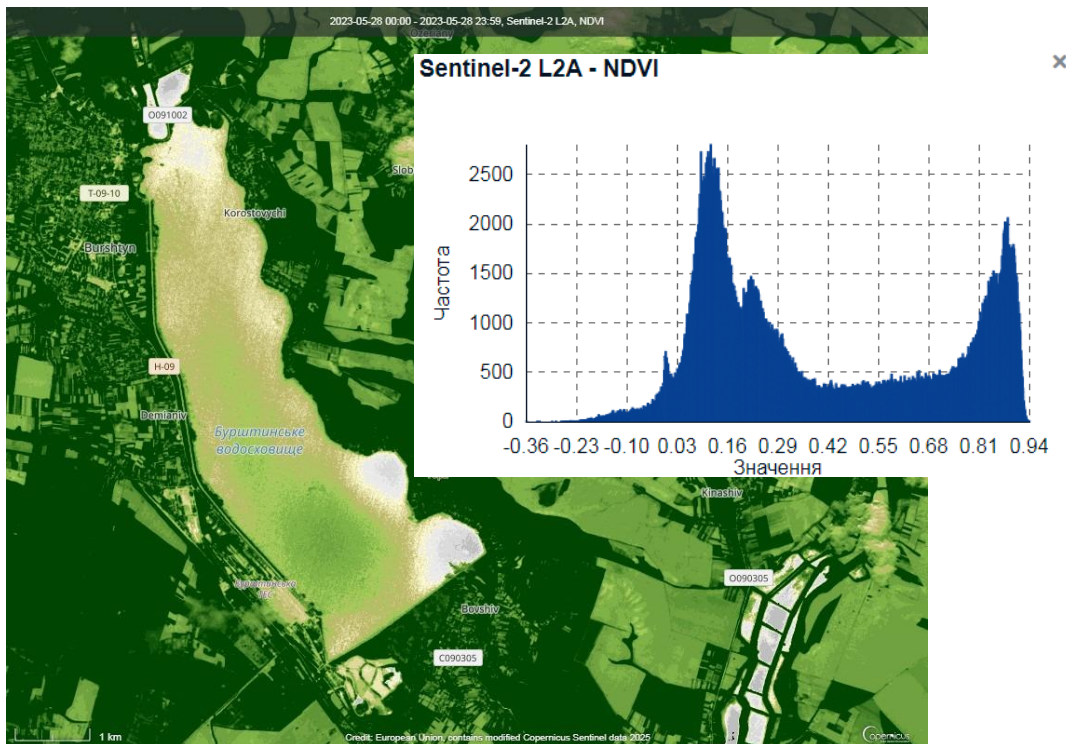


Рисунок 2. Космічний знімок Sentinel- 2 Бурштинського водосховища з ознаками евтрофікації та виділеними розподілами значень для індексного шару NDVI 28 травня 2023

Список використаної літератури:

1. Бурштинське водосховище / І. П. Ковальчук // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2004. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-38195>.
2. В. О. Мартинюк, О. В. Томченко. Використання засобів дистанційного зондування Землі до оцінювання природно-антропогенних трансформацій озер Поліського регіону. Український журнал дистанційного зондування Землі, 2021, 8 (2), 27–35
3. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Використання даних дистанційного зондування Землі у дослідженнях водних об'єктів України. К. :Інтерпрес ЛТД, 2018 . 116 с.
4. Водний фонд України: Штучні водойми — водосховища і ставки: Довідник / [В.В. Гребінь, В.К. Хільчевський, В.А. Сташук, О.В. Чунарьов, О.Є. Ярошевич] / За ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня. — К. : «Інтерпрес ЛТД», 2014. — 164 с.
5. Гавриленко О.П., Шищенко П.Г. Геоекологічні проблеми України: підручник. Київ : ПВТП «LAT&K», 2022. 379 с.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Криховецький Микола Володимирович, учень 11 класу Івано-Франківського ліцею № 3
Науковий керівник: вчитель Хребтовська Ірина Михайлівна

Івано-Франківська область має технічно можливий потенціал відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) близько 1 млн. тон нафтового еквіваленту, що включає сонячну, вітрову, гідро-, біо- та геотермальну енергетику. Біомаса (відходи тваринництва, рослинництва і лісозаготівлі) є найбільшим джерелом потенціалу ВДЕ в області, складаючи 37% від загальної оцінки.

Наразі виробництво електроенергії об'єктами ВДЕ складає лише близько 1,7% від загального обсягу, що свідчить про значний нереалізований потенціал. В області функціонує 44 промислові сонячні електростанції загальною потужністю понад 128 МВт, а також понад 1100 приватних СЕС (бл.27 МВт).



Промислові СЕС

Клімат області сприятливий для розвитку сонячної енергетики (≈1600-1800 годин сонця на рік), а гірські райони мають достатню середню річну швидкість вітру (≈5,5 м/с) для ВЕС середньої потужності. Густа річкова мережа (понад 800 малих річок) створюють потенціал для будівництва малих ГЕС та мікро ГЕС (11% від загального потенціалу ВДЕ).

В Івано-Франківській області велика увага приділяється підвищенню енергоефективності, що є дешевшою альтернативою нарощування виробництва енергоресурсів. Реалізовано низку проектів за підтримки міжнародних партнерів, як-от встановлення зарядної станції для електромобілів (проект Part4CM з ЄС) та модернізація будівель (проект з NEFCO).

Необхідність зниження систем теплогенерації від природного газу шляхом заміщення його місцевими та альтернативними видами палива є одним із стратегічних завдань. Завдяки значному ресурсному потенціалу та наявній інвестиційній базі, Івано-Франківщина має усі передумови, щоб стати одним із лідерів «зеленої» енергетики на заході України.



Список використаної літератури:

1. Путівник з енергоефективності. https://arpi.org.ua/images/resource/publications/Guidebook_Energy_ukr.pdf
2. Альтернативна енергетика. [#Part4CM A charging station for electric cars was opened in Ivano-Frankivsk.](https://invest.if.gov.ua/industries/alternativna-energetika) <https://invest-if.com/>
3. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XXII міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20-21 травня 2021р.). – К.: Інтерсервіс, 2021.– 1104 с
3. Boost for energy efficiency in Ivano-Frankivsk. <https://www.nefco.int/news/boost-for-energy-efficiency-in-ivano-frankivsk/>
4. Прикарпатський еко-енергетичний кластер. <https://peec.org.ua>
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE-%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C
<https://openreviewhub.org/sites/default/files/geoterrace2020/2025/8279/geoterrace-2025lopushanskaarkhyrovabarnasavchenkolopushanskyi.pdf>
- . Construction of solar power plant completed in Ivano-Frankivsk region. <https://www.ukrinform.net/rubric-economy/2112051-construction-of-solar-power-plant-completed-in-ivanofrankivsk-region.html>
6. Україна на шляху до вуглецевої нейтральності. <https://www.ucan-ukraine.eu/uk/ivano-frankivsk>
7. Шкварилюк М. В. Основні вектори розвитку зеленої енергетики в Україні: тарифна політика. *Проблеми економіки*. 2024.№ 1 (59),

ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Маленевич Олеся Богданівна, студентка 3 курсу

Науковий керівник: викладач Юрив Лідія Дмитрівна

Прикарпатський фаховий коледж лісового господарства та туризму

Енергетичний сектор відіграє надзвичайно важливу роль у розвитку економіки та забезпеченні стабільності суспільства. Особливого значення енергетика набуває сьогодні в Україні, у період триваючої війни, коли питання енергетичної незалежності та безпеки є одним із ключових для держави.

У сучасних умовах усе більш актуальним стає питання вибору між традиційною та зеленою енергетикою. Держави й підприємства у всьому світі шукають ефективні способи виробництва енергії, зважаючи на економічну доцільність, екологічні наслідки та довгострокові перспективи розвитку. Саме тому дедалі більше уваги приділяється відновлюваним джерелам енергії, які становлять основу так званої «зеленої енергетики».

Зелена енергетика — це система виробництва електроенергії та тепла з відновлюваних джерел, які мають мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище. До таких джерел належать сонячна, вітрова, гідроенергетика, біоенергетика та геотермальна енергія. Головною перевагою відновлюваної енергетики є її екологічність, адже вона не спричиняє значних викидів парникових газів і не виснажує природні ресурси. Завдяки стрімкому розвитку технологій, «зелена» енергія стає дедалі доступнішою та ефективнішою, сприяючи переходу людства до сталого розвитку.

Одним із найперспективніших напрямів зеленої енергетики є вітрова енергетика. Вітряні електростанції — це не просто величезні лопаті, що обертаються на горизонті. Вони є символом майбутнього, у якому людина живе в гармонії з природою, використовуючи її силу для власного добробуту.



Вітрові турбіни виробляють чисту електроенергію, не викидаючи в атмосферу вуглекислий газ чи інші шкідливі речовини. У період глобальної кліматичної кризи це має особливе значення. За даними Міжнародного енергетичного агентства (ІЕА), лише у 2023 році вітрові електростанції у світі допомогли уникнути понад 1,2 мільярда тонн CO₂. Така кількість викидів дорівнює річним показникам країн, подібних до Японії чи Німеччини. Отже, розвиток вітроенергетики є реальним внеском у боротьбу зі змінами клімату.

Порівняно з іншими джерелами енергії, вітрові електростанції мають мінімальний вплив на екосистеми. Якщо вугільні шахти руйнують ландшафти, а гідроелектростанції змінюють русла річок, то вітряки, за умови правильного розміщення, гармонійно вписуються у природне середовище. Вони майже не зачіпають землю — довкола зберігається природна рослинність.

Біля турбін зазвичай ростуть степові та лугові трави: ковила, костриця, тонконіг, полин, чебрець, ромашка, волошка. Часто трапляються і низькорослі чагарники — шипшина, ялівець. Ці рослини укріплюють ґрунт, не заважають роботі турбін і створюють середовище для комах і дрібних тварин.

Вітряки встановлюють переважно у відкритих, вітряних місцях — на підвищеннях, у степах, біля узбережжя морів чи навіть у горах. В Україні такі станції найчастіше можна побачити в Запорізькій, Миколаївській, Херсонській та Одеській областях, а також у Карпатському регіоні — в Івано-Франківській області.

Тут, у районі Долини, Калуша, Надвірної та на гірських хребтах поблизу Вишкова й Буковеля, умови дуже сприятливі: сильні й постійні вітри, відкриті схили та мінімальне втручання в природу. Місцева рослинність — це здебільшого гірські луки (полонини). Такі території добре пристосовані для розміщення турбін, бо не потребують вирубки лісів і не порушують природний вигляд гір.

Окрім екологічних переваг, вітрова енергетика має й значні економічні вигоди. По-перше, вона сприяє створенню нових робочих місць. За даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергії (IRENA), у 2022 році у секторі вітроенергетики працювало понад 1,4 мільйона людей у світі — інженери, техніки, будівельники, логісти.

По-друге, вітрова енергія є однією з найдешевших серед усіх відновлюваних джерел. У 2023 році середня собівартість виробництва електроенергії з вітру становила лише 0,03–0,05 долара за кВт/год, що робить її конкурентною навіть із традиційними видами палива.

По-третє, розвиток вітроенергетики сприяє зміцненню енергетичної незалежності країн. Використання власного потенціалу вітру дозволяє зменшити залежність від імпорту нафти, газу чи вугілля. Для України це особливо важливо в умовах геополітичної нестабільності.

Також варто зазначити, що галузь активно стимулює технологічні інновації. Сучасні вітрові турбіни мають потужність понад 10 МВт і здатні забезпечувати електроенергією цілі населені пункти. Розвиваються плавучі вітрові електростанції, що дає змогу ефективно використовувати морський вітер. Удосконалюються системи акумуляції енергії, що дозволяє робити постачання електроенергії стабільним навіть за змінних погодних умов.

Отже, вітрова енергетика є одним із найефективніших шляхів переходу до чистої, безпечної та сталої енергетики. Вона не лише зменшує негативний вплив на довкілля, а й створює нові економічні можливості, сприяє розвитку інновацій та формуванню енергетичної незалежності держав.

Майбутнє за тими, хто вміє використовувати силу природи з розумом. Вітер — це безкоштовне й невичерпне джерело енергії, яке здатне забезпечити людство світлом, теплом і надією на чисте майбутнє.

Список використаної літератури:

1. Чому важливі вітряні електростанції: "Зелена" енергетика:
<https://ukraineinvest.gov.ua/incentives/green-energy/>



2. «Зелена» енергетика – ключовий напрям економічного зростання:
<https://uare.com.ua/novyny/497-zelena-energetika-klyuchovij-napryam-ekonomichnogo-zrostannya.html>

3. Вітрова енергетика в Україні: 7 найпотужніших станцій:
<https://shotam.info/vitrova-enerhetyka-v-ukraini-7-naypotuzhnishykh-stantsiy/>

ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВІДХОДАМИ

Манич Христина Володимирівна, студентка групи ФБС – 11

Науковий керівник: викладач біології та хімії, Козак Леся Юріївна,

Калузький фаховий коледж економіки, права та інформаційних технологій

Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

Проблема забруднення довкілля відходами.

Сучасне життя неможливо уявити без речей, які ми щодня використовуємо, але більшість із них після короткого застосування перетворюються на сміття. Відходи накопичуються у величезних кількостях і стають серйозною загрозою для природи. Проблема забруднення довкілля стосується кожного жителя планети. Вона впливає на клімат, екологію та навіть наше здоров'я. Людство опинилося на межі, коли ігнорування цієї проблеми може мати незворотні наслідки. Саме тому сьогодні так важливо навчитися правильно поводитися з відходами.

Основні причини забруднення довкілля відходами:

1. Високе споживання та масове використання одноразових виробів

Однією з ключових причин забруднення довкілля є надмірне використання одноразових виробів у повсякденному житті. Люди щодня користуються пластиковими пакетами, пляшками, стаканчиками, упаковкою для продуктів та іншим одноразовим посудом, який швидко стає сміттям. Більшість таких предметів не розкладаються природним шляхом або роблять це протягом десятків і сотень років, накопичуючись на сміттєзвалищах, у річках, озерах та морях. Це призводить до забруднення ґрунту та води токсичними речовинами, загрожує життю тварин, які плутаються у пластиках або споживають їх, і може потрапляти в організм людини через їжу та воду.

2. Обмежена переробка та недостатня утилізація відходів

Багато побутових, промислових та небезпечних відходів не проходять належну обробку і накопичуються на сміттєзвалищах або потрапляють у природу. У багатьох регіонах відсутні сучасні сміттєпереробні підприємства, а старі полігони переповнені і працюють без дотримання екологічних стандартів. Це призводить до забруднення ґрунту та підземних вод токсичними речовинами, накопичення сміття у річках, озерах і лісах, а також негативно впливає на здоров'я людей, які контактують із забрудненою водою або споживають продукти, уражені токсинами.

3. Низький рівень екологічної свідомості громадян

Низька екологічна свідомість населення значно посилює проблему забруднення довкілля. Багато людей не сортують сміття, викидають його у лісах, річках або на вулицях, не замислюючись про наслідки. Відсутність звички правильно утилізувати відходи та недостатня екологічна освіта призводять до того, що відходи змішуються та потрапляють у природу, забруднюючи ґрунт, воду та повітря. Це створює загрозу для життя тварин, які споживають або заплутуються у смітті, а також впливає на здоров'я людей через контакт із токсичними речовинами. Крім того, сміття на відкритих майданчиках і стихійних звалищах часто спалюють, що виділяє шкідливі гази та погіршує якість повітря.

4. Наслідки війни та руйнування інфраструктури

Наслідки повномасштабної війни залишили значний вплив на стан довкілля. Руйнування будівель, інфраструктури та промислових об'єктів спричинило утворення великої кількості будівельного, промислового та небезпечного сміття. Багато відходів не



підлягають швидкій утилізації і накопичуються у природі, забруднюючи землю, річки та водойми. Це спричиняє токсичне навантаження на екосистеми, загрозу для життя людей і тварин, а також ускладнює відновлення територій після руйнувань. Спалювання таких відходів додатково погіршує якість повітря, виділяючи шкідливі гази та сприяючи зміні клімату.

5. Відсутність ефективної системи контролю та управління відходами

Відсутність ефективної системи контролю та управління відходами залишається серйозною проблемою. Державні та муніципальні структури часто не мають достатнього контролю за промисловими, побутовими та небезпечними відходами, що дозволяє сміттю накопичуватися у природі або потрапляти у водні та земельні ресурси. Неконтрольовані полігони та незаконні сміттєзвалища спричиняють забруднення ґрунту та води токсинами, створюють загрозу для здоров'я людей і тварин, а також погіршують стан повітря. Усе це підкреслює необхідність вдосконалення управління відходами та впровадження сучасних технологій переробки.

Проблема забруднення довкілля відходами є однією з найактуальніших екологічних загроз сучасності. Основними причинами цього явища є надмірне споживання одноразових виробів, низький рівень переробки та утилізації сміття, недостатня екологічна свідомість населення, наслідки війни та слабкий контроль за відходами. Всі ці фактори спричиняють серйозні наслідки: забруднення ґрунту, води та повітря, загрозу для життя людей і тварин, а також негативний вплив на кліматичні умови.

Окрему проблему становить ситуація в Україні, де система сортування сміття все ще залишається нерозвинутою. На відміну від більшості європейських країн, де роздільний збір відходів є звичною практикою, в Україні сміття здебільшого не сортується і потрапляє на полігони. Це значно погіршує екологічний стан та ускладнює подальшу переробку. Додатково до цього юридична сторона питання також залишається слабкою — порушення екологічних норм часто залишаються безкарними, а передбачені законом штрафи не є ефективним засобом впливу. Відсутність належного контролю призводить до того, що підприємства й окремі громадяни ігнорують правила поводження з відходами, посилюючи екологічну кризу.

Для вирішення цієї проблеми необхідно впроваджувати комплексні заходи: підвищувати екологічну свідомість населення, розвивати системи сортування та переробки відходів, контролювати промислові та побутові відходи і впроваджувати сучасні технології утилізації. Кожна людина може зробити свій внесок у збереження довкілля — починаючи від правильного поводження зі сміттям і сортування відходів до використання багаторазових і екологічно безпечних матеріалів.

Таким чином, лише спільними зусиллями суспільства та держави можна зменшити негативний вплив відходів на природу і забезпечити чисте та безпечне довкілля для майбутніх поколінь.

Список використаної літератури:

1. Біологія і екологія (рівень стандарту): підручник для 11-го класу закладів загальної середньої освіти. Київ, Україна: Генеза, 2019. 208 с.
2. Дудзяк О. А. Значення екології для розвитку сільських територій. Агросвіт. 2019. № 6, берез. С. 55–58.
3. Пахлеванзаде А. Екологічна безпека України. «Відновлення України: міжгалузевий теоретико-прикладний аналіз та потенціали розвитку» Частина I. 2025. С. 144–146. URL: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-490-3-42>



ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА

Перегінець Ростислав Андрійович, 11 клас

Науковий керівник: викладач Козак Леся Юріївна

*Калуський фаховий коледж економіки, права та інформаційних технологій
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*

Сьогодні, в епоху глобальних кліматичних змін та геополітичної нестабільності, питання енергетичної безпеки та незалежності для України набуває критичного значення. Перехід на відновлювані джерела енергії – це не просто світовий тренд, а стратегічна необхідність для нашої держави. Це шлях до екологічної безпеки, енергетичного суверенітету, створення нових робочих місць та інтеграції в європейський енергетичний простір. Моя доповідь присвячена аналізу сучасного стану, ключових викликів та майбутніх перспектив зеленої енергетики в Україні.

Після повномасштабного вторгнення українська енергетика зазнала руйнівних ударів, але це одночасно прискорило усвідомлення необхідності розвитку децентралізованих, стійких джерел енергії.

За даними Держенергоефективності України, станом на початок 2024 року, незважаючи на всі складнощі, частка відновлювальних джерел енергії у загальному виробництві електроенергії зростає. Наша держава має колосальний природний потенціал для розвитку «зелених» технологій:

Сонячна енергетика: Південні регіони України мають інсоляцію, порівнянну з країнами Південної Європи. За оцінками Міністерства енергетики, технічний потенціал сонячної енергії становить близько 50 ГВт.

Вітроенергетика: Південь, прибережні зони Чорного та Азовського морів, а також окремі райони Карпат мають високий потенціал для будівництва вітрових електростанцій. Технічний потенціал вітру оцінюється в 70 ГВт, що є одним з найвищих показників в Європі.

Біоенергетика: Україна з її потужним агропромисловим комплексом має величезні ресурси біомаси (солома, лушпиння соняшнику, енергетичні культури) та біогазу (відходи тваринництва та побічної продукції АПК). Цей напрям не тільки виробляє енергію, але й вирішує проблему утилізації відходів.

Важливим стимулом для розвитку сектору був діючий до 2020 року «зелений» тариф, який дозволив залучити значні інвестиції та збудувати потужності, що зараз допомагають під час енергетичних криз.

Однак розвиток зеленої енергетики в Україні стикається з низкою серйозних викликів:

Проблеми з оплатою «зелених» тарифів: Через війну та економічні труднощі гарантована купівля електроенергії за «зеленим» тарифом стала проблемою. Це створює фінансові ризики для існуючих виробників і стримує нові інвестиції.

Руйнування інфраструктури: Окупанти цілеспрямовано нищать об'єкти енергетики, включаючи і «зелені» електростанції, що призводить до втрати потужностей.

Необхідність інвестицій та міжнародної підтримки: Відбудова та подальший розвиток вимагають мільярдів доларів інвестицій. Ключову роль тут відіграють міжнародні партнери, програми ЄС та світові фінансові інституції.

Адміністративні бар'єри: Складність підключення до мереж, корупція та бюрократія досі залишаються перешкодами для малого та середнього бізнесу.

Незважаючи на виклики, Україна має чітку стратегію розвитку, закріплену в **Енергетичній стратегії України до 2035 року**. Її основні цілі:

Збільшити частку відновлюваних джерел енергії у загальному енергобалансі до 25% до 2035 року.

Сприяти розвитку децентралізованої генерації, що підвищує стійкість енергосистеми.



Інтегрувати енергоринок України з ринком ЄС (ENTSO-E), що відкриває доступ до європейських ресурсів і технологій.

Найперспективнішими напрямками на найближчі роки є:

1. Розвиток вітроенергетики, особливо в Чорному морі. Цей проект має величезний потенціал і вже викликає інтерес міжнародних інвесторів.

2. Стимулювання розподіленої генерації. Дахові сонячні електростанції для домогосподарств та бізнесу, невеликі вітрові та біогазові установки для громад – це швидкий спосіб зменшити навантаження на мережі та підвищити енергонезалежність на місцевому рівні.

3. Впровадження технологій водню. Україна може стати одним із постачальників «зеленого» водню для Європи завдяки потужним відновлюваним потужностям.

4. Модернізація енергомереж. Створення «розумних» мереж (Smart Grid) і будівництво систем акумулювання енергії для забезпечення стабільності.

Важливо не лише говорити про стратегії, але й бачити практичні результати. Ось кілька показових прикладів розвитку зеленої енергетики в Україні:

Нікопольська СЕС почала роботу 16 лютого 2019 року та є найпотужнішою не лише в Україні, але й у Європі, з встановленою потужністю 246 МВт. Станція не лише забезпечує регіон чистою енергією, але й створює підґрунтя для подальшого розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Успішний досвід будівництва та експлуатації найбільшої сонячної електростанції країни демонструє готовність України до енергетичної трансформації та переходу до сталого розвитку.

Одеська область – лідер вітроенергетики. В області реалізовано кілька масштабних проєктів вітрових електростанцій. **Завдяки роботі зеленої електроенергії споживачі Одеської області під час масованих ударів по енергетиці та блекаутів отримували додаткові години зі світлом. Три вітрові станції змогли забезпечити 1/5 від необхідної частки енергії в регіоні.**

Біогазові установки в Агрохолдингах. Багато агропромислових підприємств (наприклад, «Мрія Агрохолдинг») вже запустили біогазові комплекси, які переробляють відходи тваринництва та рослинництва на електроенергію та тепло, забезпечуючи власні потреби та продаючи надлишки в мережу.

Дахові СЕС у громадах. Все більше місцевих громад встановлюють сонячні панелі на дахах шкіл, лікарень та адмінбудівель. Це дозволяє економити кошти місцевих бюджетів та підвищує енергонезалежність громад, особливо в умовах воєнного стану.

Таким чином, зелена енергетика – це не альтернатива, а основа майбутньої енергетичної безпеки та економічного відродження України. Незважаючи на всі виклики – технічні, фінансові та військові – Україна має всі можливості стати одним із європейських лідерів у сфері чистої енергетики. Наш природний потенціал, підтримка міжнародних партнерів та, що найголовніше, воля та працьовитість українського народу є запорукою успіху цієї трансформації.

Відбудова країни після перемоги має бути зеленою та інноваційною. І саме ми, наукова та студентська спільнота, повинні стати тим локомотивом, який забезпечить цей історичний перехід.

Список використаної літератури:

1. Гузій Ю. Сонячні електростанції: чому громадам варто їх встановлювати під час війни. *Еко.Район – просвітницьке медіа мережі Район.in.ua про довкілля*. URL: <https://eco.rayon.in.ua/blogs/738744-sonyachni-elektrostantsii-chomu-gromadam-varto-ikh-vstanovlyuvati-pid-chas-viyni> (дата звернення: 16.10.2025).

2. Економічна правда. Майбутнє розподіленої генерації в Україні: виклики, можливості та перспективи. *Економічна правда*. URL: <https://pravda.com.ua/energetika/maybutnye-rozpodilenoji-generaciji-v-ukrajini-vikliki-mozhливosti-ta-perspektivi-804835/> (дата звернення: 16.10.2025).



3. ЕНЕРГЕТИЧНА СТРАТЕГІЯ УКРАЇНИ ДО 2035 РОКУ «БЕЗПЕКА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ». ДП «Гарантований покупець». URL: https://www.gree.com.ua/news_item/732 (дата звернення: 16.10.2025).

4. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність". Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text> (дата звернення: 16.10.2025).

5. Україна може стати надійним постачальником зеленого водню до ЄС - UkraineInvest. *UkraineInvest*. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/news/06-06-22-2/> (дата звернення: 16.10.2025).

6. Smart Grid в Україні: що це таке, навіщо потрібне і коли з'явиться. *Mind.ua*. URL: <https://mind.ua/publications/20259406-smart-grid-v-ukrayini-shcho-ce-take-navishcho-potribne-i-koli-z-yavitsya> (дата звернення: 16.10.2025).

СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЛЮДСТВА

Полагей Ольга Миколаївна, учениця 11 класу Замулинецького ліцею
Науковий керівник: Дранчук Любов Дмитрівна, вчитель географії

Екологічні проблеми є однією з найсерйозніших загроз для людства у XXI столітті. Від стану довкілля залежить здоров'я людей, клімат і саме існування життя на Землі.

Однією з головних проблем є забруднення навколишнього середовища — атмосферні викиди від транспорту та промисловості спричиняють смог, руйнування озонового шару та ріст хвороб.

Не менш актуальним є забруднення водних ресурсів — промислові відходи, пластик і нафта потрапляють у річки й моря, знищуючи флору і фауну.

Серйозну загрозу становить зміна клімату через надмірні викиди парникових газів. Наслідки — підвищення температури, танення льодовиків, посухи й урагани.

Ще однією проблемою є вирубка лісів і знищення біорізноманіття, що призводить до втрати природних екосистем і зменшення кількості видів.

Для покращення ситуації потрібно об'єднати зусилля всього людства. Важливо сортувати відходи, скорочувати використання пластику, висаджувати дерева, економити ресурси.

Майбутнє планети залежить від наших дій сьогодні — лише екологічно свідоме ставлення до природи забезпечить чисте й безпечне життя наступним поколінням.





Список використаної літератури:

1. Крисаченко В. С. Екологічна культура: теорія і практика. – К.: Либідь, 2002. – 320 с.
2. Гусев В. О. Екологічні проблеми сучасності. – Харків: Основа, 2018. – 112 с.
3. Інтернет-джерела: офіційні сайти екологічних організацій, новини та наукові статті про стан довкілля.

ВИРОБНИЦТВО ПЛАСТИКОВОЇ ЦЕГЛИ

Трухан Максим Романович, 10 клас

Науковий керівник: учитель географії Мальон Наталія Євгенівна

Тростянецький ліцей, Долинської міської ради

Забруднення пластикомі відходами є однією з найбільших екологічних проблем сучасного світу. Щороку виробляється понад 300 мільйонів тонн пластику, більша частина якого потрапляє на сміттєзвалища, забруднює водойми та ґрунти, негативно впливає на флору й фауну. Розкладання пластику триває сотні років і супроводжується утворенням токсичних речовин, що загрожують здоров'ю людей і тварин.

Обґрунтованість проблеми

Існуючі методи утилізації пластику — спалювання та поховання — мають значні недоліки: спалювання викидає шкідливі речовини в атмосферу, а поховання потребує великих земельних площ. Лише незначна частина відходів переробляється ефективно. Тому актуальним є пошук альтернативних шляхів використання пластику, що будуть екологічними, економічно вигідними та безпечними для довкілля.

Ідея

Пластикова цегла — будівельний матеріал із перероблених пластикових відходів, що може застосовуватися для зведення житлових будинків, парканів, доріг та інфраструктурних об'єктів. Основна мета — зменшення обсягів пластикових відходів і створення сталого будівельного матеріалу з низьким вуглецевим слідом.

Розділ I. Переваги пластикової цегли

- переробка пластику запобігає його накопиченню на звалищах та в природі.
- заміна традиційних матеріалів (бетон, цегла) на пластикові цеглини економить пісок, глину та вапняк.
- виробництво пластикової цегли споживає менше енергії.
- відходи доступні та дешеві.
- матеріал не розтріскується, не піддається корозії.
- менша вага знижує логістичні витрати.

Збір пластикових відходів здійснюється на переробних станціях із залученням громад через освітні програми та стимулювання. Пластик подрібнюють, очищують і нагрівають для формування блоків. Для покращення властивостей матеріалу додають домішки (пісок, цемент). Пластикові цеглини можуть застосовуватися у будівництві соціального житла, шкіл, лікарень, а також для інфраструктурних проєктів у містах і селах. Для гарантії безпеки та довговічності матеріалу проводяться тести на міцність, термостійкість і екологічність відповідно до міжнародних стандартів.

Ідея пластикової цегли поєднує інноваційність, простоту та практичність. Вона вирішує кілька проблем одночасно: утилізацію пластику, скорочення викидів вуглецю, економію ресурсів і створення доступного будівельного матеріалу. Для забезпечення довіри громадськості потрібні просвітницькі кампанії, а впровадження виробництва — початкові інвестиції через гранти, державну підтримку або партнерство з приватним сектором. Також важливо розробити стандарти та сертифікацію продукції.

Розділ II. Технологія виробництва

Пластикові пляшки збираються зі сміттєзвалищ, пунктів прийому та громадських ініціатив. Сортування за типом полімеру (PET, HDPE, LDPE), кольором та рівнем



забруднення забезпечує однорідність матеріалу. Пластик миють, дроблять на дрібні фракції та нагрівають у екструдерах. До розплавленого пластику додають домішки: пісок, барвники, армуючі волокна. Під тиском формується цегла потрібної форми й розміру, охолоджується та перевіряється на дефекти, міцність на стиск, згин та водопоглинання.

Екструзія (найпоширеніший метод), лиття під тиском (для цегли складної форми), вібропресування (для цегли високої щільності). Виклики: висока вартість обладнання та якість сировини. Попри це, ринок пластикової цегли має великий потенціал завдяки зростанню екологічної свідомості та вдосконаленню технологій.

Розділ III. Обладнання та організація виробництва

Виробництво цегли потребує спеціального обладнання: конвеєри, сортувальні машини, дробарки, мийки, екструдери, формуючі преси, охолоджувальні системи, міксери, системи фільтрації та вентиляції. Вибір обладнання залежить від потреб конкретного виробництва. Також потрібні приміщення та кваліфікований персонал, які можна залучати через спеціалізовані компанії-постачальники.

Висновок

Використання пластикової цегли є ефективним, екологічно безпечним і економічно вигідним рішенням для зменшення обсягів пластикових відходів та розвитку сталого будівництва. Реалізація проєкту сприятиме збереженню довкілля, скороченню вуглецевого сліду та популяризації інноваційних екологічних технологій.



Рисунок 1. Пластикові цегли

Список використаної літератури:

1. Мельник В.О. Інноваційні підходи до переробки пластикових відходів у будівельних матеріалах. Львів: Видавництво ЛНУ, 2020. 176 с.
2. Романенко А.С. Будівельні матеріали з вторинної сировини: пластик у сучасному будівництві. Київ: Будівельна освіта, 2019. 200 с.
3. Ткаченко Н.В. Переробка пластикових відходів і їх застосування у виробництві цегли та блоків. Харків: ХНУБА, 2022. 168 с.

ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ГІРСЬКОГО ТУРИЗМУ

Фіголь Софія Віталіївна, учениця 11 класу

Науковий керівник: Богнович Христина Богданівна, вчитель біології

Лицей №3 Івано-Франківської міської ради

Екологічні проблеми гірського туризму в Карпатах є критично актуальними у контексті збереження природних ландшафтів, біорізноманіття та забезпечення сталого розвитку регіону.



Популярні маршрути, такі як Говерла, Шпиці, Синяк, о.Несамовите, Маковиця та о.Синевир, щороку зазнають інтенсивного рекреаційного навантаження. Цей потік приносить значну економічну вигоду: лише за сім місяців 2025 року туристичний збір у Карпатах перевищив 76 млн грн[1]. Проте разом із зростанням економічних показників відбувається критичне підвищення рівня антропогенного тиску на вразливі гірські екосистеми, що ставить під загрозу їхню екологічну резистентність.

Аналіз ситуації виявляє дві ключові групи екологічних проблем, спричинених некерованим туризмом: деградація природного середовища та системне забруднення.

Туристичний тиск на зазначених маршрутах, призводить до деградації фітоценозів. На високогірних альпійських луках схилів Маковиці та Говерли відбувається інтенсивне витоптування. Оскільки високогірна рослинність має низьку стійкість до механічного навантаження та повільні цикли відновлення, це призводить до формування вторинних ерозійних осередків. Неконтрольоване використання стежок, особливо джипінг, перетворює їх на коридори стоку, що критично посилює водну ерозію ґрунтів на крутих схилах, викликаючи формування глибоких ерозійних улоговин. Розширення інфраструктури (стежки, притулки, кемпінги) спричиняє фрагментацію природних оселищ, знижуючи здатність екосистем до самовідновлення.

Накопичення відходів та відсутність належної інфраструктури збору є однією з найбільших загроз екологічній безпеці. Значні обсяги пластикових та поліетиленових відходів, які залишаються на маршрутах, повільно розкладаються в умовах високогір'я. Це сприяє утворенню мікропластику, який інтегрується у ґрунт і становить пряму загрозу для ґрунтової фауни та трофічних ланцюгів.

Відсутність ефективних централізованих систем утилізації та застарілі системи очищення стічних вод у гірських притулках призводять до прямого скидання неочищених стоків. Це підвищує ризик забруднення підземних джерел та гірських річок патогенними мікроорганізмами та спричиняє евтрофікацію (надмірне насичення біогенними елементами) унікальних оліготрофічних водойм, як-от озеро Несамовите.

Часте спалювання сміття на схилах та залишки незагашених багать створюють пряму загрозу виникнення верхових пожеж і забруднюють атмосферу.

Для забезпечення екологічної безпеки Карпат необхідне впровадження комплексних заходів екологічного менеджменту, а саме: регулювання рекреаційного навантаження та модернізація інфраструктури й поводження з відходами.

Ключовим заходом має стати запровадження системи кількісного лімітування відвідувачів для найбільш вразливих та екологічно чутливих зон (зокрема, високогір'я). Впровадження електронних трекінг-дозволів, що дозволить контролювати кількість туристів і направляти частину туристичного збору безпосередньо на екологічні програми відновлення. Необхідна негайна модернізація інфраструктури згідно з принципами «Залишай чистий слід». Створення розгалуженої мережі контейнерних майданчиків для роздільного збору сміття та впровадження механізмів «відповідальності туриста» за винесення власних неорганічних відходів.

Важливу роль відіграє підвищення екологічної свідомості та посилення регуляторних механізмів. Впровадження обов'язкових інформаційних брифінгів для відвідувачів національних парків, акцентуючи увагу на унікальній цінності екосистемних послуг Карпат є важливим для розвитку свідомості туристів.

Збереження унікальної природи Карпат вимагає переходу від екстенсивного до сталого гірського туризму. Комплексне застосування принципів екологічного менеджменту, регулювання рекреаційного навантаження та підвищення відповідальності всіх учасників туристичного процесу є єдиним шляхом до забезпечення екологічної безпеки регіону для майбутніх поколінь.

Список використаної літератури:

1. Офіційний вебсайт Івано-Франківської обласної державної адміністрації: сайт. URL:https://www.if.gov.ua/news/mahnit-ukrainskoho-turyzmu-karpaty-znovu-v-liderakh-vidpochynku?utm_



ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ, ГІДРОСФЕРИ, ҐРУНТІВ НА ПРИКЛАДІ ДОМБРОВСЬКОГО КАР'ЄРУ

Сенчишин Христина Миколаївна, учениця 11 класу

Науковий керівник: викладач екології Козак Леся Юрївна

Відокремлений структурний підрозділ "Калуський фаховий коледж економіки, права та інформаційних технологій Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу"

Проблема забруднення довкілля є однією з найактуальніших у сучасності. Через діяльність заводів і фабрик погіршується якість повітря, забруднюються водні об'єкти, а ґрунти втрачають родючість. Одним із найнебезпечніших техногенних об'єктів в Україні є Домбровський кар'єр — родовище калійних солей, заповнене соленими розсолами через потрапляння води. Це створює серйозні загрози для ґрунтів і водних ресурсів, а також спричиняє нестабільність ландшафту та карстоутворення. Крім гідросфери, від негативного впливу потерпає атмосфера. Випаровування солей призводять до потрапляння у повітря аерозолів хлору та натрію, що можуть підвищувати кислотність опадів і шкодити рослинності. З часом такі процеси ведуть до деградації природних екосистем і потребують постійного моніторингу.

Вирішення проблеми вимагає комплексного підходу: рекультивації земель, заповнення відпрацьованих порожнин, моніторингу стану довкілля та запровадження природоохоронних заходів.

Список використаної літератури:

1. Білоус Л. Стратегічна екологічна оцінка для потреб управління довкіллям. *Вісник київського національного університету імені тараса шевченка. географія*. 2018. Вип. 4 (73). С. 5–9.

2. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII : станом на 15 листоп. 2024 р.

3. Валентинович К. Ю. Екологічні проблеми України в сучасних умовах : thesis. 2017.

НЕПОМІТНІ ОДНОРАЗОВІ СТАКАНИ: ДОВКІЛЛЯ МОЖЕ ЗМІНИТИ КОЖЕН

Кірін Денис, Пивовар Богдан, студенти групи ЕКО-25-1

К.т.н., завідувачка кафедри екології Орфанова Марія Михайлівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Одна з тем екологічних проблем, яку дійсно мало хто помічає, це одноразові стаканчики. Дійсно, ця тема дуже цікава, бо більшість людей навіть і не замислюється про небезпеку картонних стаканчик для навколишнього середовища. Ніби, здається, звичайна річ, яку ми використовуємо у нашому житті, п'ючи каву чи чай, може якийсь сік або інший напій, а потім просто викидаємо стаканчик у смітник, навіть не замислюючись над тим, скільки всього потрібно зробити, щоб цей стаканчик з початку «з'явився» і куди він потім дівається.

Але з чого роблять ці стаканчики і скільки потрібно часу, щоб вони розклалися або пройшли переробку. Візьмемо перший варіант: паперовий стаканчик, викинутий людьми, може розкладатися мінімум 3 місяці, а максимум 10 років. Це звісно не дуже великий термін, порівнюючи їх з іншими продуктами людської діяльності, але все-таки це довго для нашого часу життя. А от інший варіант звучить краще для нас. Але там, де їх перероблюють, також виникають відходи. Більшість стаканчиків зроблені з картону покритого поліетиленом, завдяки якому вони не промокають. Але ж через цей поліетилен і він розкладається довше, і ускладнюється процес їх переробки.



Ми досліджували питання – чи люди купують напої у одноразових стаканчиках і в яких видах стаканчиків, чи використовують свої термокружки. Дослідження проводили у закладах торгових супермаркетів АТБ, Сільпо і Сімі, а також магазинах на АЗС м. Івано-Франківськ.

І все ж, напевно, цікаво скільки стаканчиків купують люди в цих магазинах. Але це все неоднозначно. Ми розуміємо, що більшість людей звісно не будуть приходити в магазини з своєю термокружкою. Але чим більше людей візьмуть еко-стаканчик, як альтернативу звичайним пластиковим або паперовим стаканчикам з покриттям, тим менше буде утворюватись відходів, тим менше їх попаде на сміттєзвалища побутових відходів. Нам варто замилитися!

Еко-стаканчики мають ряд переваг:

- 1) виготовляються з біорозкладних матеріалів (крохмаль, папір, бамбук, PLA — біопластик);
- 2) розкладаються природним шляхом без шкоди для довкілля, не утворюючи мікропластику;
- 3) можуть бути перероблені повторно, що зменшує кількість відходів;
- 4) безпечні для здоров'я, не містять токсичних речовин і не виділяють шкідливих парів при нагріванні;
- 5) підходять для гарячих і холодних напоїв;
- 6) мають приємний зовнішній вигляд і натуральну текстуру, можуть мати гарний дизайн;
- 7) зменшують вуглецевий слід;
- 8) сприяють розвитку екосвідомості серед людей і поширенню культури відповідального споживання.

Досліджено, що $\frac{1}{5}$ з сміттевого 120-літрового пакету становлять саме паперові стаканчики. Вони викидаються, навіть по при можливості їх переробки.

Тому, використання таких «непомітних» одноразових стаканчиків може створити велику екологічну проблему. І краще нам починати вирішити її зараз, змінюючи своє ставлення до використання одноразових стаканчиків, ніж потім шукати вихід із створеної екологічної проблеми.

ДЖЕРЕЛА ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ СІВКА

Маланюк Ігор, аспірант кафедри екології

Професор кафедри екології Мандрик Олег Миколайович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Річка Сівка є частиною басейну Дністра і відіграє важливу роль у регіональній гідросистемі, зокрема формує природні ландшафти та підтримує локальну біоту. Однак, на сьогоднішній день, екологічний стан Сівки суттєво погіршений техногенним навантаженням[1]. Техногенні викиди істотно змінили хімічний склад води Сівки. Регулярні вимірювання, які проводяться лабораторією Дністровського БУВР, свідчать про перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) за низкою показників, зокрема: показники органічного навантаження сягли $BCK_5 = 2,3-3,9 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ та $XCK = 14-34 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Це свідчить про тенденцію до погіршення якості води і за методикою екологічної оцінки, можна віднести воду річки до III класу (категорії «помірно забруднена») [2,3].

Також у водах Сівки виявлено небезпечні токсиканти. За даними лабораторії Дністровського БУВР при впадінні Сівки в Дністер встановлено дворазове перевищення допустимого вмісту мінеральних солей, залишків інсектициду діхлофосу, а також значні перевищення за важкими металами – ртуті (2,5×) та міді (5×). Такі забруднювачі легко накопичуються у донних відкладеннях і живляться через харчовий ланцюг (до фіто- і зоопланктону, риби, дичини). Істотне навантаження солей та солей важких металів у воді



Сівки було підтверджено і підвищеною мінералізацією річки: стратегічна екологічна оцінка плану регіону зафіксувала до 2760 мг/дм³ розчинених солей у зразку зі Сівки біля с. Войнилівська [2].

Донні відкладення річки накопичують велику кількість важких металів та сполук фосфору, що створює додатковий ризик вторинного забруднення при сезонних затопленнях. Таким чином техногенне забруднення призводить до деградації гідробіоценозу Сівки: знижується біорізноманіття і змінюється структура водних екосистем.

До головних джерел забруднення Сівки належать промислові, комунальні та аграрні стоки. Зокрема, підтверджено, що в історичному минулому та сучасності у річку потрапляли відходи від:

- Промислових підприємств: забруднення надходить з Домбровського калійного кар'єру та суміжних хвостосховищ, звідки у воду потрапляють розсоли калійних руд та побічних продуктів видобутку. Місцеві джерела повідомляють про постійний витік соляних розчинів (глауберової солі) із старих хвостосховищ в околицях Калуша[3].

- Комунальних стоків і побутових відходів: неочищені каналізаційні стоки та сміття з міських і сільських населених пунктів (зокрема Долини, Брошнева-Осади, Калуша, Войнилова) регулярно надходять у річку. У межах Калуша русло річки значною мірою заповнюється стічними водами місцевих поселень.

- Аграрного стоку: поля і пасовища в прибережних ґрунтах можуть спричиняти надходження нітратів, фосфатів і пестицидів до річки (неодноразово зафіксовано сліди агрохімікатів).

- Нещасних випадків та аварій: у червні 2025 року злив у Сівку великої партії гранульованого харчового наповнювача (внаслідок прориву каналізації підприємства) спричинив локальне забруднення річки і утворення на її поверхні масляної плівки.

Для покращення екологічного стану річки Сівка заплановані такі заходи: 1) міська програма охорони довкілля на 2026–2028 рр. передбачає розчищення та поглиблення русла Сівки.

2) зведення водорегулюючого вузла поблизу Домбровського кар'єру для перехоплення соляних розсолів та їх відведення у спеціальну систему очистки.

Це має відновити природний водний режим, покращити течію та очистити донні відкладення.

Список літератури:

1. Екологічний паспорт Івано-Франківської області за 2023 р. URL: <http://www.menr.gov.ua/content/article/5980>.

2. Узагальнені дані протоколів досліджень Лабораторії моніторингу вод Західного регіону Дністровського БУВР.

3. Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 14.01.2019 № 5.

СЕКЦІЯ 2

НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ

ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАФТОЗГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНУ ЗАПАДИНИ ПО

Гірна Антоніна Йосипівна, студентка групи НЗГ-24-1

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Нафтогазоносний басейн западини По розташований у північній Італії (рис. 1а), і є передгірським осадовим басейном на зчленуванні Південних Альп і Північних Апеннін та одним із найвідоміших нафтогазоносних басейнів у континентальній Європі. Стратиграфічний розріз басейну складається із карбонатно-теригенних відкладів товщиною від 4000м до 10000м, у яких видобуваються нафта і газ з різних стратиграфічних одиниць. Тут глибокостанурені мезозойські карбонатні відклади є основним пріоритетом для пошуково-розвідувальних робіт на нафту, а у розташованих над ними теригенних відкладах міоцену, пліоцену і плейстоцену, в основному, свердловини буряться для пошуку неглибоко залягаючих покладів газу.

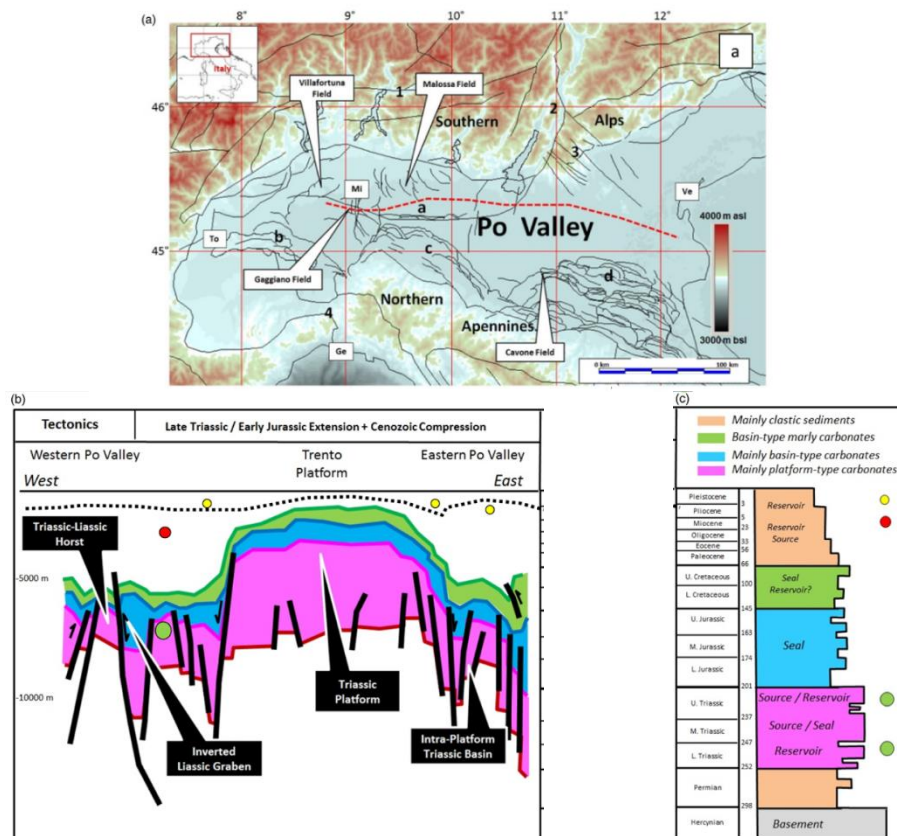


Рисунок 1. Регіональне розташування, тектоностратиграфічна структура та нафтова система осадового басейну западини По [1]

(а) Карта розташування досліджуваної території, основних нафтових родовищ мезозойського рівня та великих міст (Мі, Мілан; То, Турин; Ге, Генуя; Ве, Венеція); а - Міланська тектонічна дуга;

б - Монферратська тектонічна дуга; с - Емліійська тектонічна дуга; д - Феррарійська тектонічна дуга; Тектонічні зони: 1 - Інсубрійська; 2 - Джудікарійська; 3 - Шіо-Віченца; 4 - Сестрі-Вольтаджо.

(б) Структурний поперечний переріз (червона пунктирна лінія на (а)) через досліджувану територію, що показує сучасну геотектоніку основних структурних елементів та розподіл вуглеводнів. (с) Основні стратиграфічні одиниці; стратиграфія та розподіл вуглеводнів: **жовте коло** — переважно біогенний газ; **червоне коло** — термогенна нафта в третинних відкладах; **зелене коло** — термогенна нафта та конденсат у триасових карбонатах.



Геологічна будова осадового басейну западини характеризується складною системою прогинів, яка розвивалася одночасно із прадавними передгірськими та гірськими поясами Північних Апеннін та Південних Альп. Протягом мезозойської та кайнозойської епох долина річки По зазнавала впливу розтягувальних та стискальних тектонічних рухів (рис. 1b). Ці тектонічні рухи пов'язані з тривалими геодинамічними ефектами, спричиненими розривом і дрейфом океану Тетіс, а також подальшою океанічною субдукцією і зіткненням Адріатичної та Євразійської плит. Сучасна структурно-тектонічна будова западини є результатом мезозойського розширення та кайнозойського стиснення. Від палеогену до сьогодення розвиток та розширення поясів Північних Апеннін і Південних Альп контролювалось диференційованим згинанням літосфери Великої западини По. З цим пов'язане і нахилення та випинання передгір'я, швидке осадження потужних відкладів у передгір'ї та їх послідовне залучення до утворення тектонічних блоків.

В основному, в міоцен-плейстоцені домінують поперечні зсуви неглибокозанурених третинних відкладів, тоді як значна частина основи басейну (мезозой і фундамент) піддається дії декомпресійних тектонічних сил з автохтонними підняттями та зануреннями, пов'язаними з розтягуваннями, які частково активувалися в результаті стискання. Взаємодія між структурами, пов'язаними з розтягуванням (приблизно з півночі на південь), та структурами, пов'язаними зі стисканням (загалом із заходу на схід), є основною характеристикою осадового басейну По, який, з огляду на розподіл землетрусів, вважається більш активною тектонічною провінцією в міру переміщення із заходу на схід.

Основні стратиграфічні одиниці в басейні складаються з карбонатів тріасової платформи та карбонатів юрського-крейдового періоду платформи та басейну, покритих третинними уламковими породами (рис. 1c). Ця осадова товща, перекидає пермські відклади та їх герцинський метаморфічний фундамент (рис. 1c), який був розкритий декількома свердловинами в басейні По і спостерігаються виходи на денну поверхню в районах Південних Альп і Північних Апеннін.

Пошуки та розвідка вуглеводнів у осадовому басейні западини По розпочалися в першій половині ХХ століття. Після Другої світової війни дослідження поступово охопили північний схід басейну, а використання геофізичних досліджень свердловин і лабораторних досліджень кернів, розвиток сучасних мікропалеонтологічних методів і, особливо, отримання сейсмічних даних дозволили вивчити і закартувати більш глибокі об'єкти. Це призвело до буріння свердловини Caviaga 1 (глибина 1404м) та відкриття у 1944 році першого газового родовища в басейні западини По, яке було на той час найбільшим в Західній Європі. У період з 1945 по 1982 роки результати проведення інтерпретації цифрових сейсмічних даних дозволили отримати зображення глибоких горизонтів, що також сприяло отриманню нових даних щодо глибинної геологічної будови та літології гірських порід та пов'язаних з ними фільтраційно-ємнісних властивостей. У 1980-х роках нові методики дозволили провести детальний аналіз сейсмостратиграфії та пов'язаних з нею структурних умов і геологічної будови басейну. Співставлення кореляцій свердловин з інтерпретацією сейсмічних даних сприяла створенню регіональної структурної карти основи пліоцену. З 1973 по 1984 рік розвідка покладів вуглеводнів у мезозойських карбонатах продовжувалася завдяки вивченню як насувових структур, що утворилися під час альпійського орогенезу, так і результатам буріння глибоких свердловин у мезозойських структурних підняттях, що утворилися в результаті тріасово-ліасового гороутворення. Ці роботи призвели до відкриття чотирьох великих родовищ вуглеводнів, а саме родовищ Малосса (газоконденсатне), Кавоне, Гаджано і Віллафортуна (нафтові). Останнє є одним з найбільших нафтових родовищ у континентальній Європі, де на сьогодні видобуто 226 млн барелів легкої нафти з рекордної глибини 6000 м.

Таким чином, сьогодні нафтогазоносний басейн западини По є ще недостатньо дослідженим регіоном і готовим до подальшого освоєння, за допомогою використання новітніх геолого-геофізичних технологій, інтегрованих із розширеними знаннями про геологію басейну.



Список використаної літератури:

1. Vannoli, P., Burrato, P. & Valensise, G. 2014. The seismotectonics of the Po Plain (northern Italy): tectonic diversity in a blind faulting domain. *Pure and Applied Geophysics*, **172**, 1105–1142.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРИРОДНОЇ ПІДЗЕМНОЇ ВОДИ С. БИТКІВ

Гірна Антоніна Йосипівна, студентка групи НЗГ-24-1

Асистент Мислюк Ірена Василівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Для визначення хімічного складу вод, виявлення та оцінки їх корисних та шкідливих властивостей проводять хімічні аналізи підземних вод. У залежності від задач досліджень повнота і характер аналізу можуть бути різними.

З метою визначення загальної характеристики води, достатньої для висновку про її іонно-сольовий склад і для класифікації проводять загальний аналіз води. Загальний аналіз включає визначення шести основних компонентів води (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), густини і рН води і називається ще стандартним або шестикомпонентним [1].

Для дослідження було відібрано воду з джерела, що знаходиться в с. Битків Надвірнянського району Івано-Франківської області, неподалік від бази «Факел», на якій ми проживали під час проходження геолого-знімальної та навчальної ознайомчої нафтогазопромислової практик. Місцеве населення також набирає воду з цього джерела, тому цікаво було дослідити воду на придатність до вживання, порівнявши отримані показники з гранично допустимими концентраціями.

Метою даної роботи є дослідження якості ґрунтової підземної води з джерела в с. Битків (Надвірнянський район Івано-Франківська область).

Переді мною було поставлене завдання визначити основні фізичні і хімічні властивості підземної води, а також визначити вміст хлорид іонів, іонів кальцію та магнію, загальну лужність, тобто вміст карбонатів та гідрогенкарбонатів, а також вміст сульфат-іонів у воді.

Досліджуючи фізичні властивості досліджуваної підземної води, можна сказати, що дана вода є прозорою, без кольору, без запаху, без смаку. Густина води визначена за допомогою ареометра і становить 996 кг/м^3 .

Щодо хімічних властивостей, то за допомогою приладу рН-метр ADWA AD 1030 були визначені показники рН, Eh.

Реакція середовища, тобто лужно-кислотні властивості води визначаються концентрацією водневих іонів. рН води становить 6,7, отже середовище кисле.

Окислювально-відновний потенціал – Eh – є мірою окисно-відновної здатності системи. Оскільки значення Eh становить $+220 \text{ mV}$, отже геохімічна обстановка окисна.

Сумарний вміст розчинених у воді іонів солей і колоїдів характеризує ступінь мінералізації води. Вона переважно виражається у грамах на 1 літр (дм^3) розчину.

Мінералізація або сухий залишок був визначений після випаровування відповідного об'єму досліджуваної води. Величина сухого залишку становить $0,4 \text{ г/дм}^3$, отже, згідно класифікації Вернадського, це води прісні.

Визначення хлорид іонів проводилося методом титрування $0,1 \text{ н}$ розчином аргентум нітрату в присутності індикатора калій хромату. Вміст хлорид іонів становить 2 мг-екв/л , що складає 71 мг/л . Оскільки даний показник знаходиться в межах гранично-допустимої концентрації (до 350 мг/л), то за вмістом хлорид іонів вода придатна до вживання.

Сумарний вміст іонів кальцію і магнію (загальна твердість води) проводилося методом титрування $0,1 \text{ н}$ розчином трилону Б у присутності індикатора хромогену чорного. Провівши відповідні розрахунки, отримали, що сумарний вміст іонів кальцію і магнію становить 4 мг-екв/л . Оскільки даний показник знаходиться в межах гранично-



допустимої концентрації (3-7 мг-екв/л; інколи дозволяється до 10 мг-екв/л), то можна зробити висновок, що вода придатна до вживання. Вміст іонів кальцію також проводилося методом титрування 0,1 н розчином трилону Б у присутності індикатора мурексиду. Даний показник становить 2,5 мг-екв/л, що складає 50 мг/л. Вміст магній іону розраховуємо аналітичним шляхом, як різницю між сумарним вмістом кальцію і магнію і вмістом кальцію. Даний показник складає 1,5 мг-екв/л, що складає 18,3 мг/л.

Визначення загальної лужності підземних вод проводилося методом титрування проби води соляною кислотою. У результаті проведених аналізів вміст карбонатів у воді становив 1 мг-екв/л, що складає 60 мг/л. Вміст гідрогенкарбонатів становив 3,5 мг-екв/л, що складає 213,5 мг/л. Отже разом 4,5 мг-екв/л, тобто знаходиться в межах гранично допустимої концентрації (для питної води загальна лужність повинна складати 0,5-6,5 мг-екв/л).

Для визначення сульфатів у підземних водах проводять фотометричне титрування розчину за допомогою титриметра. У результаті досліджень встановлено, що вміст сульфатів у досліджуваній воді становить 0,5 мг-екв/л, що відповідно складає 213,5 мг/л (границя допустимої концентрації сульфатів складає 500 мг/л).

Результати хімічного аналізу природних вод, зображені у ваговій іонній, еквівалентній і процент-еквівалентній формах зводимо у загальну таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати хімічного аналізу підземної води з джерела с. Битків

Іони		Коефіцієнт перерахунку	Вміст, мг/л	Еквівалентний вміст	
				мг-екв	%
Катіони	Na ⁺ +K ⁺ за різницею	0,04348	69	3	21,4
	Ca ²⁺	0,04990	50,0	2,5	17,9
	Mg ²⁺	0,08224	18,3	1,5	10,7
	Разом:	-	-	7	50
Аніони	Cl ⁻	0,02820	71	2	14,3
	SO ₄ ²⁻	0,02082	24	0,5	3,5
	CO ₃ ²⁻	0,01666	60	1	7,2
	HCO ₃ ⁻	0,01639	213,5	3,5	25
	Разом:	-	-	7	50

Вміст натрію розраховуємо аналітичним шляхом.

Використовуючи цю рівність, можна визначити вміст натрію, одного з шести основних іонів при аналітичному визначенні п'яти інших.

$$rNa' = (rCl' + rHCO_3' + rCO_3'' + rSO_4'') - (rCa'' + rMg'')$$

Якщо аніони і катіони дані у еквівалентній формі, то за принципом електронейтральності розчинів сума катіонів завжди має бути рівна сумі аніонів.

$$\sum ra = \sum rk$$

Хімічний склад природних вод прийнято виражати у ваговій іонній, еквівалентній і процент-еквівалентній формах.

Процент-еквівалентна форма є модифікацією еквівалентної форми. Вона показує відносний вміст кожного іону в загальній сумі розчинених іонів. Сума катіонів, що дорівнює сумі аніонів, складає 50%.

Для наочного зображення хімічного складу вод застосовують формулу Курлова [1]. У даному випадку вона матиме вигляд



$$M_{0,4} \frac{HCO_{3(25)} Cl_{(14)} CO_{3(7)} SO_{4(4)}}{Na_{(21)} Ca_{(18)} Mg_{(11)}} pH 6.7; Eh + 220; T + 11$$

Тип води: гідрокарбонатна натрієва.

Отже можна зробити висновок, що за фізичними властивостями досліджувана вода, яка відібрана з джерела с. Битків є прозорою, без кольору, без запаху, без смаку. Густина води становить 996 кг/м³, температура 11°С. Щодо хімічних властивостей – значення рН=6,7 – середовище кисле, значення Eh=+220 mV – геохімічна обстановка окисна. Мінералізація становить 0,4 г/дм³ – вода прісна.

Вміст хлорид іонів становить 71 мг/л. Загальна твердість (Ca²⁺+Mg²⁺) – 4 мг-екв/л. Загальна лужність становить 4,5 мг-екв/л. Вміст сульфатів у воді становить 213,5 мг/л. Порівнявши дані показники з гранично допустимими, можна сказати, що вода є придатна до вживання. Тип води – гідрокарбонатна натрієва.

Список використаної літератури:

1 Дубей Н.В. Гідрогеологія та інженерна геологія: навчальний посібник. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 262 с.

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА НАФТОВОГО РОДОВИЩА ФОРТІЕС

Гнатик Андріана-Катерина Романівна, студентка групи НЗГ-23-1

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Нафтове родовище Фортіес, відкрите компанією British Petroleum у 1970 році, і є найбільшим нафтовим родовищем на континентальному шельфі Великої Британії (рис.1). Воно розташоване у зануреній зоні з резервуаром, який представлений палеоценовим турбідитовим пісковиком. Видобувні запаси родовища склали від 560 до 670 мільйонів тон нафти, з яких 370 млн. тон видобуто до червня 2024 року.

Родовище Фортіес, розташоване ближче до північного краю Центрального грабена Північного моря. Структурна форма пастки являє собою низькорельєфне антиклінальне замикання, що утворилося в результаті сидиментаційного ущільнення над нижче залягаючим тріасово-юрським внутрішньобасейновим підняттям.

Родовище знаходиться над підняттям Фортіес-Монтроз, яке утворене потужними вулканічними породами середньої юри, перекритими тонким шаром відкладів верхньої крейди. Під крейдою в районі підняття Фортіес-Монтроз не спостерігається жодного покладу вуглеводнів. Однак розломи на схилах підняття обмежують розвиток пісковика верхньоюрської формації Фулмар та формації Кіммериджських глин. Там знаходиться не величке родовище Бахус, яке має резервуар у формації Фулмар і розташоване на схід від підняття Фортіес-Монтроз.

Резервуар Фортіес утворився у відносно глибокому місці на підводному конусі винесення регіональної формації Фортіес. З самого початку вивчення цього родовища було виявлено складну внутрішню будову пласта-колектора з лінійно витягнутими високопродуктивними піщаними тілами, що розповсюджуються горизонтально і вертикально в обмежених непроникними породами у нижніх продуктивних турбідитових відкладах. Ця внутрішня неоднорідність резервуару була ключовим фактором, що дозволив продуктивним пластам залишатися літологічно обмеженими і сприятливими для накопичення покладів нафти.

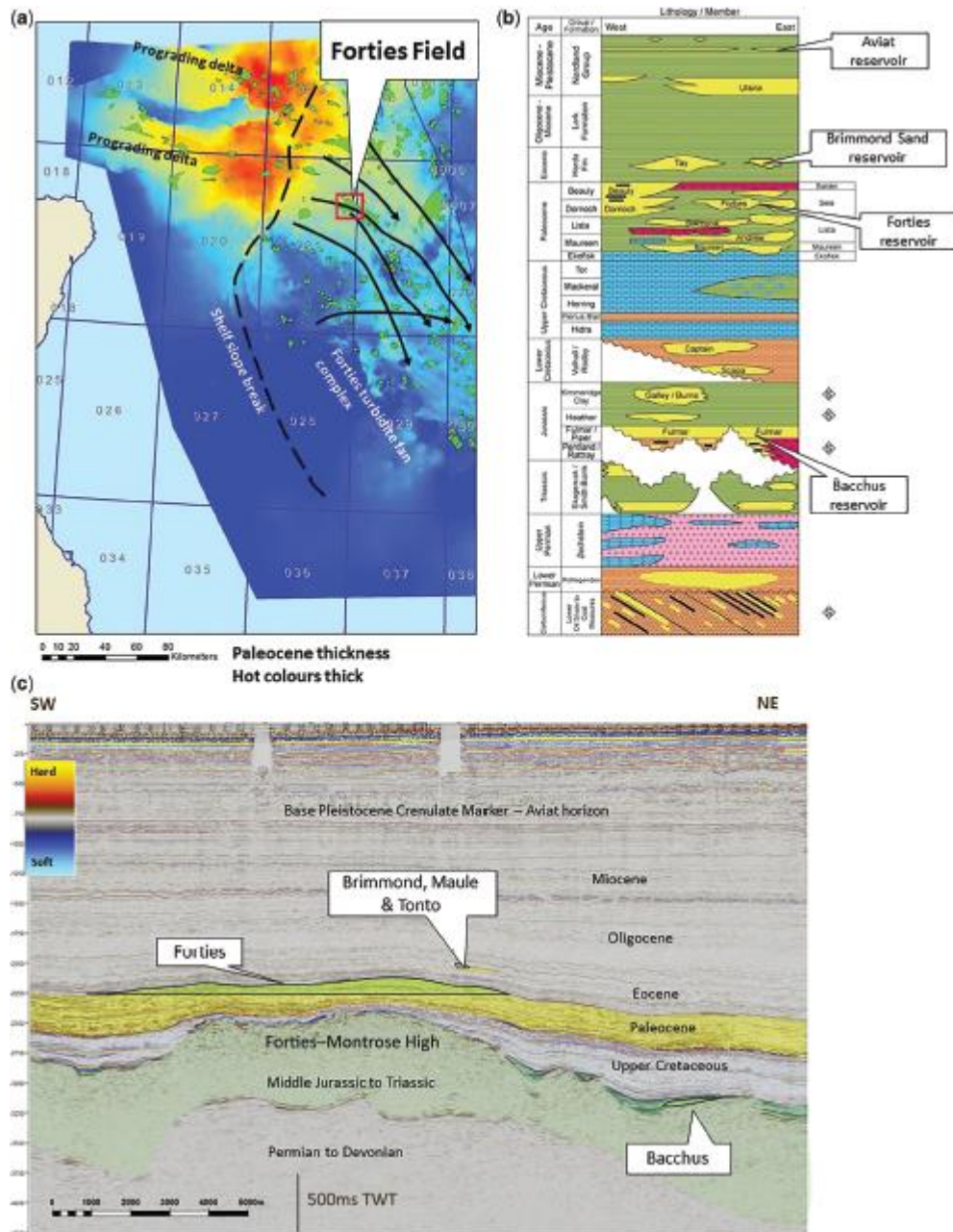


Рисунок 1. Регіональне положення зони нафтонагромадження Фортієс:

*a – положення родовища Фортієс у регіонально розповсюджених палеоценових відкладах;
b - стратиграфічна колона Центрального грабена. Позначено резервуари родовища Фортієс та сусідніх родовищ; c - сейсмічний розріз південно-західного напрямку, на північному сході через структуру Фортієс, що зображає структурну форму пасток родовищ регіону.*

На родовищі Фортієс накопичення колектора припинилося після затоплення біля основи сланцю Селе. Вище цього високого гамма-маркера, поверхні максимального затоплення Фортієс, розріз еоцен-пліоцену майже повністю складається зі сланцю з чітко вираженою багатшаровою будовою (рис.2). Винятком є тонкі еоценові піски, знайдені на східному схилі родовища, які називають Бріммондськими формації Хорда. Вони є колектором для родовищ Бріммонд, Мауле та Тонто.

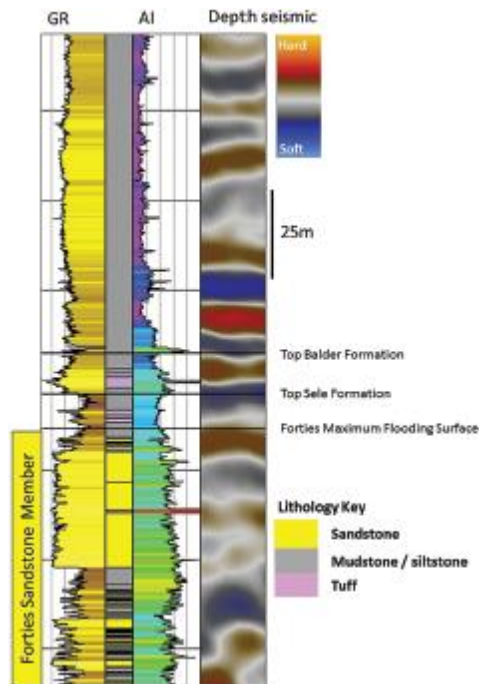


Рисунок 2. Результати акустичного каротажу на родовищі Фортієс

Таким чином, нафтове родовище Фортієс є найбільшим родовищем, яке відкрито на континентальному шельфі Великобританії. Складна літологічна будова колектора не вплинула на формування потужної нафтонасиченої товщі родовища. Виявлення навколо родовища Фортієс родовищ нафти з малими за розмірами покладами свідчить про високі перспективи зони нафтонакопичення, що відноситься до грабеноподібного утворення регіонального масштабу.

Список використаної літератури:

1. ROSE, P.T.S. & PYLE, J.P. 2014. *The habitat of bypassed pay in the Forties Field*. In: MCKIE, T., ROSE, P.T.S., HARTLEY, A.J., JONES, D.W. & ARMSTRONG, T.L. (eds) 2015. Tertiary DeepMarine Reservoirs of the North Sea Region. *Geological Society, London, Special Publications*, 403, 333–354.

БУКІВЕЦЬКІ СКЛАДКИ – ТИПОВИЙ ПРИКЛАД СКЛАДЧАСТО-НАСУВНИХ СТРУКТУР КАРПАТСЬКОГО ТИПУ

Гнатишин Маркіян Любомирович, студент групи ЛГс-11

Науковий керівник: викладач Криволап Наталія Миколаївна

Прикарпатський фаховий коледж лісового господарства та туризму

Об'єкт розташований на лівому березі р. Сукіль на північній окраїні села Буківець, 16 км на південний захід від міста Болехова.

З тектонічного погляду район належить до Сколівської скиби Скибового покриву Українських Карпат. Тут відклади стрийської світи пізньої крейди й нижнього палеогену (85-65 млн. р. тому) зім'яті в складки та розірвані насувами. Річка Сукіль перетинає 5 скиб Скибового покриву.

Відслонення можна оглянути на протилежному березі річки Сукіль нижче і вище від мосту впродовж 50 м. Довжина відслонення від 50 м, середня висота 9-10 м, шари різні, неоднотипні потужністю 10-30 см.

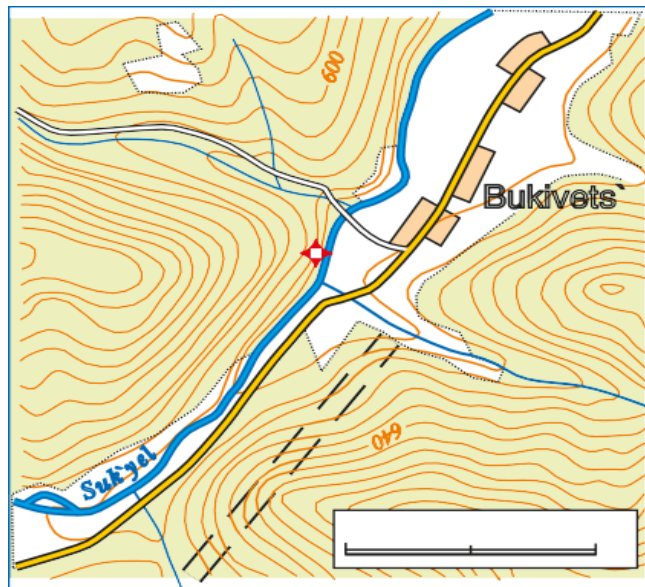


Рисунок 1. Карта локалізації

У фронтальній частині кожної скиби виходять на поверхню верхньокрейдові флішові відклади, які на південний захід змінюються палеогеновими породами – масивними пісковиками каменської світи та товщею перешарування чорних *аргілітів та пісковиків* мелнітової світи. Товщина пісковикових пластів – до 40 см, аргілітів – до 8 см.

Верстви, назагал, падають на південний захід. Подекуди, пісковики містять уламки вугілля завбільшки до 5 см, а в лівій частині відслонення серед аргілітів – прошарки вугілля товщиною до 3 см. Нижня поверхня пісковиків – це зліпок з поверхні дна моря, зритою каламутними потоками. Валики різної форми на цій поверхні називаються *меканогліфами*. Вони дають змогу визначити консистенцію та напрямок перенесення потоків осадового матеріалу на морському дні.



В потужних пластах пісковиків видно зміну умов осадонагромадження. Її можна простежити за зміною градаційної шаруватості скісною, а потім – хвилясто-паралельною (конвolutною), що свідчить про швидке заспокоєння морського басейну після сходження каламутного (турбідитного) потоку з крутого схилу морського дна. Породи розбиті великою кількістю тріщин. Тріщини виникають одразу після літифікації порід (перетворення осаду на породу). Їхня закономірна орієнтація дає змогу виявити напрямки сил, які діяли у процесі переміщення гірських мас при формуванні структури гірської системи.



Тут також спостерігаються тектонічні дзеркала ковзання – невеликі розривні порушення, що несуть на своїх поверхнях сліди взаємного тертя сусідніх переміщуваних блоків. Їхнє вивчення допомагає визначити етапи й напрямки переміщень. Наявність тріщин, виповнених кальцитом, вказує на суттєву роль водних розчинів при формуванні складок та насувів.



Спочатку верстви залягали горизонтально (1). Тектонічні переміщення відбувалися з заходу на схід і в результаті горизонтального стиснення товщі сформувалися дві складки (2). По тріщинах, що утворились на цьому етапі, почали розвиватися розривні порушення – насуви (3). Також насуви утворювалися й уздовж напластування. Подальше стиснення й ускладнення складчасто-насувної структури надало відслоненню його сучасного вигляду (4).

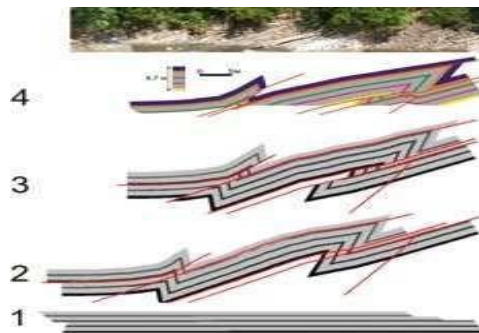


Рисунок 2. Схема формування Буківецьких складок

Внаслідок деформацій довжина товщі скоротилась на 20%. Відслонення – чудовий приклад моделі формування Зовнішніх Карпат, по суті – це Карпати в мініатюрі. Тектонічні переміщення, які викликали формування цього відслонення, були наслідком глобальних процесів переміщення літосферних плит.

Список використаної літератури:

1. Бубняк І., Солецькі А. Геотуристичний путівник по шляху Гео-Карпати (Кросно-Борислав-Яремче) – Кросно: Ruthenus. – 144 с.
2. Гнилко О. М. Геологічна будова та еволюція Українських Карпат. Автореф. дис. д-ра геол. наук. – Львів, 2016. – 44 с.
4. Лещук Р.Й., Пащенко В.Г., Смішко Р.М. Геологічна практика на Поділлі і в Українських Карпатах: Навч.-метод. посібн. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. –190 с.
3. Михайлов В. А. Геологія України: навч.посіб. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2023. – 160 с.



ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ВИБУХОВИХ РОБІТ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Дівончук Христина Андріївна, студентка групи НЗФ-24-1

Доцент кафедри НГГ Розловська Світлана Євгеніївна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У сучасних умовах сейсмозвідка посідає провідне місце серед геофізичних методів, що застосовуються під час пошуків родовищ нафти й газу. Це метод дослідження земної кори, який ґрунтується на вивченні закономірностей поширення в товщі гірських порід пружних хвиль, створених вибуховими або невибуховими джерелами. Сейсмозвідка є необхідною для вивчення рельєфу кристалічного фундаменту, пошуку структурних пасток вуглеводнів, виявлення рудних тіл, прогнозування будови геологічного розрізу, складу і флюїдного насичення порід, а також для визначення тектонічних порушень, карстових порожнин і рівня підземних вод.

Протягом останніх десятиліть методи сейсмічних досліджень постійно вдосконалюються, і сьогодні у більшості випадків застосовують імпульсні або віброджерела. Однак у складних природних умовах (гірські райони, лісисті ділянки, пересічений рельєф) вибухові методи залишаються незамінними. Їх використання, безумовно, пов'язане з певним впливом на довкілля, що зумовлює необхідність дотримання суворих екологічних вимог. Тому метою наших досліджень було визначення екологічних наслідків вибухових робіт у сейсмозвідці та шляхів їх мінімізації відповідно до чинних нормативів безпеки.

Вибухові роботи у сейсмозвідці можуть спричинити механічне та хімічне порушення ґрунтів і рельєфу, забруднення поверхневих і підземних вод, викиди пилу та бруду в повітря, створювати шумово-вібраційний стрес для флори й фауни, а також потенційно впливати на інфраструктуру поблизу місць досліджень.

Разом з тим, проведення вибухових робіт регламентується низкою чинних нормативних документів [1-5], що визначають проведення вибухонебезпечної діяльності.

Вивчення діяльності сейсмозвідувальних партій показує, що на практиці питання екологічної безпеки та охорони праці перебувають під постійним контролем. Перед початком робіт проводиться раціональне планування – попередня оцінка впливу на довкілля та вибір безпечних місць для підривів з урахуванням природоохоронних і санітарних зон. Для зменшення негативного впливу на довкілля застосовують групування малопотужних зарядів, використовують також бездимні або емульсійні вибухові речовини. На рисунку 1 наведено результати оцінки наслідків вибухових робіт, що демонструють відсутність значних порушень природного середовища після виконання комплексу запобіжних заходів.

Також контролюються умови проведення вибухових робіт виключно у світлу пору доби з дотриманням охоронних відстаней і заборонаю доступу сторонніх осіб. Здійснюються суворий екологічний моніторинг (вимірювання рівнів шуму, вібрацій, контролювання стану ґрунтів і вод, недопущення потрапляння вибухових залишків у довкілля). Після завершення робіт проводиться обов'язкова рекультивация території.

Отже, дотримання вимог існуючих нормативів забезпечує мінімальний рівень шкідливого впливу на природне середовище. Таким чином, сучасна сейсмозвідка із застосуванням вибухових методів базується на принципах екологічно відповідального виробництва та сталого природокористування.



Рисунок 1. Візуальна оцінка наслідків вибухових робіт

Список використаної літератури:

1. НПАОП 0.00-1.66-13 «Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення»: [PDF-версія zakon.isu.net.ua+1](#)
2. Технічні правила ведення вибухових робіт на денній поверхні (Наказ №469, 18.07.2013). [Про затвердження Технічних прави... | від 18.07.2013 № 469](#)
3. Правила використання повітряного простору України / Авіаційні правила (пункт про зони вибухонебезпечної діяльності — 600 м). [avia.gov.ua+1](#)
4. ДСТУ 4105-2002 та інші стандарти з класифікації вибухових матеріалів. [dstu 4105-2002.pdf](#)
5. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». [Про охорону навколишнього п... | від 25.06.1991 № 1264-XII](#)

ЗАСТОСУВАННЯ R2V ДЛЯ ОЦИФРУВАННЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

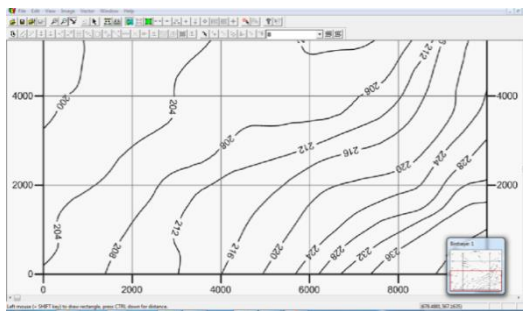
Довженко Артем Володимирович, ст. гр. НЗФ-24-1

Доцент кафедри НГГ Габльовський Богдан Богданович

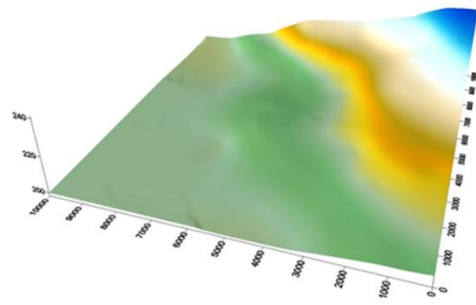
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Сучасна геологічна та геофізична практика характеризується накопиченням значних обсягів аналогових матеріалів — карт, профілів, структурних розрізів, каротажних діаграм тощо. Для їх інтеграції у сучасні геоінформаційні системи (ГІС) необхідно переведення графічної інформації у цифрову форму. Процес такого перетворення називається оцифруванням або векторизацією.

Одним із найбільш ефективних інструментів для цих завдань є програмний продукт R2V (Raster to Vector), який забезпечує автоматизоване перетворення растрових зображень у векторні об'єкти (рис.1) з подальшою можливістю редагування та геопросторової прив'язки. Програма підтримує широкий спектр форматів зображень і дозволяє з високою точністю відтворювати контури геологічних структур, геофізичних аномалій, профілів та карт із растрових сканів.



а)



б)

Рисунок 1. Робоче вікно програми R2V із зображенням фрагменту структурної карти (а) та результат оцифрування структурної карти в аксонометричному зображенні (б).

Застосування R2V у геолого-геофізичних дослідженнях дає змогу:

- відновлювати старі паперові матеріали у цифровій формі;
- створювати векторизовані моделі геологічних карт та структурних схем;
- інтегрувати результати у сучасні ГІС та програми моделювання родовищ;
- проводити подальшу обробку та аналіз у середовищах Surfer, ArcGIS, QGIS, Petrel, GeoGraphix тощо.

Точність оцифрування у середовищі R2V суттєво залежить від якості вихідного растрового зображення, масштабу карти та налаштувань векторизації. Використання комбінованого режиму (автоматизованого з подальшим ручним уточненням) дозволяє досягти оптимального співвідношення між швидкістю роботи та точністю відтворення лінійних і площинних об'єктів.

Використання технології R2V у процесі оцифрування геолого-геофізичної інформації є важливим етапом переходу від аналогових форм подання даних до цифрових. Це забезпечує підвищення якості геопросторових баз даних, скорочення часу обробки та створення єдиного інформаційного простору для геологічних досліджень і прогнозування ресурсів надр.

Список використаної літератури:

R2V User's Manual. Advanced Raster to Vector Conversion Software. Able software corp. 2021., 167р.



ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТА НЕОТЕКТОНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАКАРПАТСЬКОГО ВНУТРІШНЬОГО ПРОГИНУ

Ахтемійчук Ярослав Васильович, студент групи НЗГ-24-1

Асистент кафедри ГРН, Ужрак Ліна Василівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Закарпатський внутрішній прогин займає всю рівнинну частину однойменної адміністративної області, тільки посередині її височать вулканічні гори, (Великий Шоллес). Цей майже меридіональний відрізок Вигорлат-Гутинської вулканічної гряди ділить весь прогин на дві складові частини, що мають досить істотні структурні відмінності. На захід від нього розташована Чопська, або Чоп-Мукачівська западина, а на схід – Солотвинська, яку іноді називають Мармароською або Верхньотисенською. Вулканічні ж утворення що складають низькогірні хребти, від цього району простягаються по периферії Чопської западини, місцями повністю перекриваючи зону Пенінських Стрімчаків і по південній периферії Солотвинської западини (район Берегово та ін.) намічаються деякі відмінності в геологічній будові, що дозволяє зарахувати цю територію вже до іншого самостійного, більш південного великого тектонічного елемента, відомого в нас як Панонська западина, або Панонський серединний масив.

Тривалий час у Закарпатському прогині зовсім не було ніяких відомостей про відклади, давніші від міоцену, оскільки вони ніде не виступають на денну поверхню. Величезна рівнина Закарпаття вкрита потужним плащем сучасних і пліоценових відкладів, і тільки в області, що межує з зоною пенінських стрімчаків, виходять утворення міоцену. Лише у зв'язку з пошуково-розвідувальними роботами на нафту і газ в останні роки були одержані принципово нові дані, що дозволили висвітлити глибинну будову прогину, встановити і вивчити палеогенові, крейдові і більш давні нашарування.

За сучасними уявленнями, вся товща геологічних утворень поділяється тут на дві частини. Нижню, ще не досить вивчену, складають гірські породи, що утворюють доміоценовий, тобто домоласовий субстрат або фундамент прогину. Верхню частину складають осадові серії неогену, які є типовою моласовою формацією, що сформувалася в западині за рахунок активної денудації гірської споруди Карпат, яка піднімалася.

Закарпатський прогин в міоценовий час представляв область інтенсивного прогинання, який сформувався у внутрішній частині Карпатської гірської споруди, яка інтенсивно піднімалась і заповнювалась потужною товщею моласових та ефузивних утворень. За даними багатьох карпатських дослідників, прогин сформувався у внутрішній частині Карпатської гірської споруди, яка інтенсивно піднімалась і заповнювалась потужною товщею моласових та ефузивних утворень. За даними багатьох карпатських дослідників, прогин сформувався на південно-західному, дуже опущеному по молодих розривах крилі складного асиметричного мегаантиклінорію Східних Карпат, ядро якого складають Мармароський кристалічний масив і «стрімчакові» виходи юри.

Розломи, які пересікають фундамент, багато разів служили підвідними каналами для магматичних порід. Вздовж північно-східного борту неогенної області прогинання по лінії Перечин-Приборжавське прослідковується Вигорлат-Гутинська гряда ефузивів, яка косо пересікає весь Закарпатський внутрішній прогин, розділяючи його на дві частини, відомі в літературі під назвою Солотвинської на сході і Чоп-Мукачівської на заході западин. Такий поділ є дещо умовним, так як в тектонічному відношенні вони не представляють самостійних геолого-структурних одиниць, на що вказують приблизно одні і ті ж глибини залягання фундаменту та аналогічний літологічний характер міоценових відкладів. Суттєва відмінність в характері їх будови полягає в широкому розвитку на території південно-східної частини прогину соляно-купольної тектоніки. Діапірові структури групуються там в одну смугу, витягнуту в загальнокарпатському напрямку з південного сходу на північний



захід по лінії Солотвино-Данилово. По обидва боки від цього підняття спостерігаються крупні синклінальні прогини.

Тектоніка Закарпатського внутрішнього прогину до останнього часу уявлялась досить простою. Прогин трактувався як молода, накладена западина, що сформувалась на опущеному південному крилі Карпатської мегаантикліналі. Але, як показали наслідки глибокого буріння, будова і склад утворень фундаменту прогину принципово відрізняються від структури і складу порід північного крила антиклінорію. За сучасними уявленнями структура прогину досить складна. Від Зовнішніх Карпат він відділяється Закарпатським глибинним розломом, який складають зони пенінських і мармароських стрімчаків, а від Панонського масиву - зоною Припанонського глибинного розлому, який простягається вздовж Гутинської гряди через Вишкове, Виноградів, Берегове далі на захід.

У складі фундаменту є герцинські та альпійські складчасті комплекси, що мають дуже складну блокову будову, особливо яскраво виражену у Чопській западині. Але складність будови фундаменту не вичерпується тільки подрібненням його на блоки. Як показали наслідки буріння глибокої свердловини Солотвина-4, вона набагато складніша. Тут під комплексом крейдових порід охарактеризовані палеонтологічно відклади палеогену. Це свідчить про розвиток інтенсивних складчастих і розривних дислокацій у переднеогеновий час. Бурінням також встановлено, що основою моласових відкладів у північній частині прогину служать утворення пенінських стрімчаків.

Будова верхнього неогенового структурного поверху, на відміну від нижніх, дуже проста. На загальному фоні утворень неогену, що залягають полого, відмічається ряд спадистих синклінальних і антиклінальних складок різної величини. Частина останніх є об'єктом для пошуків і розвідки родовищ нафти і газу.

ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАРПАТСЬКОЇ МІНЕРАЛОГІЧНОЇ ПРОВІНЦІЇ

Гериш Анна Михайлівна, студентка групи НЗГ-25-1

Асистент кафедри ГРН, Медвідь Мар'яна Ігорівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Карпатська мінералогічна провінція охоплює український частину Карпатської складчастої споруди та вирізняється значною різноманітністю мінеральних формацій. У її межах домінують седиментогенні комплекси, тоді як магматогенні, метасоматичні гідротермальні та метаморфогенні утворення трапляються значно рідше. Регіон характеризується розвитком благороднометалевого (золото), сульфідного (поліметали і ртуть), силікатного (цеоліти, каолінові й бентонітові глини), сульфатно-хлоридного зруденіння. Також тут широко поширена вуглеводнева сировина — поклади нафти, газу, вугілля й озокериту. У структурному плані виділяють три субпровінції: Передкарпатську, Складчасто-Карпатську та Закарпатську, що відповідають головним тектонічним зонам регіону.

Передкарпатська субпровінція приурочена до Передкарпатського прогину, який характеризується значною глибиною та заповнений потужною товщею міоценових моласових відкладів. Тут сформувалися три основні мінералогічні райони — Стебницько-Трускавецький, Калуський і Надвірнянсько-Яблунівський.

У Стебницько-Трускавецькому районі зосереджені родовища калійно-магнієвих солей (Стебницьке, Бориславське) та свинцево-цинкової мінералізації, що виникла в умовах галогенних відкладах міоцену. Для перших характерне велике розмаїття соляних мінералів, серед яких досить поширені каїніт і сильвін, галіт і полігаліт. Виявлено багато другорядних мінералів, у тому числі досить рідкісних: шеніт, левейт, карналіт та ін. Свинцево-цинкове зруденіння представлене приховано-кристалічним різновидом сфалериту і галенітом з невеликими домішками піриту, халькопіриту, марказиту і нерудних мінералів самородної сірки, гіпсу, кальциту, арагоніту.



Калуський мінералогічний район охоплює соленосні відклади центральної частини Передкарпатського прогину. Головними мінеральними об'єктами тут є калійно-магнієві соляні родовища Калуш-Голинської групи, пов'язані з галогенними формаціями, і незначна мідна (халькозинова) мінералізація (Калуський Рудопрояр). На соляних родовищах найбільше поширені каїнітовий і сильвінітовий типи руд. Рідше трапляються карналітові й полігалітові руди.

Надвірнянсько-Яблунівському району властивий широкий розвиток мідної мінералізації, у складі якої переважає халькозин, інколи з домішками самородної міді й куприту. Мінералізація пов'язана зі строкатоколірними відкладами нижньостебницької світи міоцену (Надвірнянський, Лотовецький, Лоївський і Яблунівський рудопроярви Делятинської міденосної зони). Виявлене також золоте зруденіння, представлене сучасними алювіальними розсипами (р. Лючка) і давніми золотоносними конгломератами слобідської світи міоцену.

Складчасто-Карпатська мінералогічна субпровінція охоплює центральну частину Українських Карпат, яка складена потужними товщами крейдового і палеогенового флішу, що залягає на рифей-палезойському фундаменті й розділена на низку структурно-фаціальних зон, насунутих одна на одну у вигляді лусок. У межах субпровінції виділено Рахівський і Чивчинський мінералогічні райони та деякі ділянки мінералізації у флішових відкладах крейди й палеогену.

Рахівський і Чивчинський мінералогічні райони розташовані у крайовій північно-західній частині Мармароського кристалічного масиву. Вони належать до герцинської складчастої структури. У Рахівському районі головними мінеральними об'єктами є золоте стратиформне метаморфогенно-гідротермальне і поліметалеве жильне гідротермальне зруденіння. Перше представлене золото-кварц-карбонатним (родовище Сауляк) і золото-кварцовим (рудопроярви Білий Потік, Банський, Тукало та ін.) малосульфідним (пірит, піротин, сфалерит, галеніт, халькопірит, арсенопірит тощо) мінеральними типами, друге переважно кварц-карбонатними жилами та прожилками в метаморфічних породах (рудопроярви Рахівський, Кобилецька Поляна та ін.) з галенітом, сфалеритом і піритом та незначними домішками халькопіриту, арсенопіриту й самородного срібла. У Чивчинському районі головні мінеральні об'єкти це родовища та рудопроярви субграфітових і манганових родоніт-родохрозитових руд, а також стратиформних колчеданових, мідноколчеданових та колчеданово-поліметалевих руд (Прелуки, Чемурний, Перкалаб, Рудний та ін.).

Отже, Карпатська мінералогічна провінція характеризується значною різноманітністю мінеральних комплексів, що зумовлено складною геологічною будовою регіону. У різних районах фіксується прояв мідної, манганової та інших типів мінералізації, що свідчить про високий мінералогічний потенціал Карпат. Загалом регіон є важливим мінералогічним об'єктом, перспективним для подальших пошуків та вивчення корисних копалин.

ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ВОЛИНО-ПОДІЛЬСЬКОЇ НАФТОГАЗОНОСНОЇ ОБЛАСТІ

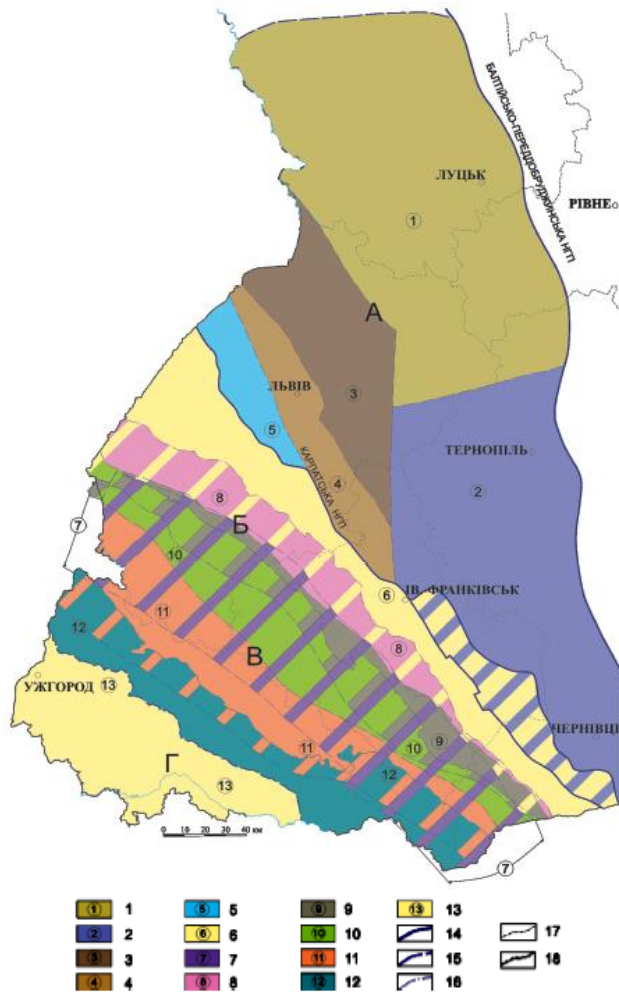
*Гнатик Андріана-Катерина Романівна, студентка групи НЗГ-23-1
Асистент кафедри ГРН, Медвідь Мар'яна Ігорівна,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Волино-Подільська нафтогазоносна область (НГО) (рис. 1) є складовою частиною Західноукраїнського нафтогазоносного регіону та генетично пов'язана з південно-західним краєм Східноєвропейської платформи. В її межах виділяють Львівський палеозойський прогин, Стрийський юрський прогин та Львівську крейдову западину.



Рисунок 1. Карта нафтогазогеологічного районування Західного регіону

1–5 – Балтійсько-Переддобрудзька нафтогазоносна провінція (НГП): А – Волино-Подільська нафтогазоносна область (НГО): 1 – Волинський нафтогазоносний район (НГР), 2 – Подільський перспективний район (ПР), 3 – Бузький газоносний район (ГР), 4 – Нестерівський ПР, 5 – Магерівський район нез'ясованих перспектив (РНП); 6–13 – Карпатська НГП: Б – Передкарпатська НГО: 6 – Більче-Волицький НГР, 7 – НГР Платформного автохтона Карпат, 8 – Самбірський ПР (алохтонний), 9 – Бориславсько-Покутський НГР (алохтонний); В – Карпатська НГО (шар'яж): 10 – Скибовий НГР, 11 – Кросненський НГР, 12 – РНП південного схилу Карпат; Г – Закарпатська НГО: 13 – Мукачівсько-Солотвинський ГР. Границі одиниць нафтогазогеологічного районування: 14 – НГП, 15 – НГО, 16 – НГР, ГР, ПР і РНП, 17 – границі областей, 18 – державний кордон



Доальпійська еволюція Волино-Подільської НГО відбулася при пануванні депресійного геодинамічного режиму. У її північно-східній частині виразно відчутний вплив тектонічної активізації Волинсько-Оршанського авлакогену, а на південному заході – дія горизонтальних тектонічних сил під час завершальних фаз герцинського тектогенезу.

У межах Волино-Поділля можна виділити такі нафтогазоносні комплекси: нафтогазоносний кам'яновугільно-девонський та перспективні силурійський і кембрійський. Крім того, перспективними можуть бути відклади верхнього венду і верхнього рифею та кора вивітрювання кристалічного архейсько-протерозойського фундаменту.

Кам'яновугільно-девонський комплекс відкладів – це єдиний нафтогазоносний комплекс. Тут розташовано два родовища природного газу. На північно-східній перикліналі Львівського прогину розташоване Локачівське, на крайній північно-західній структурі – Великомоствівське газові родовища. Пастки нафти й газу представлені, головним чином, антиклінальними складками.

У південно-західній частині Волино-Подільської НГО зони можливого нафтогазнагромадження приурочені до смуг антиклінальних складок північно-західного простягання, ускладнених підкидо-насувами.

На північному сході НГО вони пов'язані з валоподібними підняттями північно-східного простягання (наприклад, Локацький вал). Найперспективніші ділянки розташовані в зоні перетину Волинсько-Оршанського авлакогена з Балтійсько-Чорноморським перикратоном. Перспективними також можуть бути коралові вапняки девону, які утворюють рифогенні споруди.



Перспективи нафтогазоносності силурійського комплексу пов'язують з органогенними спорудами баговицького, малиновецького і скальського горизонтів. Поховані силурійські рифи простягаються у вигляді вузької субмеридіональної смуги (15–35 км) від Володимир-Волинського розлому через Локачі, Горохів, Олесько, Бучач до кордону з Румунією. Найперспективнішою є північна частина рифової смуги – від Дубненського розлому до Володимир-Волинського. Першочерговими ділянками для проведення геологорозвідувальних робіт на нафту й газ є Локацька, Горохівська й Оглядівська.

Головним перспективним нафтогазоносним комплексом Волино-Подільської НГО вважають кембрійський комплекс відкладів. За оцінкою фахівців, у ньому зосереджено понад 50 % прогнозних ресурсів вуглеводнів. Поклади нафти й газу можуть бути пов'язані як з традиційними антиклінальними пастками, так і з пастками неантиклінального типу, зокрема, зонами виклинювання пісковикових кембрійських горизонтів на підордовицько-силурійську товщу, яку трактують як регіональний екран. У товщі кембрійських відкладів виокремлено п'ять перспективно газоносних горизонтів пісковиків. Найперспективніша ділянка для пошуків вуглеводневих покладів у зонах виклинювання пісковикових пластів на тягнеться з півночі на південь від Володимир-Волинського розлому через Луцьк–Тернопіль до району Чернівців. В її межах передбачають наявність як стратиграфічних пасток нафти й газу, так і літологічно й тектонічно екранованих пасток та їхніх комбінацій.

Верхньовендські теригенні породи, а саме пісковики, можуть бути перспективні в межах Рівненсько-Смотрицького субмеридіонального прогину, розташованого за межами Волино-Подільської нафтогазоносної області.

Як окремий пошуковий об'єкт на нафту й газ є пісковики поліської серії рифею, якими вивпнений Волинсько-Оршанський авлакоген; у них виявлено позитивні ознаки нафтогазоносності. Визначено дві перспективні ділянки: перша розташована на північ від Луцька, друга – у районі між населеними пунктами Львів–Горохів–Нововолинськ. Тут рифейські пісковики перекриті базальтами волинської серії венду, які можуть слугувати покришкою для вуглеводневих покладів.

Отже, у межах Волино-Подільської нафтогазоносної області найперспективнішими є глинисті породи нижнього силуру в межах території, розташованої на захід від силурійської рифової системи. А також виокремлено перспективну Олеську ділянку площею 6000 км² для пошуковорозвідувальних робіт.

ВПЛИВ ДИЗ'ЮНКТИВНИХ ПОРУШЕНЬ НА УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЗОВНІШНЬОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ НА ПРИКЛАДІ ДУБАНЕВИЦЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА

Жеревчук Артем Сергійович, студент групи НЗГ-24-1

Асистент кафедри ГРН, Уграк Ліна Василівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Більче-Волицька зона або північно-західна частина Зовнішньої зони Передкарпатського прогину належить до найкраще вивченої території Карпатської нафтогазоносної провінції. Оскільки всі структури є антиклінального типу, то в перспективі відкриття нових покладів і родовищ пов'язаних з пастками неантиклінального типу тектонічно-екранованими, літологічними.

В зв'язку з цим виникає необхідність детального вивчення будови регіональних порушень, впливу розломів на зміну літолого-фізичних властивостей порід, зональність розподілу покладів вуглеводнів, яка контролюється розломами.

Саме в зонах регіональних розривних порушень відкриті родовища Макунівське, Орховицьке, Верещицьке, Городоцьке, а також Дубаневицьке газове родовище.



Дубаневецьке газове родовище знаходиться в межах Більче-Волицької зони. Структура зони, в цілому, визначається розвитком ряду регіональних розломів (Городоцького, Судово-Вишнянського, Краковецького), а також древнім рельєфом, що формувався в результаті процесів ерозії та розмиву в добаденський час.

В межах Більче-Волицької зони виділені Крукеницька, Косівсько -Угерська та Івано-Франківська підзони на підставі особливостей розповсюдження характерних для Зовнішньої зони баденсько-сарматських відкладів, характеру будови мезозойського чохла та тектонічної природи домезозойського фундаменту.

Дубаневецьке газове родовище розташоване на границі Косівсько-Угерської підзони між Краковецьким та Судово Вишнянським регіональними поздовжніми розломами. Крупні поздовжні розломи були закладені ще в палеозойську еру. В наступні періоди рухи по їх площинах періодично відновлювались у вигляді тектонічних посувань різної інтенсивності і направленості.

Амплітуда всіх тектонічних порушень в неогеновий час поступово зменшується і повністю згасає. Це свідчить про розвиток тектонічних порушень одночасно з нагромадженням баденських та сарматських відкладів.

Від Крукеницької западини Бунівський блок відокремлений Краковецьким регіональним поздовжнім розломом, а з північного сходу від Рогізенського блоку – Судово-Вишнянським регіональним поздовжнім розломом. Саме ці розломи і зумовлюють різноманітність форм структурних поверхів. Аналізуючи кореляцію розрізів свердловин, можна підтвердити можливість встановлення існуючих розломів.

Основними диз'юнктивними тектонічними елементами, які підтверджені сейсмікою і даними буріння, в межах родовища є Судово-Вишнянський та Краковецький розломи.

Регіональний Краковецький розлом представляє собою похилий скид. Амплітуда по мезозойському поверху становить 1000-1500 м, в неогенових відкладах зменшується до 450 та 250 м

Регіональний Судово-Вишнянський розлом є практично вертикальний і прослідковується по гіпсоангідритовому горизонту.

На основі фактичного матеріалу по Дубанівському газовому родовищі можна встановити причини наявності або відсутності тектонічного екранування покладів вуглеводнів та ролі диз'юнктивів у формуванні цих покладів. Це пов'язане, насамперед, з аналізом літолого-стратиграфічних і колекторських властивостей регіону, дослідження прирозломного розташування Дубаневецького газового родовища, а також з аналізом можливих осередків утворення вуглеводнів та шляхів їх міграції до пасток.

ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДНІСТРОВСЬКО-ПРИЧОРНОМОРСЬКОЇ МІНЕРАЛОГІЧНОЇ ОБЛАСТІ

Іванців Марта Андріївна, студентка групи НЗГ-25-1

Асистент кафедри ГРН, Медвідь Мар'яна Ігорівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Дністровсько-Причорноморська мінералогічна область охоплює головним чином осадові товщі з поодинокими проявами ендегенного зруденіння, що утворилися протягом фанерозою у межах Волино-Подільського та Причорноморського прогинів. У її межах виокремлюють дві великі мінералогічні провінції — Волино-Подільську та Причорноморську.

Волино-Подільська мінералогічна провінція відповідає території однойменної плити, розташованої на північному заході України між Українським щитом і Карпатською складчастою областю. Основу її геологічної будови становлять осадові комплекси палеозойського та мезозойського віку, що залягають на кристалічних породах. Магматичні утворення відіграють другорядну роль і зосереджені переважно на півночі. Провінція



спеціалізується на самородно-елементному (мідь, сірка), сульфідному (свинцево-цинкові та мідні руди), фосфатному, сульфатному (гіпс, ангідрит, барит, целестин), карбонатному та фторидному типах мінералізації. На її території знаходиться Львівсько-Волинський вугільний басейн.

У цій провінції вирізняють дві субпровінції — **Прип'ятсько-Дністерську** та **Львівсько-Тернопільську**.

Прип'ятсько-Дністерська субпровінція відповідає однойменній структурно-металогенічній зоні, де розвинуті мідні, флюоритові та свинцево-цинкові рудопрояви. Територія поділяється на два райони — Луківсько-Ратнівський і Бахтинсько-Жванський.

Луківсько-Ратнівський район займає крайній північ субпровінції. Тут зосереджене стратиформне мідне зруденіння, пов'язане з вулканічними породами трапової формації волинської серії венду (базальтами й туфами). Мідна мінералізація представлена самородною міддю та частково халькозином і належить до мідно-цеолітової формації. Особливий інтерес становлять девонські брекчії з уламками глибинних порід (перидотитів, гранатів, ільменітів), які можуть свідчити про потенційну алмазосність, а також знайдені уламки кімберлітів.

Бахтинсько-Жванський район знаходиться на півдні субпровінції. Головним мінеральним об'єктом є Бахтинське родовище флюориту, рудні тіла якого залягають у кварц-польовошпатових пісковиках могилівської серії венду. У районі також трапляються прояви свинцево-цинкових руд і мармурового оніксу сарматського віку. Серед родовищ виділяють Калюсик, відоме високою якістю оніксів.

Львівсько-Тернопільська субпровінція узгоджується зі структурно-металогенічною зоною, де розвинуті свинцево-цинкові та мідні рудопрояви. Виділяється один головний район — Дністерсько-Прикарпатський, відомий покладами самородної сірки й гіпсів неогенового віку. Найважливішими є Роздільське, Язівське, Яворівське та інші родовища, де разом із сіркою часто присутні барит і целестин. Є також самостійні поклади целестину. Основні запаси сірки приурочені до ратинських хомогенних вапняків.

У межах провінції широко поширені фосфатні утворення у вендських, крейдових і палеогенових відкладах. Вендські фосфорити мають вигляд конкрецій із характерною зірчастою порожниною. Промислово цінність становлять сеноманські фосфорити (корінні й перевідкладені), серед яких виокремлюють подільський змішаний тип із зернами, жовнами та фосфоритизованими залишками організмів. До перспективних ресурсів відносять глауконіт верхньокрейдових відкладів. Найкраще дослідженим є Карачаївське родовище з умістом глауконіту 60–70% та запасами близько 400 млн т.

Причорноморська мінералогічна провінція займає територію однойменної западини на південному заході України, що прилягає до Українського щита. Вона складена осадовими породами двох структурних поверхів. Нижній поверх представлений ордовіцькими пісковиками, силурійськими карбонатами та глинисто-карбонатними породами, девонськими вапняками, карбовонними теригенно-хемогенними відкладами, а також пермськими осадово-ефузивними та гіпсоангідритовими комплексами. Верхній поверх складається переважно з континентальних і мілководно-морських утворень тріасового, юрського, крейдового та кайнозойського віку.

Рівень вивченості мінеральних ресурсів цієї провінції порівняно невисокий. Найцінніші об'єкти пов'язані з палеозойськими гіпсоангідритовими пластами, крейдовими фосфоритовими рудами, родовищами марганцю, а також циркон-ільменітовими розсипами Каховського та Токмацького районів. У шельфовій зоні важливими є Очаківсько-Джарилгацьке та Вилківське рудні поля.

Отже, Дністровсько-Причорноморська мінералогічна область вирізняється значною різноманітністю корисних копалин, що пов'язано зі складною будовою осадових товщ та локальними проявами ендегенного зруденіння. Загалом область є важливим об'єктом для подальших досліджень і розвідки корисних копалин.



ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО МОФОГЕНЕЗУ НА ЗМІНУ СТРУКТУРНОГО ПЛАНУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Олесків Богдан Володимирович, студент групи НЗГ-24-1

Асистент кафедри ГРН, Узрак Ліна Василівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Карпатський регіон України – це частина Карпатської складчастої області – північної гілки альпід Європи. Він включає три великі структурні одиниці: Складчасті Карпати та прилеглі до них Передкарпатський передовий і Закарпатський внутрішній прогини. Регіон характеризується своєрідною будовою та геодинамікою літосфери і помітною сейсмічною активністю.

Сучасна будова і геодинаміка літосфери регіону Карпатський регіон України характеризується різко диференційованою (25-27 км – у Закарпатському прогині, 35-55 км – в Карпатах і 40-65 км – в Передкарпатському прогині) товщиною кори, вираженою розломно-блоковою тектонікою фундаменту Закарпатського та Передкарпатського прогинів і похованого ложа Карпат, наявністю численних потужних насувів-складок у Карпатах, а також значними осадовими товщами у Закарпатті (до 2-4 км) і у Передкарпатті (до 3-7 км). Загальним геодинамічним режимом регіону є стиск у антикарпатському (південний захід – північний схід) напрямку з підняттям на 1-2 мм/рік денної поверхні. Складна взаємодія астеноліта під Паннонією з Карпатською гірською спорудою і терейновими структурами Алькапи та Тисії-Дакії спричиняє тут наявність певних ротаційних та тангенціальних (відносно простягання Карпат у регіоні) складових рухів глибокого фундаменту і, як наслідок, наявність зони розтягу і опускання денної поверхні у південно-західній частині регіону (в районі Чоп – Мукачеве – Свалява).

На сучасному етапі розвитку геоморфології удосконалення теоретико-методичних засад вивчення ролі людини у формуванні рельєфу Землі на різних рівнях його організованості є одним з першочергових завдань. Антропогенному рельєфу приділяється велика увага у зв'язку з необхідністю вирішення низки важливих проблем, пов'язаних з обґрунтуванням: виділення антропогенної геоморфології як нового наукового напрямку фундаментальних досліджень, спрямованого на оцінювання масштабів антропогенного морфогенезу в просторовому та історичному аспектах, виявлення особливостей формування та функціонування складних природно-антропогенних геосистем, пріоритетних напрямів і раціональних методів дослідження, моделювання, прогнозування, картографування. Територія України, яка характеризується широким спектром сучасних природних рельєфоутворювальних процесів та високим ступенем антропогенного освоєння генетично різноманітного та різновікового природного рельєфу, є унікальним об'єктом для всебічного дослідження природно-антропогенних геоморфосистем й виявлення особливостей їх організованості, властивостей, ієрархічної супідрядності, функціонування тощо. Дослідження антропогенних і природно-антропогенних геоморфосистем має здійснюватися з дотриманням декількох важливих принципів, які передбачають їх оцінювання з позицій:

- оптимальності співвідношення природних і антропогенних (техногенних) чинників при формуванні геоморфосистем;
- сприятливості умов середовища, що освоюється людиною, для формування, розвитку та отримання позитивних наслідків функціонування новостворених геоморфосистем;
- раціональності просторової організації природно-антропогенних геоморфосистем різних рівнів - глобальних, регіональних, локальних тощо;



- хронологічної послідовності, тривалості формування та функціонування природно-антропогенних геоморфосистем;
- морфодинамічної та морфолітодинамічної неоднорідності геоморфосфери, що зумовлює формування стійких, нестійких, активних, пасивних та інших типів природно-антропогенних геоморфосистем;
- змін швидкостей прояву природних рельєфоутворювальних і антропогенно зумовлених трансформаційних процесів при формуванні та розвитку природно-антропогенних геоморфосистем;
- ризику прояву екстремальних процесів і виникнення надзвичайних ситуацій в районах розміщення природно-антропогенних (природно-техногенних) геоморфосистем різних типів;
- інтегральної оцінки масштабів антропогенної трансформації природного рельєфу та потенційних матеріальних втрат при функціонуванні природно-антропогенних геоморфосистем.

Природно-антропогенні геоморфосистеми характеризуються складними зовнішніми та внутрішніми зв'язками, з чим пов'язана необхідність у детальному вивченні ролі динамічного чинника в утворенні, в просторовій організованості та ієрархії геоморфосистем різного генезису, в спрямованості та інтенсивності антропогенної трансформації геоморфосистем, які утворилися на більш ранніх етапах розвитку.

Зважаючи на структурну, генетичну, динамічну неоднорідність природно-антропогенних геоморфосистем, їх типізацію можна здійснювати з урахуванням: характеру і типу антропогенного освоєння території; співвідношення природних і антропогенних чинників їх формування та функціонування; структури геоморфосистеми; просторової організованості її підсистем і елементів; змінності в часі режимів і обставин їх формування і функціонування, ієрархічної підпорядкованості; прогнозованості, активізації небезпечних процесів і виникнення надзвичайних ситуацій тощо.

Діагностика природно-антропогенних геоморфосистем з різними властивостями та трендами розвитку відкриває широкі можливості для прогнозування та оцінювання небезпечних наслідків їх функціонування, а також для обґрунтування цілеспрямованих заходів з раціонального використання природного середовища, передбачення прояву надзвичайних ситуацій, запобігання ризиків погіршення екологічного стану в конкретних умовах.

ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КРИМСЬКОЇ МІНЕРАЛОГІЧНОЇ ПРОВІНЦІЇ

Халус Юлія Романівна, студентка групи НЗГ-25-1

Асистент кафедри ГРН, Медвідь Мар'яна Ігорівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Кримська мінералогічна провінція охоплює Кримський півострів і має два структурні підрозділи: геосинклінальний (Гірський Крим) і платформний (Рівнинний Крим), в основі якого залягає кристалічний фундамент - Скіфська плита. Відповідно, тут виділено дві мінералогічні субпровінції: Гірського Криму та Рівнинного Криму.

Субпровінція Гірського Криму охоплює приморську складчасту частину Криму, у геологічній будові якої беруть участь породи таврійської серії, нижньо-середньоюрські флішоїдні утворення, які перекриті відкладами нижньої (глини, вапняки, мергелі) і верхньої (глини, пісковики, туфи, вапняки, мергелі) крейди та палеогену (вапняки, мергелі, глини). Юрський вік мають інтрузивні породи масиви габро-діабазів (Аюдаг, Кастель та ін.), діабазові дайки і штоки (Фіолент, Карадаг та ін.).



У субпровінції виділено Карадазький мінералогічний район, у якому головними мінеральними об'єктами є продукти поствулканічної діяльності - ртутно-поліметалево зруденіння (кіновар, галеніт, сфалерит та ін.), цеолітова мінералізація, халцедон та його різновиди, аметист тощо. Майже вся ця мінералізація характерна для Карадазького заповідника. В межах субпровінції важливими мінеральними об'єктами є родовища карбонатної сировини (вапняк, крейда, мергель), трапляються яшми, кальцитовий онікс, досить поширена баритова мінералізація.

Субпровінція Рівнинного Криму охоплює північну частину Кримського півострова, яка прилягає до Причорноморської западини. В її будові переважають неогенові відклади і представлені конгломератами, пісковиками, глинами й вапняками. Тут виділено Керченський мінералогічний район, у якому головними мінеральними об'єктами є залізорудні родовища Керченського басейну, представлені бурими залізяками. В їхньому складі, крім гідроксидів заліза (гетит, гідрогетит, лепідокрокіт), виявлені залістисті хлорити (шамозит та ін.) та різні водні фосфати заліза. Важливими мінеральними об'єктами є також родовища і рудопрояви сірки Кримського сірконосного басейну, кам'яної та інших солей узбережжя Чорного й Азовського морів.

Добруджська мінералогічна провінція прилягає до Причорноморської западини і представлена рівнинною та гірською частинами. Тут виділено дві мінералогічні субпровінції Гірська Добруджа і Переддобруджа. Дана провінція мінералогічно майже не вивчена. У геологічній будові переважають відклади палеозою й мезозою. Палеозойські представлені карбонатними породами ордовіку, теригенно-карбонатними силуру й досить потужними товщами девону, карбону і перму. У регіоні поширені також відклади середньої і верхньої юри, особливо хомогенні породи кімериджу, серед яких наявні пісковики, глини, алевроліти, конгломерати і кам'яна сіль. У східній частині западини виявлені інтрузивні масиви гра-нітоїдів верхнього палеозою. Серед теригенних і карбонатно-вапнякових порід девону на глибині 1,6-3,0 км розкрито малопотужні дайки або сили олівіновмісних лампроїтів.

У Південній Добруджі на денну поверхню виходять так звані зелені сланці рифею, якими складений фундамент Північної Добруджі. Вони містять прошарки пісковиків, конгломератів, осадово-вулканогенних порід.

Найважливішими з погляду мінералогії у провінції є сульфатно-карбонатні породи девону і карбону, гіпси й ангідрити верхньої моласи перм-тріасового віку, гідротермальні прояви ртуті, бариту, свинцю, цинку і золота у відкладах девону, Кілінсько-Ізмаїльська соленосна (натрієва) мінералізація та залізне (шамозит, сидерит) зруденіння в юрських відкладах, олівіновмісні лампроїти, розсіпні прояви золота й титан-цирконієвих руд (Вилківське розсіпне поле) шельфової зони Чорного моря. Відомі також знахідки алмазу та піропу.

Підсумовуючи вище сказане, можна зробити висновок, що Кримська мінералогічна провінція вирізняється складною будовою та значним різноманіттям мінеральних об'єктів, що зумовлено поєднанням геосинклінальних і платформних структур. Гірський Крим має найбільший мінералогічний потенціал, представлений ртутно-поліметалевим, цеолітовим та кременистим зруденінням, а також широким розвитком карбонатної сировини. Рівнинний Крим характеризується покладами залізних руд, сірки та солей, що формують важливі промислові ресурси регіону. Добруджська провінція, хоча й недостатньо вивчена, також демонструє перспективність завдяки гідротермальним проявам ртуті, свинцю, бариту, золота та розсіпним родовищам важких мінералів. Сукупно ці території свідчать про високий потенціал Північного Причорномор'я для подальших мінералогічних досліджень та пошуків корисних копалин.



ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ГЕОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА РОЗВИТОК РІЧКОВОЇ СИСТЕМИ ЗАКАРПАТТЯ

Хім'як Надія Володимирівна, студент групи НЗГ-23-1

Асистент кафедри ГРН, Ужрак Ліна Василівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Водні ресурси Карпат, Передкарпаття і Закарпатської низовини включають близько 500 рік, кілька тисяч періодично діючих водотоків (під час сніготанення та дощів) і більше 1200 водоймищ, переважно ставків.

Орогеологічні особливості території і відносно м'який вологий клімат зумовлюють перевагу невеликих річок, їх значну густоту і характер розміщення.

Із загальної кількості рік 455 мають довжину більше 10 км, 39 – більше 50 км і 3 – понад 200 км. За своїми розмірами всі ріки, за винятком Тиси і Дністра, належать до малих рік. Ріка Тиса є головною річковою артерією Закарпаття, на її басейн припадає 134 більш дрібних рік.

Вивчення рік Українських Карпат, включаючи Закарпаття, розпочато давно, проте воно характеризується великою неоднорідністю за обсягами, тривалістю і якістю спостережень, тому ще не всі гідрологічні характеристики і не на всіх ріках вивчені досить повно.

Гідрографічна сітка Закарпаття сформувалася в результаті тривалої і складної взаємодії факторів клімату і підстилаючої поверхні, а також діяльності людини.

Основні риси річкової сітки були закладені в третинний період. Нерівномірний рух земної кори в третинний і четвертинний час зумовив чергування періодів врзування річок з періодами денудаційних процесів переносу і відкладання. Це привело до утворення глибоких розчленованих і терасованих долин, до неоднорідності будови річок по довжині.

Підняття Карпат в неогені привело до відступання моря в південно-східному напрямку, куди й спрямували свої води Дністер, Прут і Серет. Формування річкової системи Закарпаття, яке відбулося приблизно в той же час з більш інтенсивною ерозійною діяльністю, привело до перетину головного вододілу і переміщення його від Внутрішніх до Центральних Карпат. Цей вододіл розділяє два гідрологічні райони північно-східний і південно-західний, які відповідають Передкарпаттю і Закарпатській низовині.

Найбільш водоносною річкою Закарпаття є Тиса з її правими притоками – Тересою, Теремлю, Рікою, Боржавою, Латорицею та Ужом, які витікають з Полонинського високогірного хребта, прорізають Вирголат-Гутинське пасмо і виходять на Закарпатську (Чоп-Мукачівську) низовину. Ріки, що беруть початок у горах і протікають потім в передгір'ї, по виході з гір поступово набирають рис рівнинних рік. У передгір'ї вони мають широкі долини з терасованими схилами, звивисті, розгалужені русла, які легко піддаються деформації. Ріка Тиса і її притоки протікають навхрест простягання хребтів, створюючи решітчастий тил гідросітки. Такий напрямок рік виник в результаті складних геодинамічних процесів і їх впливу на розвиток рельєфу, перебудову і перехвати річкової системи.

На перших етапах розвитку басейну Тиси в міоцені в Карпатах превалювала субсеквентна річкова сітка. Ріки стікали переважно на північний захід, по синклінальних прогинах, заповнених породами менілітової серії, що легко розмиваються, або вздовж розривних порушень карпатського простягання. Паралельно з поздовжніми річковими долинами на периферії гірського масиву були розвинуті і поперечні річкові долини. Найбільш розвинуті з них сформувалися в південно-західній частині Карпат, де під середньопліоценовими лавами Вирголат-Гутинської гряди в поперечній долині р. Латориці залягає потужна товща алювіальних осадків. Очевидно, інтенсивна вулканічна діяльність, що привела до формування вулканічного хребта, перегородила рікам Уж та Латориця стікання на південь і повернула їх вздовж підніжжя хребта по Тур'їнській западині на північний захід. На останньому етапі складчатості міоценовий рельєф Карпат був



зруйнований. Пізньопліоценові тераси добре збереглися, що дає підстави відновити основні риси річкової сітки того часу. В цей час Карпати знаходилися на стадії активного піднімання, що зумовило формування роз'єднаних врізів і внутрішньодолинних вододілів. Головний вододіл проходив по полонинських хребтах. Річкові артерії були нестійкі, мігрували, а в окремі періоди свого розвитку були зв'язані між собою, доказом чого є внутрішньодолинні вододіли у вигляді островів. Копанська передгірська тераса сформувалася якраз в цей час, в результаті з'єднання декількох рік.

В ранньому плейстоцені продовжувався активний розвиток найновіших тектонічних рухів, що відбувалися на фоні кліматичної депресії епохи краківського зледеніння. Поздовжні долини розпалися на окремі ділянки. Пра –Тиса була розділена на дві частини. На периферії почався активний розвиток поперечних долин зі збереженням окремих елементів поздовжніх долин. Там сформувалася долина річки Уж, а на р. Ріка відбулася зміна стоку на зворотній та завершилося формування Полонинського і Горганського вододілів.

В середньому плейстоцені повністю розпалася поздовжня річкова система. Поперечні річкові долини прорвали Полонинський і Горганський вододіли, пересікли поздовжні депресії, перехватили ріки, що в них протікали і включили їх в свої системи. Така перебудова річкової системи в середньому плейстоцені порівняно з пліоценом була обумовлена активними неотектонічними рухами, завдяки яким закладалися основні ріки, а також продовжувалися розвиватися локальні підняття, які розділяли внутрішні депресії на окремі котловини.

У пізньому плейстоцені продовжувався розвиток попередніх річкових систем. Серед них виділяється група долин зигзагоподібної форми (Уж в Закарпатті, Лючка, Прут в Передкарпатті). Але деякі ріки і серед них Чорна Тиса в Закарпатті, сформувала вниз за течією прямолінійну долину з крутими схилами. Річка Біла Тиса – єдина, що зберегла на протязі всього циклу геоморфогенезу поздовжній напрямок стоку, чому сприяло її розміщення серед двох крутих піднять: хр. Чорнога і Мармарошським масивом.

Таким чином, сучасна річкова система Закарпаття сформувалася в період від середини пізнього пліоцену по голоцен включно. На протязі всього періоду формування в розвитку річкової системи Закарпаття виділяється три етапи:

Перший – міопліоценовий, характеризується стабільністю гідросітки з перевагою в центральній частині гірської системи поздовжніх долин, а на периферії – поперечних долин. Перебудова і перехват цього періоду незначні.

Другий етап – ранньоплейстоценовий – відрізняється нестабільністю тектонічних рухів і скороченням річкових систем, їх значною перебудовою.

Для третього етапу характерний в основному, радіальний розвиток річкової сітки з численними перехватами. До кінця цього етапу річкові системи в цілому стабілізувалися, їх перехвати та перебудова мають обмежений характер.

На основі проведеного аналізу розвитку річкової системи можна зробити висновок, що територія Закарпаття в кінці пізнього пліоцену була складною теригенно-мінералогічною провінцією з активним розвитком річкової системи.

ОСАДОВИЙ БАСЕЙН СХІДНОГО СЕРЕДЗЕМНОМОР'Я

Калиній Валерія Юрївна, учениця 9-В класу Івано-Франківського ліцею №1

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Східне Середземномор'я — це тектонічно складний регіон, що розвивається в довгостроковій перспективі та розташований посеред прогресуючої афро-євразійської колізії. Його геолого-геофізична структура вивчається вже багато років, але досі не є повністю вивченою. Східне Середземномор'я є класичною областю розвитку тектоніки плит. Нещодавні відкриття значних родовищ вуглеводнів у цьому регіоні посилили потребу



в надійному тектоніко-структурному вивченні регіону для сприяння пошуку покладів вуглеводнів. Розглянемо проведені комплексні геофізичні (потенційні геофізичні поля та сейсмічні) та геологічні (формаційне, фаціальне, тектоніко-структурне та палеогеографічне) дослідження.

У східному Середземномор'ї є три основні типи земної кори: платформи з докембрійською корою; області з океанічною корою та складчастий пояс перехідного типу з тоншою континентальною корою [1]. Однак точні межі цих зон достовірно не відомі.

Інтегровані геофізичні дані про товщину земної кори вказують на те, що складчастий пояс складається з кількох тектоностратиграфічних блоків (Кіпр, Ератосфен, південна частина Левантського басейну (Плешет), Галілея-Ліван, Юдея-Самарія та Негев) (рис.1 А). На рисунку 1 В показано розподіл швидкості сейсмічних коливань стискання по глибині для цих тектоностратиграфічних блоків.

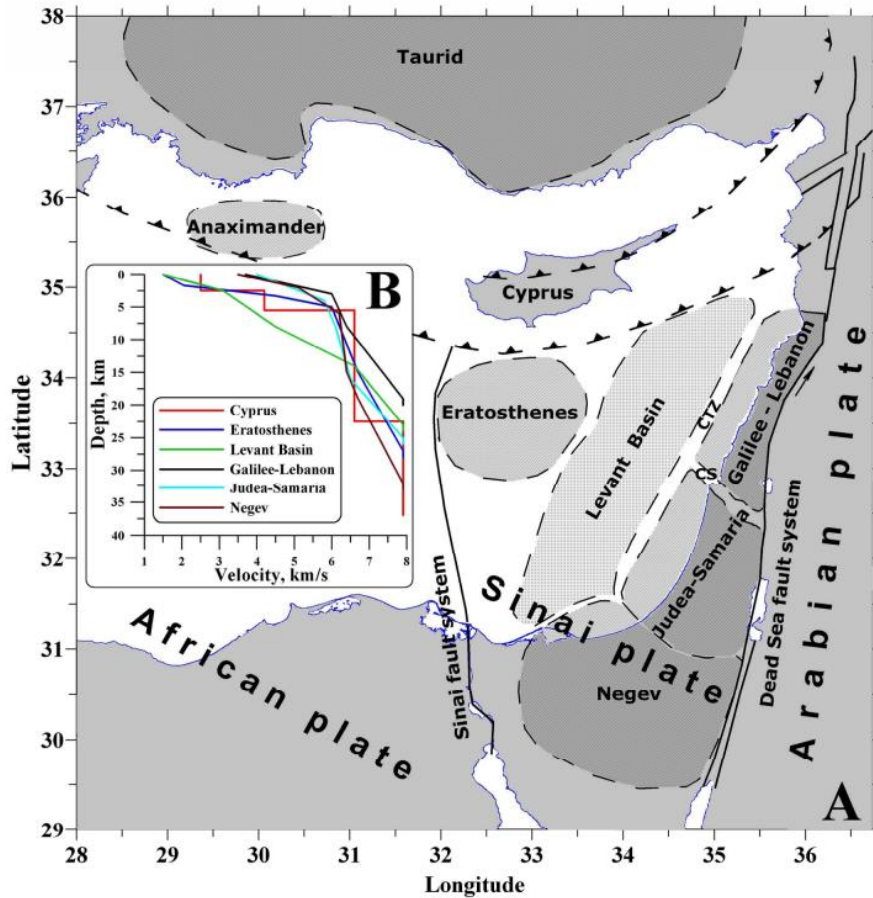


Рисунок 1. Тектонічна схема східного Середземномор'я (А) із сейсмічними розрізами (В) [1].

Поряд з геофізичними дослідженнями, також було проведено картографування мезозойських формацій. Наявність великої кількості глибоких свердловин у цьому регіоні дозволяє проводити геологічне картографування тектоностратиграфічних блоків та їх меж. Для цього було побудовано серію карт ранньомезозойських осадових порід.

Ці карти підтверджують попередню модель континентальної акреції. Вони, зокрема, показують, що різкі зміни в просуванні та потужності ранньомезозойських формацій збігаються з межами тектоностратиграфічних блоків.

Згідно з сучасними геолого-геофізичними побудовами, східний Середземноморський регіон охоплює чотири геотектонічні плити: Африканську, Синайську, Аравійську та Егейсько-Анатолійську (див. рис. 1). Перші дві плити складаються з гетерогенних блоків континентальної та океанічної кори, і кожна з цих плит обмежена глибокими розломами.



Океанічна кора східного Середземномор'я є залишком Неотетису. Синайська плита [2] обмежена із заходу та сходу системою пізньокайнозойських глибоких розломів [3]. Східна частина східного Середземномор'я утворена системою розломів Мертвого моря, вздовж якої розвинулося близько 100 км лівостороннього зсувного руху. У межах цієї системи розломів виникли численні горсти та грабени. Ці грабени зазвичай являють собою розтягувальні басейни, заповнені теригенними евапоритовими моласами та основними породами.

Між океанічною та континентальною корою знаходиться Сирійський складчастий пояс (Сирійська дуга). Цей пояс є східною частиною більшого Альпійсько-Середземноморського складчастого поясу та системи басейнів. Структурна неоднорідність Сирійської дуги була виявлена шляхом аналізу підповерхневих палеоген-верхньокрейдових відкладів. Однак, тектонічні характеристики глибших структурних етапів вивчені меншою мірою. Геофізично було показано, що потоншена континентальна кора складає структуру Сирійської дуги. Тектонічно цей пояс складається з послідовності незалежних за розміром кристалічних одиниць.

Докембрійські, палеозойські, мезозойські та кайнозойські асоціації утворюють геологічний розріз Африканської та Аравійської платформ у східному Середземномор'ї. Відомо, що докембрій містить метаморфічні та магматичні породи, а у верхній частині докембрію є моласа, яка переходить до основи кембрію. Кембрійські породи поширені на Синаї, але не зустрічаються в свердловинах ділянки пустелі Негев. У Негеві пермські відкладення перекривають докембрійський аркозовий пісковик. У блоці Хелец немає моласи, а пермські відклади безпосередньо контактують з кристалічним сланцем.

Більш повно, ніж на Синаї, нижньопалеозойські утворення присутні на схід від східного узбережжя Середземного моря в Сирії, Йорданії та Ірані. Аналіз геофізичних даних свідчить про відсутність нижньопалеозойських відкладів у Левантському басейні та в Плешетському тектоно-стратиграфічному блоці. Девонські та карбонові відклади не були виявлені в розрізах свердловин Ізраїлю. Карбонові та пермські континентальні асоціації були вивчені на Синаї. Глибокі свердловини, пробурені в Негеві, на прибережній рівнині Ізраїлю, в Юдейських горах та західній Йорданії, виявили морські пермські відклади. Таким чином, докембрійські та палеозойські асоціації Аравійської плити та південного Синаю суттєво відрізняються від складчастої зони Сирійської дуги.

Мезозойські та палеогенові асоціації складають карбонатну платформу східного Середземномор'я (включаючи рифи та інші органогенні споруди). Ці карбонатні асоціації також включають невеликі теригенні комплекси та траппи. Міоценові та четвертинні асоціації представлені теригенною моласою з ранньомессинськими евапоритами, що іноді генерують соляні куполи та діпіри. Ці асоціації розвинені головним чином у басейнах розшаровування в межах трансформної зони Мертвого моря та басейну Леванту. Окрім осадових відкладів, у східному Середземномор'ї широко розвинені мезозойські та пізньокайнозойські магматичні породи.

Дані про гравітаційне поле були отримані з Світової бази даних гравітаційних досліджень. Позитивним фактором є те, що ці спостереження були проведені з регулярними глобальними 1-хвилинними сітками, а похибка обчислення даних про гравітаційне поле оцінювалася в 2-3 мГал. Складена карта гравітаційного поля (рис. 2) показує складний гравітаційний малюнок досліджуваної території (інтервал ізоліній становить 5 мГал; «нульова» ізолінія виділена пунктирною та жирним шрифтом). Цей малюнок безперечно доводить, що в конкретних випадках корисно відображати карту поля тяжіння без будь-якого скорочення. Вибрані позитивні та негативні аномалії гравітаційного поля (рис.2) чітко

відображають основні структурно-геотектонічні одиниці регіону.

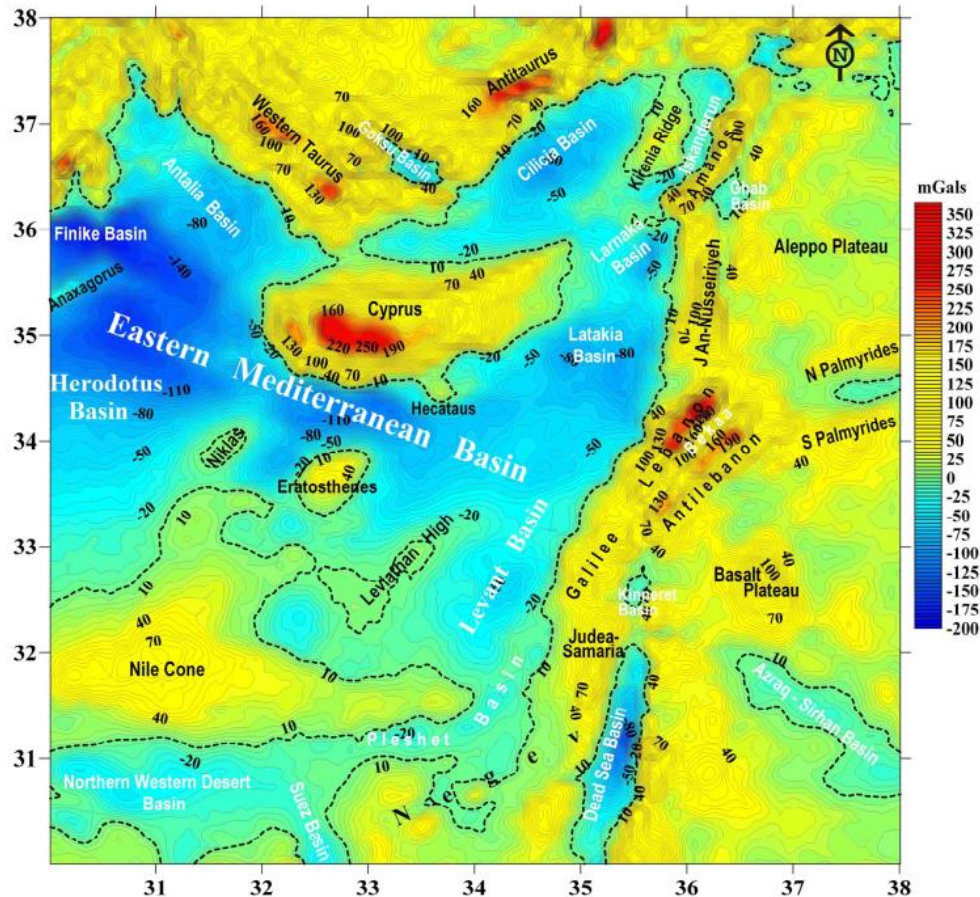


Рисунок 2. Карта аномалій сили тяжіння східного Середземномор'я та прилеглих районів (ізолінії наведено в мГал) [1]

Розглянемо результати комбінованого складання структурних карт ізопахіт та геофізичного польового аналізу глибинних поверхів східного Середземномор'я, що є першим глибоким геолого-геофізичним картуванням. Для побудови цих карт середньої та верхньої юри і нижньої крейди було застосовано метод регіонального структурного аналізу (раніше використовувався переважно для картографування підземних структур у цьому регіоні). Такий самий аналіз був успішно застосований для зонування нафтового родовища Хелец-Ашдод. Він показав, що Сирійська дуга є акреційним поясом мезозойських тектоностратиграфічних блоків, який утворився у ранній крейді. Було показано, що у ранній крейді на постакреційній стадії утворилися численні ерозійні канали, які можуть бути використані для пошуку колекторів вуглеводнів. Для оцінки загального вуглеводневого потенціалу східного Середземномор'я було використано інтегровану методологію регіонально-структурного, палеогеографічного та палеогеодинамічного аналізу. Було визначено три структурно-прогнозні геотектонічні зони для пошуку вуглеводнів [2, 3]:

- 1) провінція, розташована на давній Нубійсько-Аравійській докембрійській платформі;
- 2) провінція терейнового поясу з тоншою докембрійською корою;
- 3) провінція басейнів з океанічною корою.

Список використаної літератури:

1. Z. Ben-Avraham, A. Ginzburg, J. Makris and L. Eppelbaum, "Crustal Structure of the Levant Basin, Eastern Mediterranean," *Tectonophysics*, Vol. 346, No. 1-2, 2002, pp. 23-43. doi:10.1016/S0040-1951(01)00226-8.
2. A. H. F. Robertson, P. D. Clift, P. J. Degnan and G. Jones, "Palaeogeographic and



Palaeotectonic Evolution of the Eastern Mediterranean Neotethys," *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 87, 1991, pp. 289-343. doi:10.1016/0031-0182(91)90140-M.

3. Y. P. Malovitskiy, E. M. Emelyanov, O. V. Kazakov, V.N. Moskalenko, G. V. Osipov, K. M. Shimkus and I. S. Chumakov, "Geological Structure of the Mediterranean Sea Floor (Based on Geological-Geophysical Data)," *Marine Geology*, Vol. 18, 1975, pp. 231-261. doi:10.1016/0025-3227(75)90015-8

ВОДЕНЬ – КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ

Лазарєва Єлизавета Олексіївна, студентка групи НЗГ-25-1

Доцент кафедри ГРН Дубей Наталія Володимирівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У сучасному світі дедалі гостріше постає проблема зміни клімату та глобального потепління, зумовлена надмірними викидами парникових газів, насамперед вуглекислого газу (CO₂). Одним із головних шляхів боротьби з цією проблемою є перехід до низьковуглецевої економіки, що передбачає поступову відмову від використання викопного палива та перехід до чистих енергетичних технологій. У цьому контексті водень (H₂) розглядається як універсальний енергоносіє, який може стати основою майбутньої енергетичної системи. Його застосування дає змогу скоротити викиди CO₂ у промисловості, транспорті та енергетиці, що робить водень ключовим елементом процесу декарбонізації.

Актуальність теми полягає в тому, що багато галузей економіки сьогодні важко піддаються електрифікації та зниженню вуглецевих викидів. Це так звані «hard-to-abate» (важко скорочувані) сектори, до яких належать металургія, цементна промисловість, хімічне виробництво, а також авіаційний і морський транспорт. Для цих сфер водень може стати одним із найефективніших рішень, адже він дозволяє замінити викопне паливо без шкоди для продуктивності процесів. Європейський Союз, зокрема, вже визначив водень як один із пріоритетних напрямів у досягненні кліматичної нейтральності до 2050 року. Згідно з Європейською водневою стратегією, до 2030 року планується виробляти або імпортувати 10 млн тонн поновлюваного водню. Водночас стрімке зростання потужностей відновлюваної енергетики, таких як сонячна та вітрова, створює передумови для масштабного виробництва «зеленого водню» - екологічно чистого варіанту, який утворюється в результаті електролізу води за рахунок відновлюваних джерел енергії. Отже, актуальність теми зумовлена необхідністю зменшення залежності від викопних джерел, підвищення енергетичної безпеки та досягнення кліматичних цілей.

Водень є найпростішим і найпоширенішим елементом у світі. Він не виділяє CO₂ при спалюванні або використанні у паливних елементах, проте екологічність водню залежить від способу його виробництва. Існують різні типи водню. «Сірий» водень отримують із природного газу або вугілля без уловлювання викидів, тому він залишається вуглецево-інтенсивним. «Синій» водень виробляють аналогічно, але з технологією уловлювання та зберігання CO₂. «Зелений» водень, який створюють шляхом електролізу води з використанням енергії сонця чи вітру, вважається повністю чистим і є найперспективнішим варіантом для майбутнього енергетичного переходу.

Роль водню в процесі декарбонізації багатогранна. По-перше, він може бути використаний у промисловості як заміник природного газу або вугілля у високотемпературних процесах - наприклад, у виробництві сталі, цементу чи аміаку. По-друге, водень здатний забезпечити роботу транспорту, де електрифікація складна або неможлива, зокрема важких вантажівок, суден чи літаків. Водень або вироблений на його основі синтетичні палива дозволяють істотно зменшити викиди у транспортному секторі. По-третє, водень має велике значення для енергетики: він може служити засобом довготривалого зберігання енергії, оскільки надлишкову електроенергію з відновлюваних



джерел можна перетворювати у водень, зберігати, а потім знову перетворювати на електроенергію, коли виникає потреба. Крім того, водень може поступово інтегруватися в існуючу газову інфраструктуру, заміщуючи природний газ або змішуючись із ним [1].

Водночас розвиток водневої енергетики стикається з низкою викликів. Найважливіший із них - висока вартість виробництва зеленого водню порівняно з традиційними джерелами енергії. Також значною перешкодою є відсутність розвиненої інфраструктури для транспортування, зберігання та розподілу водню. Необхідні великі інвестиції, стандартизація процесів і створення сприятливих ринкових умов.

Важливим є і питання ефективності: потрібно враховувати не лише спосіб виробництва, а й увесь життєвий цикл, щоб водень дійсно сприяв скороченню викидів, а не створював додаткові витрати енергії. Попри це, багато країн уже впроваджують водневі стратегії. Європейські країни, Японія, Південна Корея, США та інші активно інвестують у дослідження та створення водневої інфраструктури. Наприклад, у Європі водень розглядають як «ключовий вектор» для декарбонізації газової системи.

Підсумовуючи, можна сказати, що водень є одним із найперспективніших елементів для досягнення кліматичної нейтральності. Його використання відкриває можливості для значного скорочення викидів CO₂ у промисловості, транспорті, енергетиці та газовому секторі. Проте для повноцінного розкриття цього потенціалу потрібно знизити собівартість виробництва, розвинути інфраструктуру, удосконалити нормативно-правову базу та забезпечити міжнародне співробітництво. Таким чином, водень не є універсальним рішенням усіх кліматичних проблем, але він безперечно є ключовим інструментом у комплексі заходів, спрямованих на досягнення сталого низьковуглецевого майбутнього [2].

Список використаної літератури:

1. Hydrogen as a Key Energy Vector for Decarbonisation in Hard-to-Abate Sectors. AmChamEU2024.-
https://amchameu.eu/system/files/position_papers/hydrogen_as_a_key_energy_vector_for_decarb_onization_in_hard_to_abate_sectors.pdf
2. Hydrogen: A Key Element for Decarbonisation. Aratubo Blog. 2024. –
<https://www.aratubo.com/blog/hydrogen-a-key-element-for-decarbonisation>

ХАРАКТЕРИСТИКА НАФТОВОГО РОДОВИЩА АЛЬБОРЗ

Мислюк Юрій Іванович, студент групи НЗГ-23-1

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Найбільш значними відкриттями в Західно-Центральному Іранському басейні є родовища Альборз, Сарадже та Аран.

Нафтове родовище Альборз розташоване в суббасейні Кум на великій антиклінальній структурі (12 x 50 км) з однойменною назвою (А; рис. 1). Після детального геологічного картування та буріння п'яти невдалих свердловин (А-1, А-2, А-3, А-4 та А-4А), шоста розвідувальна свердловина, Альборз-5 (А-5), пробурена в 1956 році, проникла близько 2300 м кайнозойських уламків та 380 м підстилаючих порід евапорити у верхній червоній формації міоцену [1].

Потім свердловина пробурилася на 5 см у вапняки формації Кум з високим надлишковим тиском, що розтріскувалися, після чого вона вибухнула. Свердловина перестала фонтанувати через 82 дні, протягом яких витекло приблизно 5-7 мільйонів барелів нафти разом з великими обсягами газу [3]. Згодом, протягом періоду між 1957 і 1962 роками, на родовищі Альборз було пробурено шість експлуатаційних свердловин, і було видобуто близько 5,2 мільйона барелів нафти.

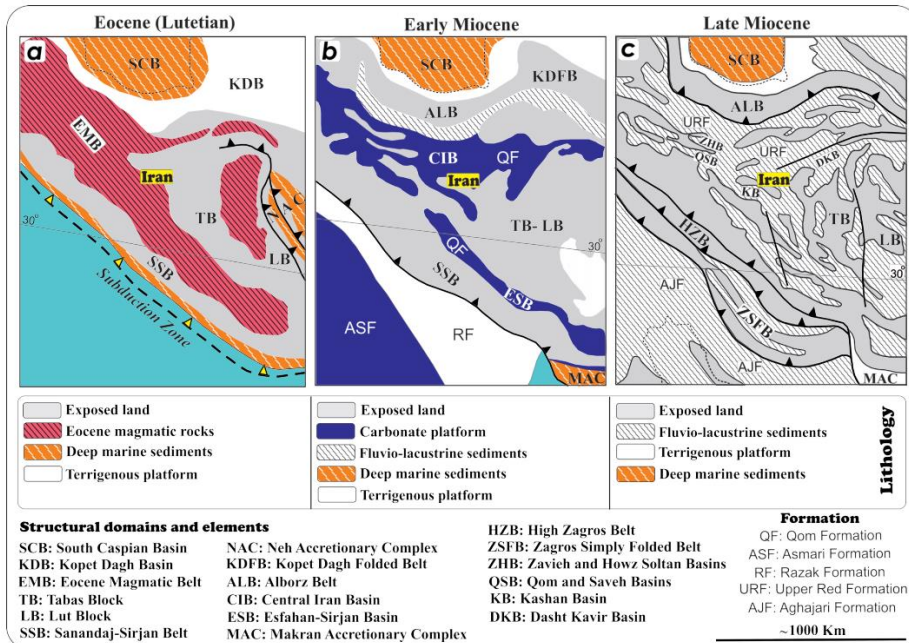


Рисунок 1. Тектонічна еволюція Ірану протягом кайнозою [2].

- (а) Еоцен (лютетський): поширений магматизм на південному заході та сході Ірану. (б) Ранній міоцен: відкладення формації Кум у (i) суббасейні простягання зі сходу на захід до північно-західно-південного сходу в Центральному та північно-західному Ірані, та (ii) суббасейні простягання північно-західно-південного сходу, що включає басейн Ісфахан-Сірджан (ESB) на півдні.
- (с) Пізній міоцен: формування пізніх депоцентрів верхньої червоної формації по всьому Центральному Ірану, одночасно з регіональним скороченням та підняттям.

Нафта Альборз з дуже низьким вмістом сірки, згідно з даними зі свердловини А-9. Залишкові запаси невизначені та коливаються від 0,5 до $5,5 \times 10^6$ барелів. Родовище наразі занедбане через відсутність комерційної привабливості.

Список використаної літератури:

1. ABAIE, I., ANSARI, J. J., BADAQSHAN, A. and JAFARI, A., 1964. History and development of the Alborz and Sarajeh Fields of central Iran. *World Petroleum Congress Proceedings, Section II*, Paper 13, PD3, 697–713.
2. BARRIER, E. and VRIELYNCK, B., 2008. Palaeotectonic maps of the Middle East: Tectono-sedimentary–palinspastic maps from Late Norian to Pliocene. Atlas of 14 maps at 1/18 500G. *Abbasi et al.* 189000. CGMW, Paris.
3. BIRKS, J., 1963. An appraisal of the Alborz oil reserves. *National Iranian Oil Company Petroleum Engineering Report*, 16 pp.

ЩОДО ПИТАННЯ ТЕКТОНІЧНОЇ ТРИЩИНУВАТОСТІ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ДОВБУШАНСЬКО-БИСТРИЦЬКОГО РОДОВИЩА

Мислюк Юрій Іванович, ст. гр. НЗГ-23-1

Асистент кафедри ГРН Мислюк Ірена Василівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У тектонічному відношенні Довбушансько-Бистрицьке родовище знаходиться в південно-східній частині Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину. Особливістю її будови є наявність великих регіональних насувів карпатського простягання, які утворюють яруси антиклінальних структур. За результатами пошуково-розвідувального буріння тут виділяються три яруси антиклінальних структур. До кожного ярусу належать насунуті одна на одну складки, які однотипні за своєю морфологією: лежачі антикліналі з



підвернутими північно-східними і відносно пологими південно-західними крилами. В їх будові беруть участь відклади верхньокрейдового та палеогенового флішів, а також міоценових молас. Складки ускладнені великою кількістю, переважно, поперечних розломів підкидо-скидо-зсувного характеру.

Нафтогазові поклади Довбушансько-Бистрицького родовища приурочені до відкладів менілітової світи олігоцену, що залягають на товщі порід еоцену в складках першого структурного ярусу. До першого структурного ярусу відносяться три антиклінальні складки. Це такі як Довбушанська, Бистрицька і Південнобистрицька.

Поперечними порушеннями скидо-зсувного характеру Довбушансько-Бистрицьке родовище розбите на Любіннянський, Делятинський і Яремчанський блоки. Любіннянський розлом є північно-західною границею родовища, а Микуличинський – південно-східною. Делятинський розлом розділяє Делятинський і Любіннянський блоки родовища, а Прутський – Делятинський і Яремчанський блоки. Кожен з блоків в свою чергу ще ускладнені поперечними порушеннями

У результаті тангенціального стиснення у процесі геодинамічного розвитку Карпатського регіону в місцях різких перегинів пластів, їх підгорнення та зрізання відбувалося утворення повздожніх тектонічних порушень, подрібнення і розущільнення, особливо кременистих товщ та формування в них різноорієнтованих тріщин і зон тріщинуватості. Так Довбушансько-Бистрицьке родовище ускладнюють два повздожні порушення. При такій кількості тектонічних порушень і відповідно тектонічної тріщинуватості дуже важливим є питання їх ролі в концентрації запасів нафти на родовищі та впливу на дебіти свердловин. Окремими дослідниками встановлено, що поперечні тектонічні порушення є провідними і з ними пов'язані дещо більші початкові дебіти нафти у свердловинах, що розкривають продуктивні відклади в безпосередній близькості до них. Останнє зумовлено підвищенням ємнісно-фільтраційних властивостей порід-колекторів і значним покращенням шляхів міграції нафти, що відповідно сприяло найбільшій її концентрації на вказаних ділянках.

Наявний геолого-геофізичний матеріал та результати лабораторних досліджень керну з продуктивних горизонтів Довбушансько-Бистрицького родовища вказують назагал на погані ємнісно-фільтраційні параметри алевроліто-піщаних палеогенових порід-колекторів та їх невитриманість по площі. Керн, піднятий на поверхню зі свердловин представлений частіше низькопористими неколекторськими зразками. Тільки деякі зразки можна віднести до колекторів гранулярного типу. Пісковики щільні, характеризуються наявністю тріщин, в яких часто спостерігаються примазки бітуму. У товщі пісковиків зустрічаються прошарки чорних, темно-сірих, щільних, міцних, тріщинуватих з дзеркалами ковзання аргілітів, товщиною 0,1-0,003 м. Кут падіння порід досягає 56-60°.

Алевроліти щільні, міцні, тонкошаруваті, перем'яті, тріщинуваті з численними прожилками кальциту.

Аргіліти щільні, середньої твердості, грубошаруваті, сильно тріщинуваті з численними прожилками кальциту, деколи з прошарками пісковиків середньої твердості, тріщинуватих з численними дзеркалами ковзання, товщина яких становить 0,02-0,2 м. Кути падіння порід досягають навіть 60-80°. У товщі аргілітів зустрічаються також прошарки мергелів. Мергелі щільні, міцні, тріщинуваті, рідко з прожилками кальциту. У той же час в прирозломних ділянках, а також в зонах підгорнення та зломів спостерігається збільшення тріщинуватості продуктивних товщ. Це безумовно пов'язане з геодинамічними процесами насувоутворення, що вплинуло на інтенсивність тектонічної тріщинуватості.

Наявність тріщинуватості підтверджується детальними мікроскопічними дослідженнями В. М. Бортницької та Т. А. Баранової (УкрДГРІ). Ними досліджувались зразки з продуктивних частин розрізу менілітової світи з інтервалів глибин 2323-3565 м (свердловини №№ 55-Дб, 93-Дб, 11-Дб, 15-Бс, 16-Бс), а також в інтервалі глибин 2470-2619 (свердловина 251-Бс).



Усі літологічні різновиди несуть ознаки інтенсивної тектонічної діяльності. Вони перем'яті в складки з численними дзеркалами ковзання та тріщинуватості. Спостерігаються тріщини переважно тектонічного і літологічного генезису. Тектонічні тріщини субвертикального напрямку (кут до осі керну до 15°) двох генерацій: перша – виповнена кальцитом, друга – бітумом. Ширина відкритих тріщин змінюється від 10×10^{-6} до 100×10^{-6} м, тріщинна пористість від 0,01 до 0,3 %, тріщинна проникність від 0,01 до 519×10^{-3} мкм². Щільність відкритих тріщин змінюється в межах 0,11- 0,47 см/см², в закритих- 0,09-0,32 см/см².

Літогенетичні тріщини приурочені до поверхні напластування різних за складом порід. Ці тріщини відкритого і частково відкритого типів. Ширина відкритих тріщин змінюється в межах $(30-50) \times 10^{-6}$ м. Спільно з тектонічними тріщинами вони беруть участь у фільтрації флюїдів, так як мають гідродинамічний зв'язок.

Припливи нафти на родовищі одержані в інтервалах глибин 2411-2460 м, 2489-2557 м, (св. № 11-Дб), 2656-2711 м, 3520-3640 м (св. № 16-Бс), 2757-2850 м (св. № 93-Дб), 2445-2804 м (св. № 55-Дб) із порід з практично непроникною і з низькою матричною ємністю. Пористість матриці порід дуже низька – до 4-5%. Всі досліджувані зразки мають газопроникність менше $0,01 \times 10^{-3}$ мкм² і не можуть представляти поровий колектор. Одержання промислових припливів з такою петрофізичною характеристикою може бути з колектора порово-тріщинуватою типу. Ємністю такого колектора є матриця з пористістю вище 3%, а тріщини служать шляхами фільтрації.

Тріщини люмінесціюють в ультрафіолетових променях. Характер забарвлення відповідає бітумам легкого маслянистого складу. Найбільш інтенсивне забарвлення спостерігається в тріщинах, що вказує на активну їх участь у фільтрації флюїдів.

На основі вивчення зразків із свердловин №№ 55-Дб, 93-Дб, 11-Дб, 15-Бс, 16-Бс, 251-Бс ще раз підтверджується, що на родовищі працює порово-тріщинний тип колектора, так як промислові припливи отримані з порід з низькою поровою провінністю та низькою до 3 % пористістю.

Незважаючи на відсутність матричної пористості (3-5%), на родовищі зустрічаються дебіти, які досягають 15-25 т/добу і більше.

Термометричними дослідженнями виявлено, що часто в розрізі верхньоменілітових відкладів, працюючі інтервали не співпадають з інтервалами найбільш пористих і проникних пластів.

Туфітовий горизонт, як правило, складений щільними породами, серед яких у Бистрицькій складці взагалі не виявлено в більшості свердловин пористих піщаних пластів, а поза її межами виділяються у цьому горизонті низькопроникні, здебільшого заглинизовані піщані різновиди. Пласт 8 – ущільнена до зливної піщана порода, за малим винятком, низької пористості і проникності. Отже, тріщинуватість розвивалась, насамперед, у тих породах, які відрізняються більш щільною жорсткою текстурою.

Цікаво, що серед працюючих інтервалів верхньоменілітової підвісти спостерігаються і пачки 1, 4, 6, 7 піщано-аргілітового горизонту, що заданими методів ГДС представлені переважно глинистими пластами, серед яких інколи зустрічаються низькопроникні заглинизовані піщані колектори. Не виключено, що в розрізі цих пачок поширені туфогенні породи, які перешаровуються інколи з мілкозернистим пісковиком, типовим колектором.

За даними термометрії на Довбушансько-Бистрицькому родовищі виділяється ряд інтервалів, приурочених до туфітового горизонту менілітових відкладів, з яких отримано припливи нафти (свердловини №№ 2-Дб, 9-Дб, 11-Дб, 25-Бс, 57-Дб, 65-Дб, 70-Дб, 84-Дб, 93-Дб, 120-Дб). У більшості випадків нафтоносний об'єкт охоплює туфітовий горизонт разом з пісковиками.

У свердловинах 4-Довбушанка і 251-Бистриця невеликі термоаномалії приурочені до покрівлі горизонту зеленувато-сірих аргілітів. За даними термометрії на Бистрицькому родовищі в окремих свердловинах (№№ 2-Дб, 4-Дб, 65-Дб, 98-Дб, 120-Дб та ін.)

виділяються працюючі інтервали, що за попередніми даними складені глинистими породами.

Отже, вищенаведені дані свідчать про вплив тектонічної тріщинуватості на характер нафтогазоносності.

КВАРЦИТИ АЛЖИРСЬКО-САХАРСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ

Михайлишин Андрій Михайлович, студент групи НІВ-24-3

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Нафтове родовище Хассі-Мессауд — це нафтове родовище, розташоване в провінції Уаргла. Його було відкрито в 1956 році компанією SN REPAL та розроблялося компанією Sonatrach. Нафтове родовище експлуатується та належить Sonatrach. Загальні підтверджені запаси нафтового родовища Хассі-Мессауд становлять близько 6,4 мільярда барелів (870 мільйонів тонн), а видобуток зосереджений на рівні 350 000 барелів на день (56 000 м³ / день).

Нафтове родовище Хассі Мессауд, розташоване в центральній частині Алжирсько-Сахарської платформи, є великою куполоподібною структурою, що займає площу майже 1800 км², де відкрито багато покладів нафти на схилах його купола зі значним видобутком нафти з кембрійського, нижньо-ордовицького (кварцити Хамра) та нижнього тріасу (рис.1). Еродовані герцинським неузгодженням, кварцити Хамри утворюють кільце навколо купола Хассі Мессауд і являють собою другий нафтогазоносний комплекс з високим потенціалом у кількох сусідніх родовищах, таких як Хассі-Терфа, Хассі-Геттар та Бехейрат-Айсса.

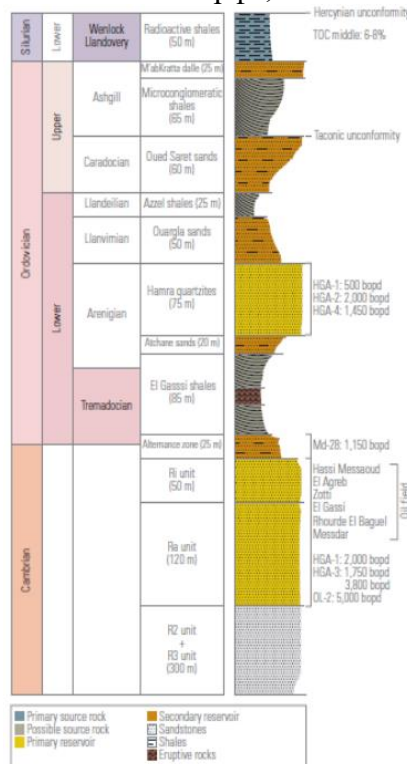


Рисунок 1. Палеозойський розріз району нафтового родовища Хассі-Мессауд [1]

Кварцити Хамра – це щільний резервуар, розташований на великій площі на Алжирсько-Сахарській платформі, типу берегового фронту, і покриває всю площу родовища Хассі-Мессауд (рис. 2). На основі відкладів у розрізі виділено два стратиграфічних поверхи; нижній підрозділ складається з відкладів прибережної рівнини, верхня частина – з берегових та припливно-руслових відкладів. Верхній підрозділ

складається з відкладів берегової лінії; цей верхній підрозділ має більше силіцикlastичної та діагенетичної цементації, що забезпечує погані колекторські властивості. Спостережувана тріщинуватість сприяє сполученню резервуарів; як верхній, так і нижній підрозділи можуть містити вуглеводні за різними моделями міграції в тріщинах, розломах та породній матриці. Нижній підрозділ має руслові відклади з кращою якістю резервуарів (пористість та проникність). Верхній підрозділ має припливно-руслові відклади в деяких районах; отже, він може містити вуглеводні. Вони були осаджені в мілководному морському середовищі. Басейн поділено на шість резервуарних одиниць, які демонструють значні латеральні та вертикальні неоднорідності.

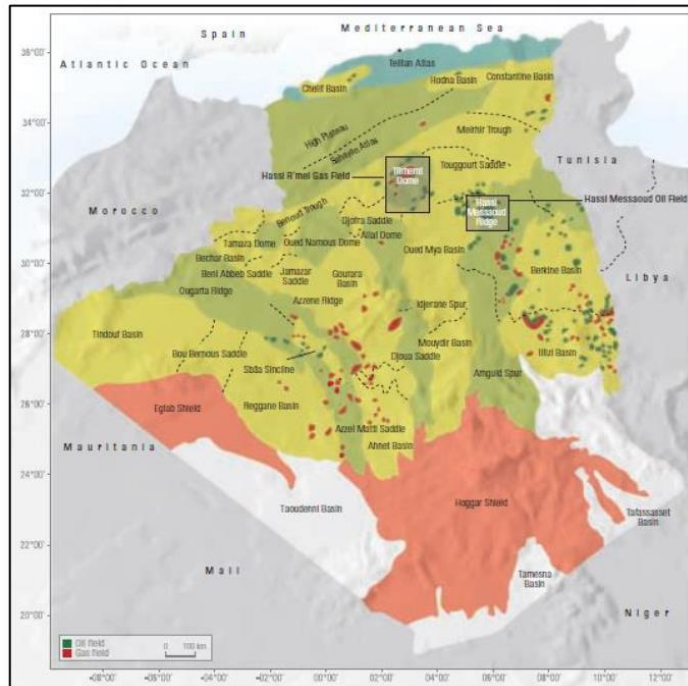


Рисунок 2. Осадкові басейни Алжиру

Середня товщина кварцитів Хамра коливається від 12 до 75 метрів; це дрібні кварцитові пісковики з рідкісними прошарками глин, ймовірно, що датуються Аренігомським віком, де їх раніше визначали як кварцити Ларока. Вони можуть досягати ста метрів завтовшки, якщо вони не розмиваються. Структура кварцитів характеризується сильною латеральною мінливістю через вплив герцинської ерозії, яка дуже нерівномірно скорочує ряд кварцитів Хамра, іноді досягаючи пісковиків Ель-Атчане під ними. Якщо послідовності, виявлені в кварцитах, корелюють від однієї свердловини до іншої, то петрофізичні якості в межах кожної послідовності сильно змінюються, особливо під впливом змінного діагенезу.

Аналіз сейсмічних характеристик дозволив виділити групу розломів, орієнтовану на північ. Аналіз тріщин керн показує переважання тектонічних тріщин за кількістю та довжиною з високим індексом тріщинуватості. Однак ці тріщини зазвичай зацементовані. Аналіз свердловинних даних показує наявність провідних та резистивних тріщин. У багатьох випадках було важко розрізнити закриті та відкриті тріщини через тип цементу. Велика кількість піриту в тріщинах робить їх схожими на відкриті тріщини, але насправді вони закриті. Аналіз проривів підтверджує основну орієнтацію максимального горизонтального напруження на Сахарській платформі, яка загалом орієнтована з північно-західного на південно-східний напрям, за винятком кількох свердловин через їх близькість до розломів. Петрофізичний аналіз виявляє гетерогенність поведінки кварцитів Хамра. Цементация та ступінь ущільнення негативно впливають на петрофізичні властивості, де вплив природної тріщинуватості різко збільшує проникність. Модель тріщинуватості показує, що напрямки тріщинуватості майже ідентичні розломам, і немає зв'язку між

тріщинуватістю та літофаціями. Переважають дифузні тріщини, які обмежені шарами, верхня частина кварцитів Хамра виглядає сильно тріщинуватою і може значною мірою сприяти їх продуктивності. Якщо верхня частина не буде розмита, вона буде найкращою пасткою на родовищі Хассі Геттар.

Список використаної літератури:

1. Haddoum, H. (1997). Le Sahara central dans les régions de l'Ahnet et de Bled El Mass: Une zone mobile hercynienne. Résumé, 3ème Séminaire de Géologie Pétrolière, Algérie, 82-83.

СЕДИМЕНТАЦІЯ КРЕЙДОВОЇ ФОРМАЦІЇ МІШРИФ НАФТОВОГО РОДОВИЩА НАСІР В ІРАКУ

Михайлишин Андрій Михайлович, студент групи НІВ-24-3

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Нафтове родовище Насір на Близькому Сході - це гігантське нафтове родовище, де переважають біокластичні вапнякові резервуари. Верхньокрейдова формація Мішриф є основною продуктивною товщею, де рудистська мілина є важливим типом резервуара на Близькому Сході.

Однак її седиментаційний діагенез та властивості резервуара не дуже чіткі, що обмежує ефективний видобуток нафти та розробку родовища.

Родовище розташоване на південному сході Іраку, приблизно за 400 км від Багдада та в південній частині басейну Месопотамії (рис. 1). Структурно нафтове родовище Насір являє собою широку з пологими крилами антикліналь, що простягається з північного заходу на південний схід, утворену під час неогенового орогенезу Загросу. З кембрійського періоду блок родовища довго розташовувався на північній окраїні Гондвани, де відклалися платформні відклади. До крейдового періоду карбонатна порода мілководного морського шельфу відкладалася при ослабленій тектонічній активності.

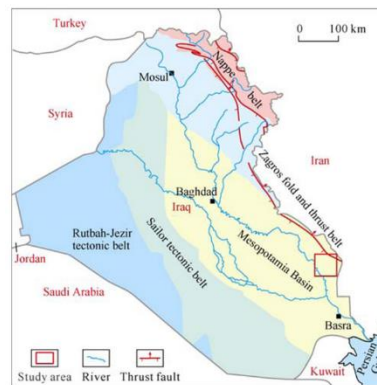


Рисунок 1. Розташування родовища Насір [1]

Формація Мішриф має товщину близько 400 м і складається переважно з біокластичного вапняку, що утворився під час сеноманської регресії. Це основний пласт нафтового родовища Насір, з двома типами резервуарів шельфового мілководдя: мілководдя на краю платформи та внутрішньоплатформного мілководдя, включаючи мілководдя рудистів, мілководдя арен, мілководдя пелетоїдів та біокластичне мілководдя. Резервуари знаходяться під впливом розчинення протягом раннього діагенезу, яке, очевидно, контролюється фаціями та є одним з головних факторів, що спричиняють різницю в структурі пор. Контрольована підняттям палеовисоти Амара та зниженням регіонального рівня моря, формація Мішриф утворилася із чотирьох вертикальних послідовностей третього порядку. Відповідно до циклічності трансгресій та регресій,

формація Мішриф поділяється на десять послідовностей четвертого порядку за даними літологічних досліджень, кривих каротажу та фізичних властивостей.

Спеціальна форма та склад мушлі відрізняють детрит рудистів від інших двостулкових молосків. На кернах (рис. 2) видно сірий еліптичний та прямокутний детрит рудистів діаметром 2-8 см, який має темну та світлу смугастість, що спостерігається під мікроскопом, а також пористі структури, що розташовані впорядковано. Детрит рудистів є основними зернами в низці рудистів, за ним йдуть біодетрит, включаючи голкошкірих, двостулкових молосків, бентосні форамініфери та моховки, а також деякі округлі ари та пелетоди.

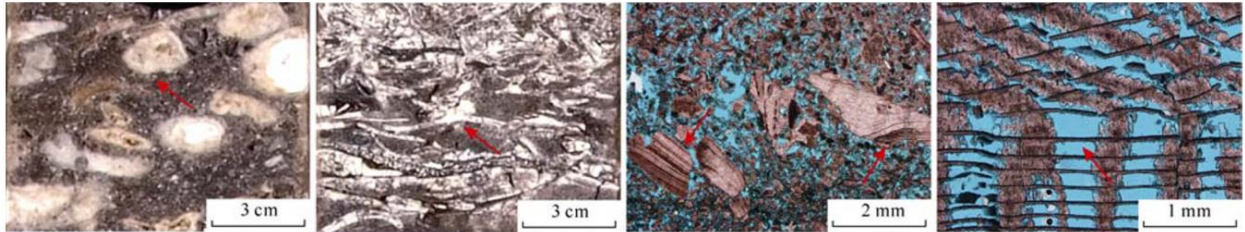


Рисунок 2. Керни та шліфи рудистного детриту у формації Мішриф [1]

Рудистне мілководдя формації Мішриф на нафтовому родовищі Насір розвивалося на краю платформи з сильною гідродинамічною складовою та складається переважно з високоенергетичних відкладів фації зернистого мілководдя. Відносні коливання рівня моря, які змінювали глибину та турбулентність води, контролювали зростання рудистного рифу та процес відкладення у рудистному мілководді.

Відповідно до відносного рівня моря, літологічної еволюції та осадової структури рудистного мілководдя, єдине рудистне мілководдя поділяється на чотири літологічні секції: А, В, С та D, що відповідають періоду повільного відкладення, періоду середнього відкладення, періоду швидкого відкладення та періоду експозиції (рис.3).

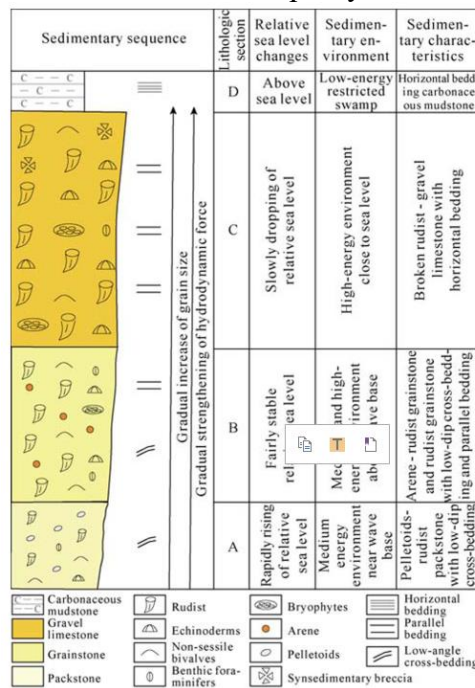


Рисунок 3. Зведена послідовність осадонакопичення рудистної мілини у формації Мішриф [1]

Список використаної літератури:

1. MAHDI T A, AQRAWI A A M. Sequence stratigraphic analysis of the mid-Cretaceous Mishrif Formation, southern Mesopotamian Basin, Iraq. *Journal of Petroleum Geology*, 2014, 37(3): 287–312.



ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВНИХ РЕСУРСІВ НАФТИ І ГАЗУ НА ЛОКАЛЬНІЙ ГЕОЛОГІЧНІЙ СТРУКТУРІ

Музичка Андрій Мар'янович, студент групи НЗГ-22-1

Доцент кафедри ГРН Дубей Наталія Володимирівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У забезпеченні країни промисловими запасами нафти і газу провідна роль належить пошуково-розвідувальним роботам. При цьому однією із найвідповідальніших складових є прогнозування нафтогазоносності надр, а саме, якісна і кількісна оцінка ресурсів вуглеводнів. Проведення оцінки ресурсів нафти і газу на перспективних площах є критично важливим етапом у нафтогазовій галузі. Ця оцінка забезпечує основу для прийняття стратегічних, фінансових і технічних рішень.

Метою роботи є підготовка вихідних даних для оцінки ресурсів нафти і газу в межах локальної структури.

Для цього були підготовлені підрахункові параметри та оцінені перспективні ресурси нафти і газу на структурі об'ємним методом з використанням комп'ютерної програми Petrolres.

Основним графічним документом при підрахунку запасів і ресурсів нафти і газу служить підрахунковий план об'єкта підрахунку. При оцінці перспективних ресурсів підрахунковим планом служать структурні карти маркувальних горизонтів, побудованих здебільшого за результатами сейсмозв'язки. При оцінці запасів підрахункові плани переважно складають на основі структурної карти покрівлі продуктивних пластів-колекторів. На таку карту наносять зовнішній і внутрішній контури нафто- (газо)носності, межі категорій запасів, а також всі пробурені на дату підрахунку запасів свердловини з показом положення устя і точок перетину ними покрівлі відповідного продуктивного пласта.

Для підрахунку запасів і перспективних ресурсів нафти і газу покладів будь-якого типу використовують об'ємний метод. Об'ємний метод ґрунтується на визначенні маси нафти чи об'єму вільного газу в породах-колекторах через геометричні розміри продуктивного пласта, об'єм порожнинного простору колекторів, ступінь його насичення вуглеводнями та параметрів, що враховують переведення нафти і газу із пластових умов у стандартні ($P = 0,1 \text{ МПа}$, $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) [2].

В результаті проведення геолого-геофізичних робіт в одному із нафтогазоносних районів виявлена та підготовлена до пошукового буріння локальна перспективна структура антиклінального типу. Для неї побудована структурна карта відбивного сейсмічного горизонту (ВСГ), який приурочений до покрівлі нафтоносного комплексу (НК). В склепінній структурі пробурена пошукова свердловина, після випробування якої одержано промисловий приплив нафти із горизонту, що розташований у верхній частині НК. Аналіз наявних матеріалів по регіону дає можливість прогнозувати, що нижче НК на відстані близько 800 м можливе відкриття газового покладу.

Для виконання поставленого завдання виконано наступне:

- 1) підготовлено підрахунковий план нафтогазоносного об'єкта;
- 2) визначено висоту досліджуваної пастки;
- 3) розраховано положення контуру нафтогазоносності;
- 4) підготовлено вихідні дані для розрахунку площі нафтогазоносності;
- 3) визначено значення всіх інших підрахункових параметрів, застосовуючи при цьому метод аналогій і основні характеристики нафтових і газових покладів у регіоні,
- 5) розраховано перспективні ресурси нафти і газу за програмою Petrolres і одержано роздруківку.

Вихідні дані для проведення розрахунків наведені в таблиці 1. Роздруківка по оцінці ресурсів газу – на рисунку 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики нафтових і газових покладів відомих родовищ регіону

Межі зміни параметрів						Середні значення						
h покл, м	h паст, м	h еф.н(г), м	Кп, %	Кн(г), %	в	ρ_n , кг/м ³	ρ_v , кг/м ³	z	η , %	Ka	t, °C	Абсолютна глибина залягання, м
103,5	150	22,5	13	80	1,135	840	1100	0,96	33	1,50	62	216

2 10.25, 21:14 Запаси / ресурси : ННТУУГ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Кафедра геології та розвідки нафтових і газових родовищ

Оцінка запасів / ресурсів нафти і газу

[Настанова](#) Об'ємний метод Метод зниження тиску (тільки для запасів вільного газу)

Запаси / ресурси нафти Запаси / ресурси вільного газу Запаси нафти і розчиненого газу

Площа нафто(газо)носності / пастки

Виконавець: Музичка А.

Родовище / площа: Перша

Поклад / горизонт / пласт: V1a(D3)

Категорія запасів / ресурсів: A B A+B A+B+C₁ A+B+C₁+C₂ B+C₁ B+C₁+C₂

C₁ C₂ C₁+C₂ C₁(зона дренажу)+C₂ C₃

Значення площі нафто(газо)носності відоме

Геометрія контуру нафто(газо)носності:

Масштаб 1: 50 000 Абсциса лівої точки, мм: 7

Кількість точок контуру: 20 Абсциса правої точки, мм: 190

Ординати точок (обхід контуру за стрілкою годинника), мм:

51 66 69 70 71 73 74 73 71 67 46 22 16 12 11 13 16 19 25 33

Підрахункові параметри:

Ефективна газонасичена товщина, м: 22,5 Коефіцієнт відкритої пористості: 0,13

Коефіцієнт газонасиченості: 0,8 Пластовий тиск, МПа: 43,5

Пластова температура, °C: 62 Коефіцієнт надстисливості газу: 0,96

Коефіцієнт вилучення газу: 0,33

Результати обчислень:

Площа газоносності - 21869 тис. м²

Початкові загальні перспективні ресурси газу категорії C₃ - 20281 млн. м³

Початкові добувні перспективні ресурси газу категорії C₃ - 6693 млн. м³

https://petrolres.nung.edu.ua 1/1

Рисunek 1 Оцінка ресурсів газу

Висновок. За результатами розрахунків початкові видобувні ресурси газу складають – 6693млн м³, а початкові видобувні ресурси нафти – 12443 тис. т.

Вважається, що для регіону коефіцієнт переведення перспективних ресурсів у розвідані запаси складає 60 %. Таким чином, за величиною добувних запасів поклад нафти можна віднести до групи невеликих. За величиною запасів газу поклад належить до групи дрібних.

Список використаної літератури:

1. Комп'ютерна програма Petrolres.
2. Прогнозування, пошуки та розвідка нафтових і газових родовищ : підручник / Б. Й. Маєвський, О. Є. Лозинський, В. В. Гладун, П. М. Чепіль. – К. : Наук. думка, 2004. – 448 с.



ХАРАКТЕРИСТИКА НАКОПИЧЕННЯ ОСАДІВ У ЗАДУГОВОМУ БАСЕЙНІ ЯПОНСЬКОГО МОРЯ

Музичка Андрій Мар'янович, студент групи НЗГ-22-1

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Японське море є важливим компонентом жолобно-дугової композитної системи в західній частині Тихого океану, найтипівішим окраїнним морським басейном та важливою групою задугових басейнів [1].

Японське море — це значна жолобно-дугова композитна система в західній частині Тихого океану, яка розташована між активним краєм Азіатської континентальної плити та крайовою дугою Японії, в області трикутника західної частини Тихого океану. Під впливом конвергенції Тихоокеанської плити, Євразійської плити та Філіппінської плити вона утворює типову жолобно-дугово-басейнову осадову систему [2]. Наразі морське узбережжя Японії утворює жолоб під тиском різних плит, а за ним формується вулканічна острівна дуга. Улоговини по обидва боки острівної дуги в основному сформувалися в кайнозойську еру. Серед них улоговини, розташовані за вулканічною острівною дугою та далеко від океану, є задуговими улоговинами, включаючи улоговину Японського моря, улоговину Ямато, улоговину Ніігата та улоговину Уллеун. Між жолобом і вулканічною дугою розташовані переддугові улоговини, зокрема улоговини Кітакамі, Канто, Міядзакі та Тукі-Туоса.

Японське море — це напівзамкнуте окраїнне море площею близько 1×10^6 км², із середньою глибиною води близько 1350 м. Підводні гори, піщані мілини, підводні плато та рифтові долини розташовані по черзі, і це унікальна геологічна та геоморфологічна структурна одиниця на північному заході Тихого океану (рис. 1). Існує три глибоководні басейни (Японський басейн, басейн Ямато та басейн Уллін), які розділені підводними високогір'ями, такими як Корейське підводне плато, підводна гребля Окі та хребет Ямато [3]. Японський басейн розташований у північній частині Японського моря, який є басейном північно-східного простягання. Глибина басейну становить близько 3500–3700 м, а найглибша область розташована між Сіхоте-Алінем та південно-західним регіоном Хоккайдо. Басейн Ямато розташований на південному сході Японського моря, має північно-східне-південно-західне простягання. Глибина басейну становить близько 2500–2700 м, а максимальна глибина — 2970 м. Фундамент Японського басейну та басейну Ямато розподілений полого, і навколо дна басейну є кілька підводних гір та підводних пагорбів. Розташований на південному заході Японського моря, басейн Уллін являє собою чашоподібну западину глибиною 2000–2300 м, яка відділена від Японського басейну та басейну Ямато Корейським підводним плато та підводною греблею Окі. Басейн Уллін поступово поглиблюється на північ і з'єднується з басейном Японського моря через міжрівнинний каньйон Уллін між підводною греблею Окі та Корейським підводним плато.

Починаючи з мезозою, континент Східна Азія зазнав впливу субдукції Тихоокеанської плити на захід та руху Євразійської плити на південь, що сформувало тектонічну картину заглиблень та підняттяв, що демонструє тектонічні характеристики протистояння північно-східних басейнів та гір. Серед них сильний тектонічний рух від олігоцену до міоцену визначив основні тектонічні рамки Східної Азії. Морська зона Японії належить до субдукційної крайової тектонічної області у Східній Азії, на яку спільно впливають Тихоокеанська плита, Філіппінська плита та Євразійська плита. Це мезозойсько-кайнозойська область магматичної активності з багатьма пов'язаними із субдукцією задуговими та переддуговими басейнами. Порівняльне дослідження суші та моря показує, що басейн навколо Японського моря має подібні осадові характеристики з острівною дугою Японії, і переважно розвинена неогенова прибережна осадова система. Загалом кажучи, у ранньому осадовому періоді переддугового та задугового басейнів, товщі фундаменту

мають характеристики тріщинуватості, заглиблень та просідання, що разом з вулканічним магматизмом впливає на осадове заповнення басейну, а потім впливає на термічну зрілість материнських порід та збагачення басейну нафтою та газом.

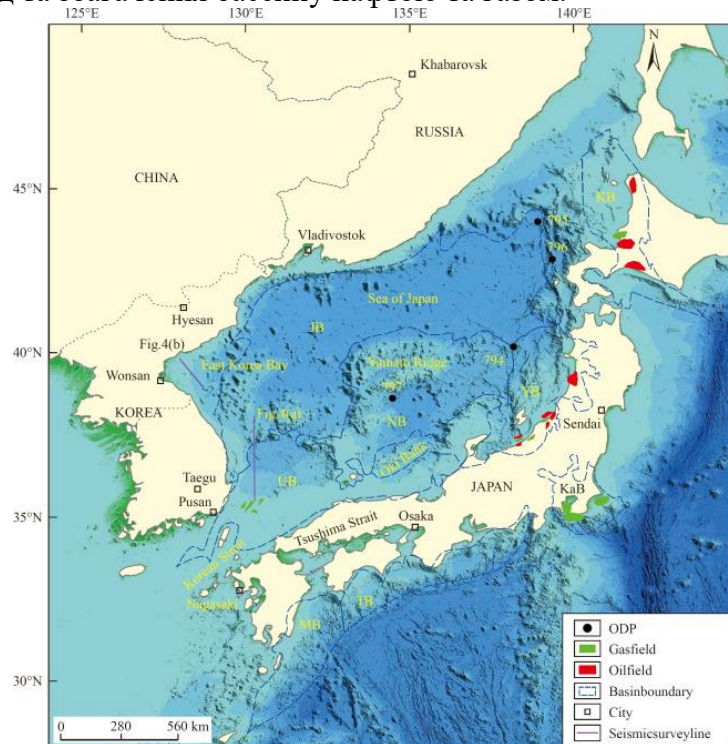


Рисунок 1. Карта розподілу басейну Японського моря.

JB–Японський басейн; YB–басейн Ямато; Улоговина UB–Ulleung; NB–басейн Ніігата; KB–басейн Кітакамі; Ka B–басейн Канто; улоговина MB–Міязакі; Басейн ТБ–Токі-Тоса.

Задугові басейни в Японії зазнали розширення задуги на початковому етапі формування, утворюючи структурні одиниці, подібні до континентальних рифтових басейнів, що сприяло формуванню центрів просідання та товстіших материнських порід. Під впливом пізнього тектонічного стискання розломи в басейні є відносно розвиненими. Після утворення нафта і газ мігрують вгору або вниз вздовж каналу міграції. У вертикальному напрямку переважно демонструються характеристики формування колекторів нижньої та верхньої генерацій, формуючи модель формування колекторів вертикальної міграції-каналу розлому. Наприклад, у басейні Ніігата, після того, як материнські породи генерують вуглеводні, більша частина нафти і газу потрапляє у вищерозміщені пласти вздовж шляху міграції (рис. 2a). У басейні Кітакамі частина нафти і газу мігрує вздовж розлому до нижньої корінної формації, утворюючи тріщинуваті нафтогазові колектори фундаменту або вулканічні нафтогазові колектори (рис. 2b).

Таким чином, Японське море розташоване в особливому структурному положенні зі складною перехідною земною корою або локально тонкою земною корою, а геотермальний потік та геотермальний градієнт загалом високі. Основним вуглеводневим ресурсом є природний газ, і в цій області розташована велика кількість родовищ природного газу, а також нафтогазових родовищ. Таким чином, регіональний геологічний фон та відмінності в розподілі геотермальних потоків безпосередньо контролюють розподіл, міграцію, накопичення та збагачення нафти та газу в осадових басейнах.

Японське море є важливою частиною системи траншей-дугових басейнів у західній частині Тихого океану та пережило складні періоди тектонічної еволюції. Воно пережило переважно чотири стадії тектоніко-осадової еволюції, серед яких період просідання – міоцен, який є ключовим періодом для генерації нафти та газу. Міграція та накопичення вуглеводнів характеризуються переважно нижнім генеруванням та верхнім накопиченням, а також верхнім генеруванням та нижнім накопиченням, формуючи модель формування колекторів вертикальної міграції та каналу розлому.

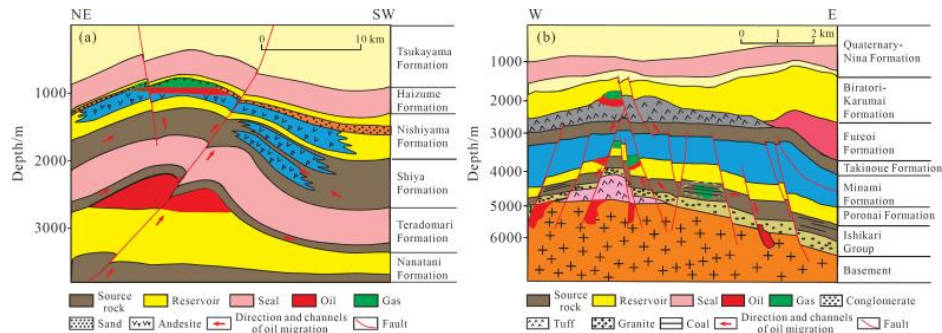


Рисунок 2. Модель накопичення вуглеводнів у Японському морі.

a – Модель формування колектора в руслі вертикального міграційного розлому; b – модель формування колектора в тріщинах фундаменту.

Нафта і газ Японського моря зосереджені переважно в неогенових та донеогенових нафтоносних пластах, утворюючи переважно структурні пастки, літологічні пастки та складні пастки, а також невелику кількість стратиграфічних пасток. Басейни Ніїгата, Уллін та Кітакамі мають хороший потенціал ресурсів нафти і газу та є основними напрямками для майбутньої розвідки та розробки.

Список використаної літератури:

1. Chough SK, Lee KE Multistage volcanism in the Ulleung Back-arc Basin, East Sea (Sea of Japan) Island Arc, 1 (1992), pp. 32-39.
2. Freire AFM, Matsumoto R, Santos LA Structural-stratigraphic control on the Umitaka Spur gas hydrates of Joetsu Basin in the eastern margin of Japan Sea Marine and Petroleum Geology, 28 (10) (2011), pp. 1967-1978.
3. Gong JM, Liao J, He YJ, Yang CS, Sun ZL, Chen ZQ, Cheng QS Discussion on gas origins and main controlling factors for gas hydrates in the Sea of Japan Marine Geology and Quaternary Geology, 37 (5) (2017), pp. 102-108.

ОСАДОВІ ПРОЦЕСИ БАСЕЙНУ ПЕРСЬКОЇ ЗАТОКИ

Олеськів Богдан Володимирович, студент групи НЗГ-24-1

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Басейн Перської затоки – це один з найбільших у світі нафтогазоносних басейнів, розташований на території країн навколо Перської затоки, таких як Катар, Бахрейн, Саудівська Аравія, Кувейт, Ірак, Іран, Оман і ОАЕ, а також частково в Сирії та Туреччині. Він має унікальну концентрацію покладів нафти та газу, а його запаси складають близько 53 млрд тон нафти та 26.7 трлн м³ газу. У басейні Перської затоки відкрито 371 нафтове і газонафтове та 55 газових родовищ.

Перська затока — це неглибока, напівзакрита акваторія на північному заході Індійського океану. Вона розташована в центрі глобального пустельного поясу в посушливому кліматі. Перська затока зазнає безпрецедентного викиду пилу та підвищення температури (20 % світового викиду пилу припадає на цю територію, підвищення температури повітря вдвічі перевищує середній світовий показник), що робить її потенційною моделлю для вивчення впливу майбутніх кліматичних змін на інші водойми. Басейн характеризується відносно швидкою загальною циркуляцією води, яка в основному обумовлена високою швидкістю випаровування. Тим часом прибережні райони, особливо південне узбережжя вздовж Аравійського півострова, зазнають осадження карбонатів у мілких водах. Морфологія дна успадкована від тривалої геологічної історії процесів стиснення між Аравійською та Євразійською плитами, тоді як осадові та гідрокліматичні

процеси мають вторинний вплив на формування басейну. Перська затока отримує теригенні відклади з річкових систем, які в основному беруть початок у північній частині. Ці системи переносять осадовий матеріал з гір Загрос і Тавр (рис.1). Окрім річкових систем, еолові відклади обсягом 89 мільйонів тон на рік є значною складовою теригенних відкладів, які в основному надходять з навколишніх пустель під дією переважаючих вітрів.

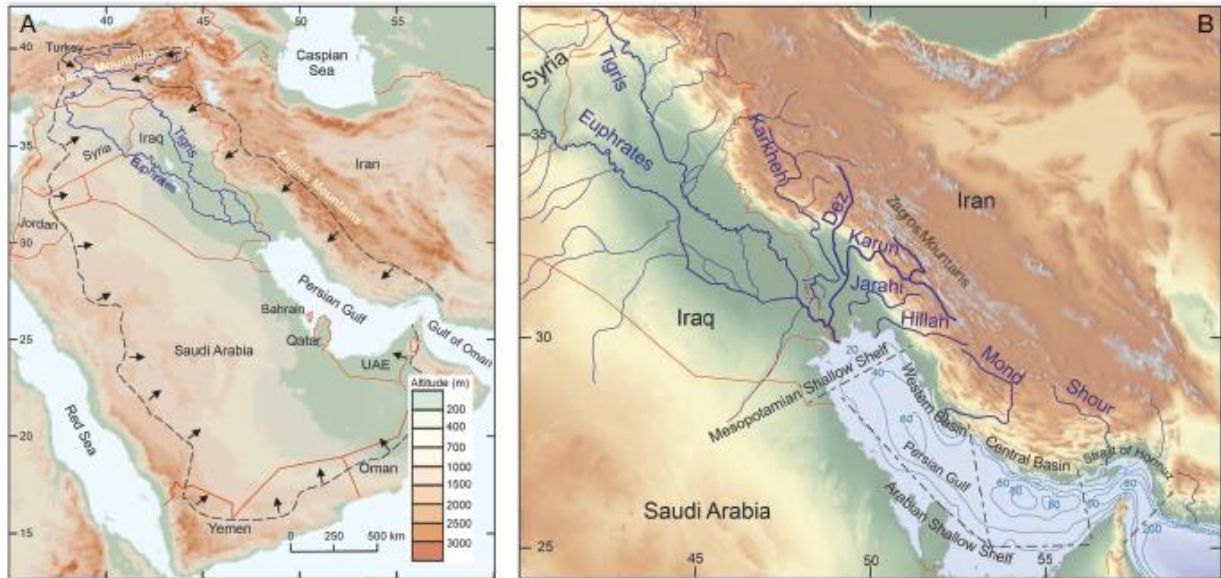


Рисунок 1. А - Загальний вигляд Перської затоки та навколишніх районів;
В - головні річки, що впадають у Перську затоку та поділ басейну Перської затоки на основі батиметричних характеристик [1].

Сучасні осадові процеси в Перській затоці були досліджені з метою розвитку прибережних міст, розвідки нафти і газу та з екологічною метою. Однак ці дослідження рідше проводяться в північній частині затоки, де більш поширені детритові відклади. На властивості поверхневих відкладів у північній частині Перської затоки впливають сильні донні течії, надходження теригенних відкладів, рельєф дна та клімат. У північній частині затоки переважають теригенні відклади, які поступово змінюються на карбонатні осади на південному узбережжі. Розмір зерен теригенних відкладів збільшується з півночі на південь, що суперечить класичній схемі розподілу відкладів за глибиною. Північна частина знаходиться ближче до гідрологічного стоку гір Загрос і має змішану седиментацію через відносно глибший суббасейн, більше річкове привнесення матеріалу та меншу карбонатну фракцію.

Гори Тавр і Загрос є основними джерелами осадових порід річкових систем Тигру, Євфрату і Каруну, які впадають з північного заходу в Перську затоку. Під час четвертинних льодовикових періодів рівень моря був нижчим, і річки текли по відкритій улоговині Перської затоки, впадаючи в Оманську затоку через Ормузьку протоку. Осади річки Тигр мають чотири різних джерела, три з яких пов'язані з базальтовими, гранітними та метаморфічними породами гір Тавр, а четверте належить до карбонатних утворень Загросу. Гори Загрос є основним джерелом вивітрених карбонатів, мергелю, пісковика та конгломерату (формації Агаджарі та Бахтіарі), а також вивітрених офіолітових порід у північній частині Перської затоки (рис.2).

Розподіл поверхневих відкладів показує, що грубозернисті відклади гравію та піску в основному накопичуються в середній частині Персидської затоки.

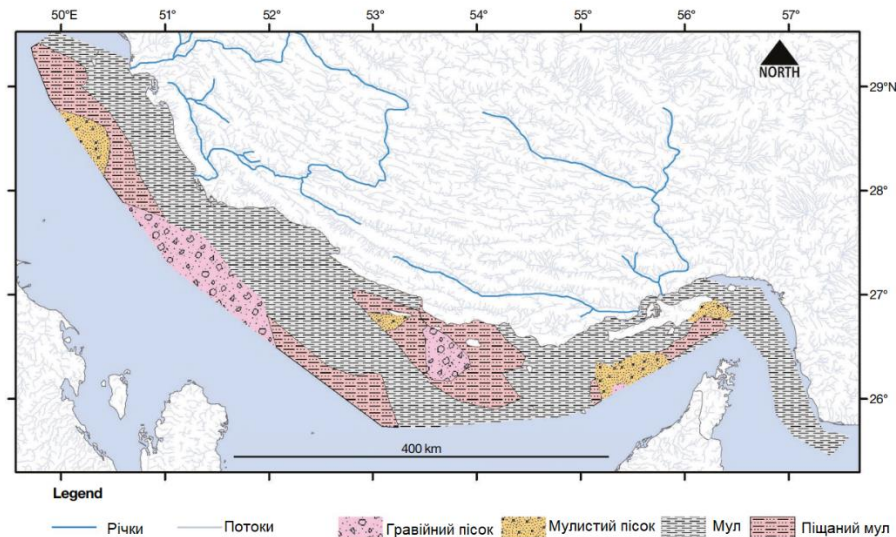


Рисунок 2. Розмір зерен поверхневих відкладів у північній частині Перської затоки

Осади біля північно-східного узбережжя Ірану в основному складаються з дрібного та середнього мулу, який стає грубішим у напрямку до глибшої частини. Мул є домінуючою фракцією осаду, складаючи близько 80% зерен. Пісок є другорядним компонентом, що становить менше 20%. Однак дрібний пісок стає більш поширеним поблизу сезонних та постійних річок (таких як Хілла, Манд та Мехран). У глибших частинах Ормузької протоки склад осаду змінюється на гравійний пісок. Гравійна фракція складається переважно з уламків мушель, частка яких є найбільшою поблизу Рас-е-Мотаф на заході та острова Хендорабі на сході. Пісок є основною фракцією осаду в цій області, і часто має дуже грубу структуру. Осади стають грубішими в східній частині Ормузької протоки.

Таким чином, склад осадів Перської затоки відображає сильний вплив домінуючих умов навколишнього середовища як у самій затоці, так і в басейні водозбору. У північній частині Перської затоки спостерігається змішане осадження карбонатних і уламкових осадів. Поточне глобальне потепління та регіональні зміни навколишнього середовища можуть вплинути на майбутнє осадонагромадження в Перській затоці через зменшення річкового стоку, підвищення рівня пилоутворення та збереження біогенних осадів.

Список використаних джерел:

1. AL-DOUSARI A., DORONZO D. & AHMED M. 2017. — Types, indications and impact evaluation of sand and dust storms trajectories in the Arabian Gulf. *Sustainability* 9 (9): 114.

ЕРОЗИЯ ТА ПІДТОПЛЕННЯ БЕРЕГІВ Р. БИСТРИЦЯ НАДВІРНЯНСЬКА

Рібун Катерина, студент групи НЗГ-23-1

Доцент кафедри ГРН, Гонтарьова Наталія Вікторівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Зсуви в Надвірнянщині справді тісно пов'язані з підмивом берегів річок, усунути які потрібно системно. Причинами зсувів є: геологічні та гідрогеологічні умови (береги річок, як-от Прут, Бистриця Надвірнянська, Стримба, Рибниця, сформовані з глинистих осадів флішу. Ця структура надзвичайно схильна до зсувів — особливо коли ґрунт насичений водою і підмивається річковим потоком); підмив берегів (інтенсивні опади чи паводки підмивають річкові схили, викликаючи їх обвалювання та зміщення ґрунту вниз); антропогенні фактори (випрямлення русла, погіршення берегових укріплень, прокладання доріг і трубопроводів погіршують стійкість берегів).



Зсуви в Надвірнянщині — це не випадкові локальні явища, а наслідок комплексної взаємодії: підмив берегів, нерідка напруга ґрунту від води і людська діяльність. Вони несуть серйозні ризики для безпеки населення та інфраструктури. Усунути глобальну загрозу можуть лише системні інженерні й організаційні заходи: укріплення, ранній моніторинг, нормативне планування забудови.

В геоморфологічному відношенні район досліджень знаходиться в межах заплав та низьких терас р. Бистриця Надвірнянська. Заплава вказаної ріки на досліджуваному відтинку має характерний ландшафт гірських річкових долин, якому притаманна кам'янистість, наноси валунно-галькових відкладів, часті переكاتи. Русло ріки на ділянці досліджень звивисте, частково розділене косами з алювіальних уламкових відкладів на окремі рукави.

В тектонічному відношенні район робіт знаходиться в межах Внутрішньої зони Передкарпатського передового прогину. Стратиграфічний розріз досліджуваної території представлений алювіальними четвертинними відкладами, які залягають на пісковицях та аргілітах (флішева формація) добротівської світи нижнього неогену. Геологічні нашарування зони інженерного впливу споруд розкриті бурінням до глибини 7,0 м.

На ділянці робіт відмічено значний розвиток бокової ерозії берегів ріки, особливо правого берега. Активний розмив берега проходить на вигнутих ділянках ріки відцентровими течіями з виносом уламкового матеріалу боковою течією.

При суміщенні з масштабованого супутникового знімка та топографічного плану М1:1000 попередніх років, встановлено, що за відсутності берегоукріплення протягом двох років берегова лінія під дією явища бокової ерозії ріки перемістилась на 44 м в напрямку цивільних споруд.

Швидкість розмиву берега під дією бокової ерозії становила 22 м/рік. Високими водами розмито значний масив берега, оскільки розрахункова швидкість водного потоку при високих паводках 4,75 м/с значно перевищує нерозмивні швидкості ґрунтів, що складають береги річки Бистриця Надвірнянська. Нерозмивні швидкості при глибині потоку 1,0-3,0 м відповідно до табличних даних: для уламкових ґрунтів ПЕ №2 – 2,56-2,92 м/с.

Ділянка досліджень знаходиться під дією ряду несприятливих фізико-геологічних явищ та процесів:

- активної бокової ерозії, особливо правого берега;
- часткового загального розмиву дна;
- підтоплення ґрунтовими водами та періодичне часткове затоплення паводками.

З огляду з вищенаведеного ділянка відноситься до III категорії складності інженерно-геологічних умов.

Розрахунок глибини розмиву русла р. Бистриця Надвірнянська проводиться шляхом порівняння максимальної швидкості течії паводкових вод з нерозмивною швидкістю для ґрунтів відкритих розмивом (ПЕ №2).

З огляду на вищенаведене ділянка відноситься до III категорії складності інженерно-геологічних умов.

Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1- 27:2010 описувана територія відноситься до III-А кліматичного підрайону (Передкарпаття, Українські Карпати).

Сейсмічність району робіт – 6 балів, майданчику будівництва – 6 балів (ДБН В.1.1-12:2006).



Таблиця 1 - Інженерно-геологічна характеристика ґрунтів

Індекс генезису і вік ґрунту	Назва ґрунту (ДС ТУ В.2.1-2-96)	Значення для класифікації						Значення для розрахунків						Категорія ґрунтів по розробці ДБНД 2.2.1-99			
		нормативні						нормативні			розрахункові						
		Вологість природна	Число пластичності	Показник текучості	Щільність ґрунту	Коефіцієнт пористості	Ступінь вологості	Питома вага ґрунту	Модуль деформації МПа	Кут внутрішнього тертя,	Питоме зчеплення ґрунту. КПа	Питома вага ґрунту	Кут внутрішнього тертя		Питоме зчеплення ґрунту.		
р	L				г					п	1	п	1				
t _{QIV}	Насипний ґрунт з гравію, гальки, валунів та будівельного сміття				,96			9,6								ба	
a _{QII-III}	Гальковий ґрунт з осадових порід та піщово-супіщовим заповнювачем, вміст валунів до 35%				,20			2,0	6	6	20,2	20,0	6	3	6г		
		Грансклад, %															
		Діаметр частинок, мм															
		200	10	2	0,5	0,25	0,1	0,1									
		1,0	3,0	0,3	,2	,8	,3	,4									
N _{Idbr}	Скельні та напівскельні породи. Чергування слабовитрелих сірих пісковиків та аргілітів добротівської свити				рг. .15 іск. .40			рг. .15 іск. .40	Границя міцності (Rc) МПа в природній вологості (арг.) 5 (піск.) 20		арг. 2.15 піск. 2.40 арг. 2.13 піск. 2.38		Границя міцності (Rc) МПа у водонасиченому стані (арг.) 2.5 (піск.) 10		30в		

Розрахункова глибина промерзання згідно з ДБН В.2.1-10-2009 становить 1,1м.

Природною основою під фундамент (каркас) берегоукріплюючих споруд (конструкцій) можуть служити нерозмивні та слабозмивні ґрунти ІГЕ №3. Рекомендоване заглиблення:

- в піщовиках - до 0,8м;
- в аргілітах - до 1,5м.

При закладанні нових ліній берегоукріплення аналогічної конструкції передбачити щільну двосторонню забутовку брилами скельних порід чи бетонними габіонами вагою не менше 1,5 т.

Можна розглянути варіант відновлення старої лінії берегоукріплення, використавши оголений існуючий каркас із труб. Деяка перевага даного варіанту полягає в тому, що дно перед каркасом порушеного укріплення розмите майже до корінних нерозмивних та слабозмивних порід, тому логічно було б простір по обидві сторони труб засипати забутовкою з вищевказаними характеристиками, зменшивши витрати на риття нових глибоких траншей.



ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Рошупкіна Альона Сергіївна, студентка групи НЗГ-25-1

Доцент кафедри ГРН Дубей Наталія Володимирівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Підземні води є важливим та багатофункціональним природним ресурсом, який відіграє ключову роль у забезпеченні життєдіяльності людини та розвитку економіки. Їх практичне використання охоплює різні сфери — від водопостачання та зрошення до промислових процесів, лікувальних процедур і геотермальної енергетики. На сьогоднішній день питання раціонального використання підземних вод є надзвичайно актуальним, оскільки вони стають джерелом чистої прісної води для більшості населених пунктів України.

Підземні води забезпечують не лише потреби населення у питній воді, а й активно використовуються у промисловості, сільському господарстві та енергетиці. Проте інтенсивне їх використання без належного контролю призводить до зниження рівня водоносних горизонтів, забруднення та виснаження запасів. Саме тому в сучасних умовах надзвичайно важливим є вивчення стану підземних вод, впровадження технологій їх раціонального використання та охорони. Це дозволить забезпечити сталий розвиток регіонів, зберегти екологічну рівновагу та гарантувати водну безпеку для майбутніх поколінь.

Вивчення підземних вод сьогодні є необхідним не лише з точки зору забезпечення водними ресурсами, а й для глибшого розуміння природних процесів, що відбуваються у надрах Землі. Дослідження їх складу, руху та взаємозв'язку з поверхневими водами дає змогу прогнозувати зміни у водному балансі територій, визначати потенційні зони накопичення прісної води та оцінювати можливості її безпечного використання. Окрім того, знання про підземні води є важливими для попередження геологічних небезпек — таких як зсуви, просідання ґрунтів чи підтоплення територій. Вивчення цих процесів допомагає приймати обґрунтовані рішення у сфері містобудування, сільського господарства та охорони довкілля. Також сучасні дослідження підземних вод сприяють розвитку нових технологій моніторингу, очищення та відновлення водних запасів. Тому їх вивчення має не лише екологічне, а й науково-технологічне та економічне значення, що робить цю галузь надзвичайно важливою для майбутнього сталого розвитку суспільства.

Підземні води знаходять застосування в різних сферах життя та господарської діяльності завдяки своїй стабільності та чистоті. Вони використовуються для зрошення сільськогосподарських земель, що дозволяє підвищувати врожайність у регіонах із нестійким або обмеженим поверхневим водопостачанням. У промисловості підземна вода служить джерелом технологічної води для охолодження, миття та виробничих процесів. Окрім цього, підземні води активно застосовують у медицині та санаторно-курортній сфері: мінеральні джерела використовуються для лікувальних процедур, ванн та питних курсів, сприяючи оздоровленню населення. У містобудуванні вода з артезіанських свердловин забезпечує автономне водопостачання окремих районів і промислових об'єктів, особливо у віддалених або мало забудованих територіях. Також підземні води використовують у геотермальних системах для опалення та охолодження будівель, що дозволяє зменшувати витрати енергії та вплив на навколишнє середовище.

Таким чином, вивчення та ефективне використання підземних вод сприяє збереженню водних ресурсів, покращенню якості життя населення та підтримці стабільного розвитку регіонів.

Список використаної літератури:

1. Дубей Н.В. Гідрогеологія та інженерна геологія. Навчальний посібник. – Івано-Франківськ:Факел, 2011. 262с.



2.Шестопалов, В.М. Підземні води України: стан, використання, охорона. — Київ: Наукова думка, 2019. — 284 с.

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ ОБЛАШТУВАННЯ СВЕРДЛОВИНИ 914-ПАСІЧНЯНСЬКА

Стасів Богдан Васильович, студент групи НЗГ-23-1

Доцент кафедри ГРН, Гонтарьова Наталія Вікторівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У геоморфологічному відношенні район досліджень розташований в межах Надвірнянського структурно-ерозійного низькогір'я Прикарпаття. У ландшафтному відношенні описувана територія представляє собою низькогір'я, зайняте переважно післялісовими луками та мішаними лісами на бурих гірсько-лісових щербенисто-глинистих ґрунтах.

Ділянка розвідувань знаходиться в гористій місцевості з низькими, полого-випуклими вершинами вододілу малих гірських річок Битківець та Битківчик.

Майданчик будівництва експлуатаційної свердловини № 914-Пасічнянська розташований на східному схилі однієї з вершин. Вказаний схил відноситься до області водозбору річки Битківчик. Рельєф місцевості охопленої вишукуваннями полого-похилий, окремі ділянки схилу західної території мають штучно створені обривисті уступи середньої крутості. Внаслідок спорудження майданчиків (полиць) для розміщення бурового обладнання та споруд, поверхня схилу ускладнена локальними фрагментами підрізок та відсипань переміщеного ґрунту на корінному схилі. ВЛБ та привишкові споруди розміщені на нижній широкій полиці, що характеризується значним розвитком насипних ґрунтів. Відмітки рельєфу ділянки досліджень знаходяться в інтервалі висот 615,0-642,0 м. Крутизна непорушених схилів в корінному заляганні становить від 6 до 25⁰.

Район робіт розчленований густою гідросіткою, що належить до басейну р. Бистриця Надвірнянська. Ділянка досліджень знаходиться на лівобережному схилі середньої течії річки Битківчик. Для річок території досліджень характерний гірський тип, з живленням за рахунок атмосферних та ґрунтових вод.

Згідно схем кліматичного районування для будівництва описувана територія відноситься до II В підрайону. Середньорічна кількість атмосферних опадів становить 800-1000 мм. В районі робіт переважаючими напрямками вітрів є південно - західний та північно – східний. На описуваній території середня температура зовнішнього повітря впродовж зимових місяців становить – 4,5 град., впродовж літніх місяців - +16,0 град.

У межах Карпатського геосинклінальної області виділяється ряд структурно-фаціальних зон: Скибова, Кросненська, Дуклянська, Магурська, Чорногорська, Свидовецька, Буркутська, Рахівська, Мармарошська, Пенінська.

У тектонічному відношенні Битківська антиклінальна складка, яка є місцем проведення ІГВ, знаходиться в межах Берегової скиби, Скибової зони складчастої області Українських Карпат.

Майданчик будівництва експлуатаційної свердловини № 914-Пасічнянська розташований на східному схилі однієї з вершин. Вказаний схил відноситься до області водозбору річки Битківчик. Район робіт розчленований густою гідросіткою, що належить до басейну р. Бистриця Надвірнянська. Ділянка досліджень знаходиться на лівобережному схилі середньої течії річки Битківчик. Для річок території досліджень характерний гірський тип, з живленням за рахунок атмосферних та ґрунтових вод.

За попередньо наміченими маршрутами проведено рекогносцирувальне обстеження ділянки досліджень та прилягаючих схилів (довжина маршруту – 1 км).

На час вишукувань на ділянці проведені земляні роботи пов'язані з облаштуванням на схилі трирівневих полиць для розміщення бурового обладнання, допоміжних споруд

виробничого характеру та побутових приміщень. На нижній широкій полиці, більша частина якої створена за рахунок відсіпки насипного ґрунту, вирито котлован під спорудження амбару для зберігання відходів буріння. В підніжжі схилу розпочато роботи з облаштування каналу для перехоплення та відводу схилових вод за межі майданчика вишко-лебідкового блоку (ВЛБ) та привишкових споруд.

Ділянка розвідувань знаходиться в гористій місцевості з низькими, полого-випуклими вершинами вододілу малих гірських річок Битківець та Битківчик. Майданчик будівництва експлуатаційної свердловини №914-Пасічнянська розташований на східному схилі однієї з вершин. Рельєф місцевості охопленої вишукуваннями полого-похилий, окремі ділянки схилу західної території мають штучно створені обривисті уступи середньої крутості. Внаслідок спорудження майданчиків (полиць) для розміщення бурового обладнання та споруд, поверхня схилу ускладнена локальними фрагментами підрізок та відсіпань переміщеного ґрунту на корінному схилі. ВЛБ та привишкові споруди розміщені на нижній широкій полиці, що характеризується значним розвитком насипних ґрунтів.

Під час проведення рекогносцирувального обстеження майданчика робіт та прилягаючої території виявлено ознаки підтоплення майданчику ВЛБ та привишкових споруд. Ознаки вказаного фізико-геологічного явища проявились в значному розповсюдженні водонасичених техногенних ґрунтів та розвитку соліфлюкційних зміщень (локальних поверхневих переміщень перезволожених ґрунтів) в східній бровці укосу ($h=3,0m$), складеній насипними ґрунтами. Основною причиною розвитку підтоплення та часткового прояву супутніх несприятливих фізико-геологічних процесів є відсутність організованого перехоплення та відводу схилових і атмосферних вод з основного майданчика будівництва, створеного в результаті проведення планувальних робіт, значною мірою з насипних ґрунтів.

На підрізках схилу західної та південно-західної частини майданчика, проявів зсувів, осипів та ерозійних процесів не виявлено.

У подальшому в магістерській роботі буде проведена оцінка стійкості масиву насипного ґрунту на передбачуваній площині ковзання найбільш ослабленого сегмента ґрунтової основи майданчика, який знаходиться між виритим котлованом та бровкою укосу.

В ході проведення польових інженерно-геологічних робіт пробурено 5 технічних свердловин з відбором проб ґрунтів для лабораторних досліджень.

Геодезичною службою НДПІ гірничі виробки прив'язані в плановому і висотному відношенні та нанесені на вкопювання з топографічного плану М 1:500 (рис. 1).

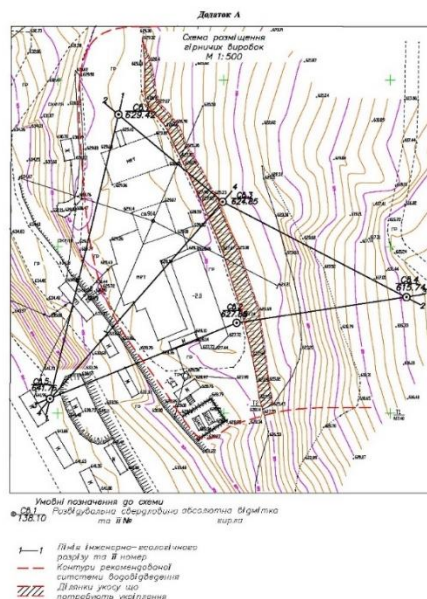


Рисунок 1. Вкопювання з топографічного плану гірничих виробок



Інженерно-геологічний розріз майданчика проектних робіт розвіданий до глибини 10,0 м. і представлений четвертинними елювіально-делювіальними, уламково-глинистими відкладами, які залягають на менілітових породах нижнього олігоцену.

Загальний метраж буріння становить 45,0 м. пог., із свердловин відібрано 18 проб ґрунту непорушеної структури. Параметри свердловин наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 -Відомість інженерно-геологічних виробок

№ п/п	Найменування і № виробки	Діаметр виробки, мм (січення м ²)	Глибина виробки, м	Абсолютна відмітка устя	Дата буріння (проходки)	Рівень ґрунтових вод, що встановився		
						На глибині, м	Абс. відм., м	Дата заміру
1	св 1	127	10,0	629,42	09.08	2,5	626,92	10.08
2	св 2	127	10,0	627,85	10.08	1,8	626,05	11.08
3	св 3	127	10,0	624,85	10.08	3,6	621,25	11.08
4	св 4	127	10,0	615,74	11.08	2,0	613,74	12.08
5	св 5	127	5,0	641,76	11.08	-	-	-

Проведене рекогносцирувальне обстеження та бурові роботи, результатом яких був опис природних умов ділянки проведення інженерно-геологічних вишукувань та відбір зразків проб ґрунту для лабораторного визначення фізико-механічних характеристик.

Під час проведення рекогносцирувального обстеження майданчика робіт та прилягаючої території виявлено ознаки підтоплення майданчику ВЛБ та привишкових споруд та локальні зсуви-спливини насипного ґрунту в укосі вищезгаданого майданчика. За результатами даного обстеження проводився розрахунок стійкості бровки східного укосу.

ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДУБОВЕЦЬКОГО РОДОВИЩА В ГАЛИЦЬКОМУ РАЙОНІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Стасів Юрій Олегович, студент групи НЗФ-25-1

Доцент кафедри ГРН, Гонтарьова Наталія Вікторівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

В роботі викладена гідрогеологічна характеристика Дубовецького родовища в Галицькому районі Івано-Франківської області за результатами експлуатаційної розвідки та дорозвідки, а також за матеріалами минулих геологорозвідувальних робіт в межах ділянки надр.

У гідрогеологічному відношенні район робіт розташований на південно-західному схилі Волино-Подільського артезіанського басейну.

За матеріалами раніше проведених робіт на території, прилеглої до Дубовецького родовища, виділений цілий ряд водоносних горизонтів і комплексів, приурочених до четвертинних, тортонських, верхньокрейдових і древніх відкладів (рис. 1).

Водоносний комплекс четвертинних відкладів тісно пов'язаний з поверхневими водотоками і залежить від інтенсивності випадання атмосферних опадів і пори року. Активно експлуатується місцевим населенням. Водоносний горизонт I, II і III надзаплавних терас використовується для централізованого господарського водопостачання. Елювіально-делювіальні відклади розвинені на вододілах і практично безводні. Води четвертинних відкладів гідрокарбонатні з незначною мінералізацією.

Води у відкладах косівської світи мають обмежений розвиток, що пояснюється їх приуроченістю до малопотужних піщаних прошарків і лінз в товщі водотривких глин.

Водоносний горизонт у відкладах тираської світи приурочений до районів карстопрояву, який спостерігається там, де гіпс залягає безпосередньо під четвертинними відкладами або перекривається малопотужною товщею косівських глин. За характером залягання описувані води відносяться до типу тріщинно-карстових. Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів.

Водовміщуючими породами є кавернозний гіпс, рідше тріщинуваті вапняки. Водонасиченість даного горизонту неоднакова і залежить від умов живлення і дренажу вод на окремих ділянках від ступеня тріщинуватості і кавернозності порід. Дебіти джерел мінливі і коливаються від 0,01 до 4-5 л/сек. свердловини 0,15-0,53 л/сек. За хімічним складом води сульфатно-кальцієві, сульфатно-карбонатно-кальцієві. Через підвищену мінералізацію вод, тираські відклади не можуть використовуватися для водопостачання.

Водоносні горизонти і комплекси району робіт гідравлічно зв'язані і розвантажуються в долину р. Дністер на абсолютних відмітках 205 - 200 м.

Водоносність верхньокрейдового горизонту залежить від ступеня тріщинуватості порід, тому води відносяться до типу тріщино-карстових. Найбільш інтенсивна тріщинуватість розвинена до глибини 60-80 м, рідше до 100 м. Слід зазначити, що максимальні дебіти джерел і свердловин при порівняно невеликих пониженнях спостерігаються в долинах річок і придолінних ділянках. На вододільних просторах водонасиченість крейдово-мергельних відкладів невелика, а часом і зовсім мала. У ряді випадків породи не обводненні.

Дебіт свердловин, що розкрили водоносний горизонт у верхньокрейдових відкладах коливається від 0,3 до 5,0 л/с при пониженнях рівня на 5-10 м. Питомі дебіти коливаються від 0,016 до 2,75 л/с. Коефіцієнти фільтрації водовмісних порід визначені у розмірі 0,096-10,36 м/добу. Води горизонту прісні, гідрокарбонатно - кальцієві, з сухим залишком 0,2-0,5 г/л загальною жорсткістю близько 6,25 і рН 7-7,5.

В обводненні родовища приймають участь підземні води у тріщинуватій зоні вапняків верхньої крейди та атмосферні опади, які випадають на площі кар'єру.

Станом на 2020 рік середня абсолютна позначка підшови кар'єру становить 200 м. Тоді, розрахункова потужність (m) водоносного горизонту у тріщинуватій зоні відкладів верхньої крейди на площі кар'єру до абсолютної позначки 153,0 м дорівнює 61,0 м.

Значення коефіцієнту фільтрації (k) водоносного горизонту у тріщинуватій зоні вапняків верхньої крейди становить:

$$k = \frac{\text{km}}{\text{m}} = \frac{17,0}{47,0} = 0,36 \text{ м/д,}$$

що характерне для слабо тріщинуватих порід.

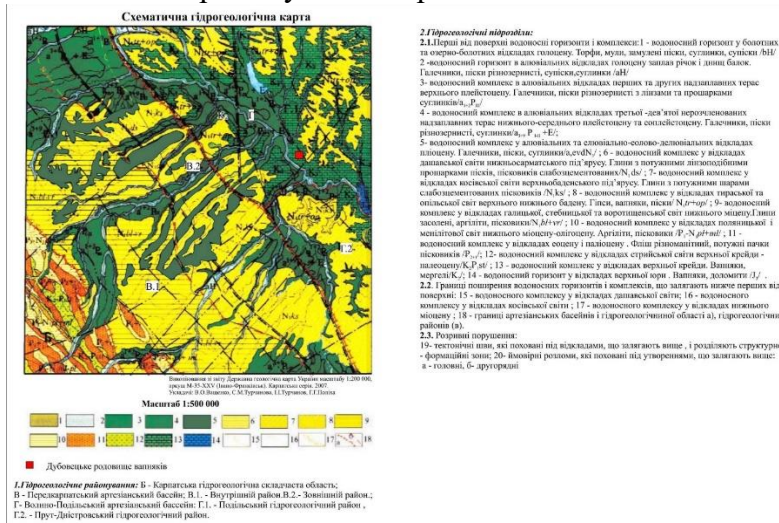


Рисунок 1. Гідрогеологічна карта району



Водоприплив за рахунок атмосферних опадів $Q_{атм}$ ($м^3/д$), що випадають на площі кар'єру, визначаємо за формулою:

$$Q_{атм} = \eta \times \frac{h \times F}{365},$$

де η – коефіцієнт, що враховує втрати атмосферних опадів на випаровування; h – середньорічна кількість опадів (м); F – площа кар'єру по верху, $м^2$.

Очікуваний максимальний водоприплив за рахунок зливових дощів $Q_{зл}$ ($м^3/годину$) на площі кар'єру протягом однієї години розраховуємо за формулою:

$$Q_{зл} = \frac{H_{ш} \times F}{24},$$

де $H_{ш}$ – максимальний добовий шар атмосферних опадів (м).

Середньорічна і максимальна добова кількість атмосферних опадів по метеостанція м. Івано-Франківськ за 2000-2019 рік наведена в таблиці 1. Результати розрахунку водоприпливу до кар'єру за рахунок атмосферних опадів наведені в таблиці 2.

Водоприплив за рахунок підземних вод.

Розрахунок максимального водоприпливу підземних вод в кар'єр ($Q_{пв}$, $м^3/д$), який має форму, близьку до прямокутної, при неповному осушенні водоносного пласта, визначаємо за формулою:

$$Q_{пв} = \frac{1,36kH^2}{lg(\frac{L}{r_0}) + \xi}$$

де k – коефіцієнт фільтрації (м/д); H – початкова потужність водоносного пласта (м); L – дійсна відстань центру кар'єру від річки (м); ξ – додатковий гідравлічний опір, обумовлений характером границь пласта; r_0 – приведенний радіус кар'єру:

$$r_0 = \eta \frac{z+b}{4},$$

де z – довжина площі розташування виробок (м); b – ширина площі розташування виробок (м); η – коефіцієнт, який залежить від співвідношення b/z .

Результати розрахунку водоприпливу до кар'єру за рахунок підземних вод наведені в таблиці 3.

Таблиця 1 – Середньорічна і максимальна добова кількість атмосферних опадів по метеостанціях м. Івано-Франківськ

Рік	Кількість опадів за місяць (мм)												Разом за рік (мм)	Максимальний добовий шар опадів (мм)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2000	29	24	70	45	94	86	91	25	51	6	6	36	563	40
2001	29	44	99	45	50	228	132	60	123	34	67	33	944	81
2002	18	43	71	35	87	79	84	38	138	56	37	41	727	26
2003	32	31	25	13	39	62	90	37	55	96	21	26	527	35
2004	38	41	22	16	61	46	161	135	53	33	41	19	666	43
2005	40	41	17	56	50	54	79	141	18	40	22	25	583	42
2006	22	38	81	42	134	107	68	152	14	28	35	7	728	30
2007	31	37	35	32	56	76	80	75	101	76	52	11	662	51
2008	25	10	47	100	90	80	258	51	103	89	16	34	903	57



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2009	51	26	46	28	80	104	39	46	24	108	40	47	639	43
2010	47	38	40	58	159	169	205	92	64	34	12	40	958	63
2011	29	32	20	32	43	79	81	60	14	24	3	21	438	20
2012	43	37	17	41	77	94	102	112	68	55	28	58	732	45
2013	37	30	99	62	68	86	37	56	75	11	32	9	602	26
2014	36	33	44	42	109	40	139	119	27	74	6	29	698	46
2015	29	21	51	37	82	62	36	8	51	35	62	8	482	24
2016	29	24	37	74	97	125	60	38	34	126	56	24	724	42
2017	8	24	49	31	84	76	83	51	172	51	44	48	721	67
2018	39	47	52	20	45	139	93	29	42	23	37	72	638	29
2019	36	15	22	26	235	54	90	17	47	33	21	34	630	37
Середнє багаторічне:													678	-
Багаторічний максимальний добовий шар опадів:													-	81

Таблиця 2 – Результати розрахунку водопрпливу до кар'єру за рахунок атмосферних опадів

F, м ²	η, ч.од.	H, м	H _ш , м	Q _{атм} , м ³ /д	Q _{зл} , м ³ /годину
1	2	3	4	5	6
579693,7	0,556	0,678	0,081	599	1956

Таблиця 3 – Результати розрахунку водопрпливу до кар'єру за рахунок підземних вод

z	b	b/z	η	г ₀	k	H	L	ξ	Q _{пв}
м	м	ч.од.	ч.од.	м	м/д	м	м	ч.од.	м ³ /д
1404,5	552,3	0,39	1,16	567,5	0,36	61,0	3200	0,3	1230

Результати розрахунку очікуваного водопрпливу до кар'єру, що проектується зведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Очікуваний водопрплив до кар'єру

Джерело водопрпливу	Очікуваний водопрплив	
	м ³ /д	м ³ /годину
Підземні води	1898	51
Атмосферні опади:		
- нормальні	599	25
- зливові	-	1956

ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД СХІДНИЦІ

Темієв Рінат Емірович, студент групи НЗГ-23-1

Доцент кафедри ГРН Дубей Наталія Володимирівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Східниця — це курортне селище у Львівській області, відоме своїми мінеральними водами, яких тут понад 38 джерел і 17 свердловин. Її часто називають “молодшою сестрою Трускавця”, але тут води різноманітніші за своїми властивостями.

Підземні води Східниці різні за хімічним складом:



- нафтуся — з органічними речовинами нафтового походження (добре очищає нирки та печінку);
- сірководневі води;
- залістисті води;
- лужні та слабокислі джерела.

Курорт відкрив Омелян Стоцький, який у 1950–60-х роках самотужки виявив і дослідив багато джерел — за це його прозвали “українським Швейцарцем”.

Східниця лежить у Карпатській гірській системі, на межі флішової зони, де гірські породи — пісковики, сланці, алевроліти — чергуються пластами.

Підземні води належить до верхнього водоносного горизонту флішової зони. Фліш Карпат — це чергування пісковиків, глин, алевролітів, які діють як водотривкі та водопроникні пласти. Завдяки цій структурі вода затримується, очищується і набуває різного хімічного складу на виходах джерел. Живляться підземні води атмосферними опадами, просочуються крізь тріщини і накопичуються у пісковикових шарах. Завдяки органічним решткам у породах частина вод набуває нафтусного характеру — звідси специфічний запах і лікувальні властивості. Глибина залягання вод — від 1 до 50 метрів залежно від ділянки. Деякі джерела мають температуру 10–12°C і стабільний дебіт.

В роботі представлені результати досліджень води з свердловини №2С. Хімічні аналізи проводились в лабораторії нафтогазової гідрогеології на кафедрі геології та розвідки нафтових і газових родовищ ІФНТУНГ. Визначено фізичні, хімічні властивості, хімічний склад води, встановлено назву води та проведено її якісну оцінку.

За фізичними властивостями вода з свердловини №2С прозора, без кольору, з легким запахом нафтопродуктів, густина 1000 кг/м³.

Визначення хімічних властивостей дозволило встановити певні особливості досліджуваної води. За величиною рН (8) вода є лужною, за ступенем мінералізації (25г/дм³) вода відноситься до групи підземних вод із високою мінералізацією згідно класифікації В.І. Вернадського.

Результати хімічних аналізів, в ході яких визначався хімічний склад води, представлені в таблиці 1. Вміст натрію обчислювався аналітичним шляхом.

Проведені дослідження дозволили зробити такий висновок. Підземна вода, яка була отримана з свердловини №2С у м. Східниця Дрогобицького району Львівської області є водою високої мінералізації, лужною, гідрокарбонатно-натрієвою. За літературними джерелами в ній є підвищений вміст мікроелементів - кремнієвої кислоти (35 мг/л), бром (0,5 мг/л), йоду (0,5 мг/л), органічних речовин (13 мг/л). Таким чином вода є мінеральною і лікувальною. Вона не рекомендується для щоденного вживання, а лише з лікувальною метою при захворюваннях шлунку, кишківника.

Таблиця 1 – Хімічний склад підземної води з свердловини №2 Сх в м. Східниця

Іони		Коефіцієнт перерахунку	Вміст, мг/л	Еквівалентний вміст	
				мг-екв	%
Катіони	Na ⁺ +K ⁺ за різницею	0,04348	1685	73,3	47,1
	Ca ²⁺	0,04990	48	2,4	1,5
	Mg ²⁺	0,08224	25,62	2,1	1,4
	Разом:			77,8	50
Аніони	Cl ⁻	0,02820	166,85	4,7	3,0
	SO ₄ ²⁻	0,02082	52,8	1,1	0,8
	CO ₃				
	HCO ₃ ⁻	0,01639	4392	72,0	46,2
	Разом:			77,8	50

Список використаної літератури:

1. Дубей Н.В. Гідрогеологія та інженерна геологія. Навчальний посібник. – Івано-Франківськ:Факел, 2011. 262с.
- 2.Шестопалов, В.М. Підземні води України: стан, використання, охорона. — Київ: Наукова думка, 2019. — 284 с.

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА СИСТЕМИ ГРАБЕНІВ ЄФРАТУ ПІВДЕННО-СХІДНОЇ СИРІЇ

Темієв Рінат Емірович, студент групи НЗГ-23-1

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Система грабенів Євфрату, що простягається з північного заходу на південний схід Сирії, є незавершеним внутрішньоконтинентальним розломом пізньокрейдового віку, який згодом був перекритий кайнозойськими відкладами. Система, ширина якої становить приблизно 100 км, складається з розгалуженої мережі грабенів і напівграбенів, що простягаються на 160 км від грабену Ана в західному Іраку до складчастого поясу Пальміриди в центральній Сирії, де вона стає менш вираженою (рис.1). Наймолодші дорозломні породи наразі знаходяться на максимальній глибині близько 5 км. За результатами сейсмічних досліджень та даних пробурених свердловин складено карту мережі численних розгалужених розломів, що загалом простягаються на північний захід. На сейсмічних розрізах спостерігаються як розгалужені, так і однієї лінійні розломи, як правило, з крутим нахилом поверхні зміщувача, а також позитивні та негативні складчасті структури. Не спостерігається жодного розлому, що обмежує рифт; натомість південно-західний край басейну характеризується великим вигином у поєднанні з незначними розломами, що мають значні зміни вздовж простягання. На північному сході деформація зменшується на височині Равда поблизу іракського кордону.

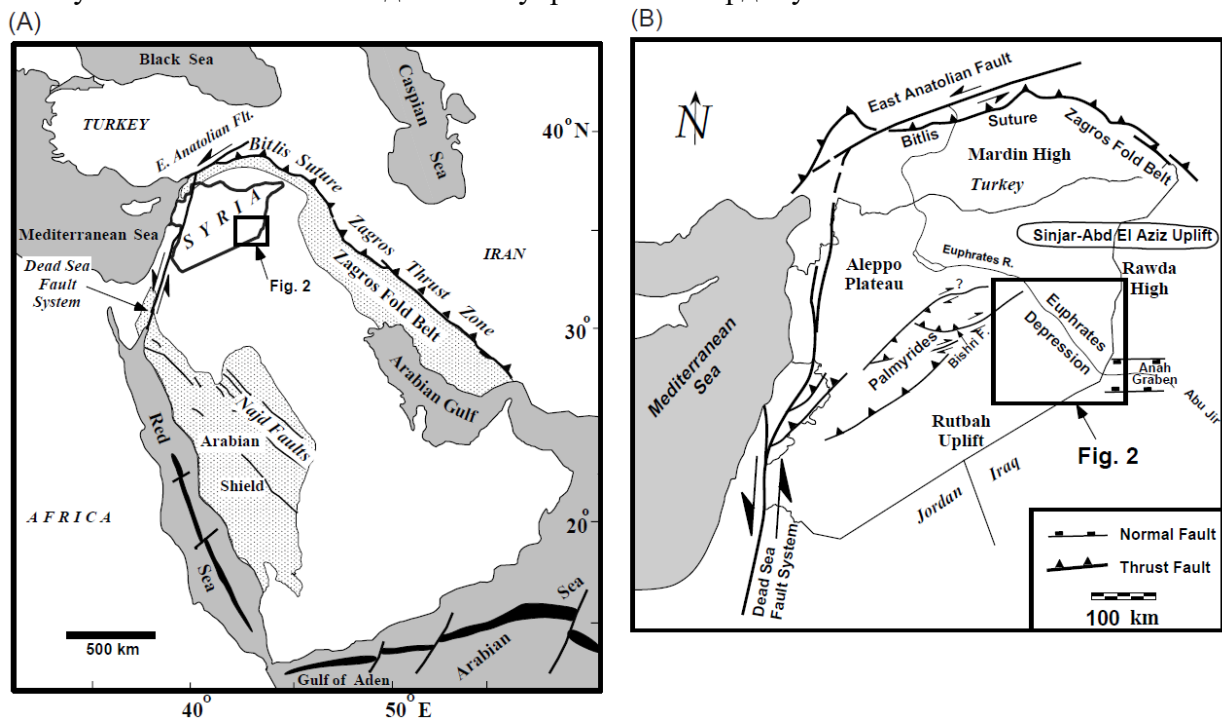


Рисунок 1. (А) Тектонічна карта Аравійської плити.

(В) Розташування системи грабенів Євфрату на тектонічній карті Сирії.

Система грабенів Євфрату утворилася в режимі транстензійного руху, причому активний рифтинг обмежувався переважно сеноманським періодом і мав максимальну

протяжність близько 6 км. Також очевидним є незначне кайнозойське інверсійне зміщення деяких структур.

Тектонічна карта структури верхньокрейдового періоду (формація Рутба на більшій частині досліджуваної території) ілюструє масштаби та характер деформації системи грабенів Євфрату (рис. 2).

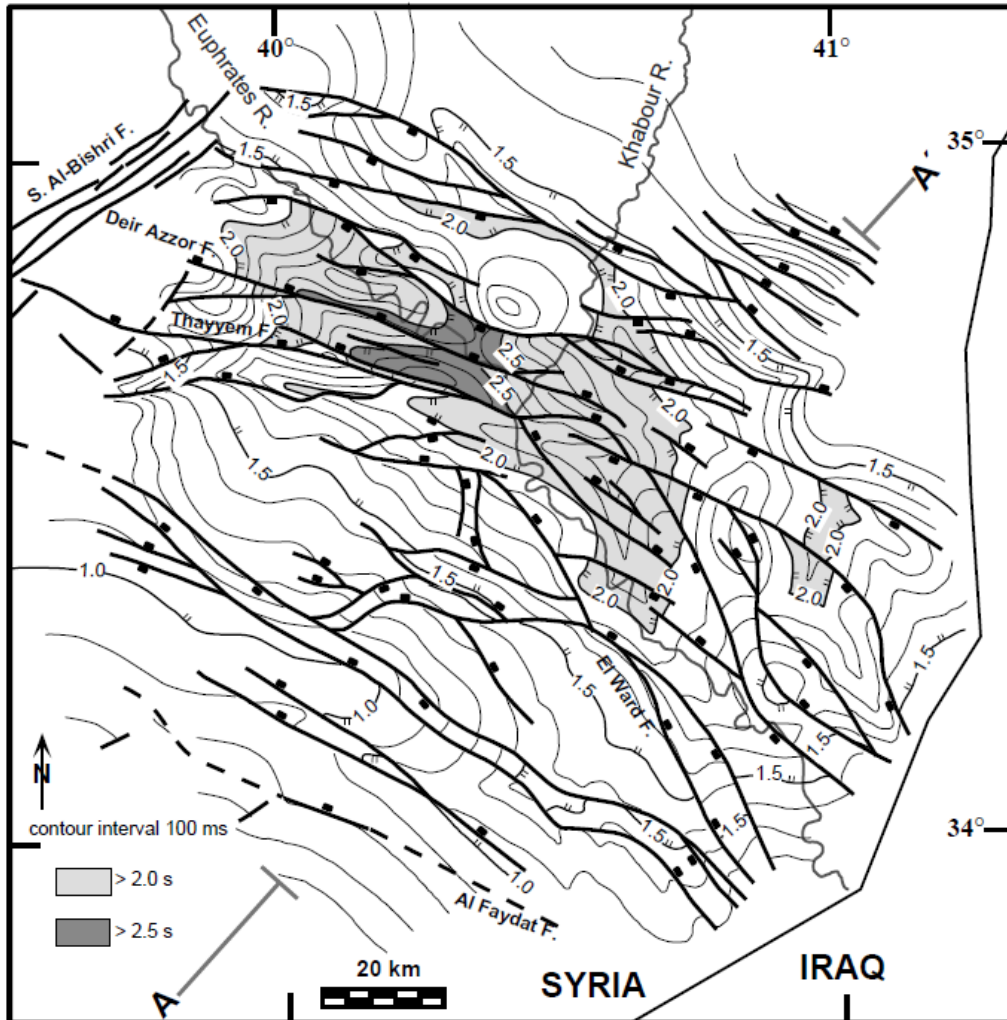


Рисунок 2. Тектонічна карта верхньокрейдового періоду.

Як видно із тектонічної карти (див. рис. 2) великі, що простягаються на захід-північний захід (Дейр-Аззор, Тайем), домінують у північно-західній частині району, тоді як численні зсувні розломи, що простягаються на північний захід, спостерігаються поблизу іракського кордону, причому жоден з розломів не домінує.

Деформації гірських порід розподілені на великій території між багатьма щільно розташованими розломами і на карті показані тільки більші або більш суцільні розломи. Розломи загалом простягаються з північного заходу на південний схід, з невеликими відгалуженнями та зонами переходу різної орієнтації. Осі розломів загалом збігаються з долиною річки Євфрат, а найглибша частина знаходиться на північ від злиття з річкою Хабур. На цій карті спостерігаються два набори розломних ділянок. На півночі та північному заході розломи простягаються з заходу на північний схід, з декількома великими нормальними розломами, типовими для класичного грабену. Однак на півдні та південному сході розломи простягаються більше на північний захід, з більш дифузною деформацією та майже вертикальними структурами, що вказує на зсувне переміщення товщ гірських порід. Деформація передається поетапно в південно-східному напрямку, причому рух розлому вниз на південь передається від розлому Дейр-Аззор до розлому Тайем і, зрештою, до

розлому Ель-Вард. Розлом Ель-Вард демонструє поступове зменшення зміщення в південно-східному напрямку, стаючи більше схожим на шарнір або згин (рис.3). Декілька розломів (зокрема розлом Ель-Вард) мають опуклу форму на карті. Така структура є нетиповою для континентальних рифтів, оскільки «ідеальний» напівграбен має увігнуту дугоподібну форму; проте подібні розломи були виявлені в Суецькому рифті.

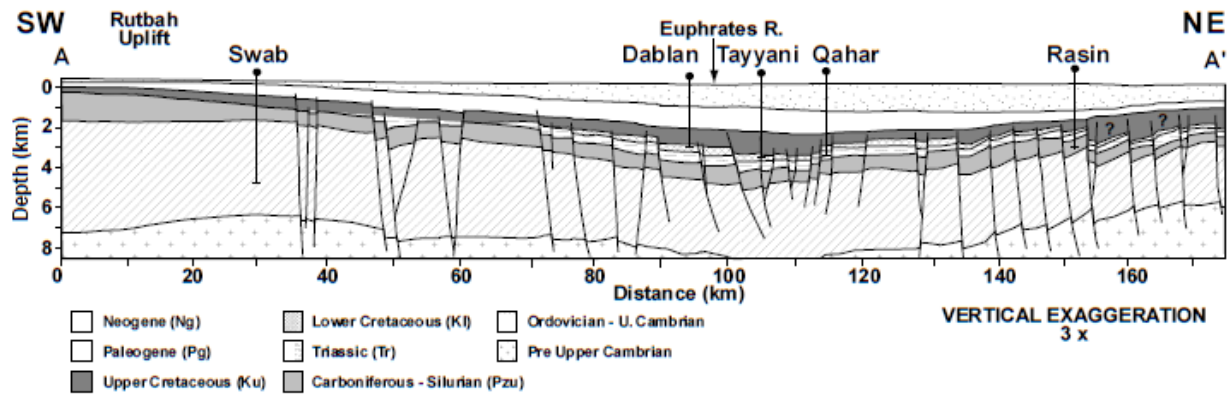


Рисунок 3. Поперечний розріз системи грабенів Євфрату.

Система грабенів Євфрату на південному сході Сирії є незавершеним континентальним розломом, який був активним переважно в пізньокрейдовому періоді. Після відкладення нижньокрейдової формації Рутба розширення почалося у коньякський час з блоковими розломами, розвитком регіональної неузгодженості та обмеженим відкладенням континентальних уламкових порід; проте основна фаза деформації відбулася під час кампану-маастрихту з великими нормальними розломами та утворенням грабену. Утворення розломів припинилося до палеоцену; палеогеновий осадовий басейн має форму прогину і перекриває систему грабенів. Додаткова фаза відкладення у верхньому міоцені перекриває частину грабену Євфрат, але, ймовірно, пов'язана в першу чергу з месопотамським передгір'ям, пов'язаним із сусідньою континентальною колізією Загрос. Незначна пізньонеогенова трансгресія реактивувала деякі структури у відповідь на континентальну колізію Загрос-Бітліс. На даний момент ця територія є тектонічно неактивною.

Загальний обсяг розширення системи грабенів Євфрату є мінімальним, ймовірно не більше 6 км, але деформація є надзвичайно поширеною і складною, враховуючи обсяг розширення. Це може бути частково пов'язано з наявністю раніше існуючої зони деформації, яка сприяла розподілу деформації по численних раніше існуючих розломах. Обсяг зсуву по простяганню також вважається мінімальним. Відзначено дві окремі групи розломів: нормальні розломи із відносно великим зміщенням у північно-західній частині досліджуваної території та круто нахилені згини і зсуви, що простягаються на північний захід, ближче до кордону з Іраком.

З 1984 року в системі грабену Євфрату було виявлено близько 30 нафтових родовищ. Висхідні запаси, виявлені на сьогоднішній день, перевищують 1 мільярд барелів нафти та менші обсяги газу. Легка нафта в основному знаходиться в пісковикових колекторах нижньої крейди, що живляться від верхньокрейдових нафтоматеринських порід, опущених до розломів, що утримують поклади. Більші родовища знаходяться в найглибшій частині басейну, ймовірно, через більшу товщину та підвищену зрілість джерельних порід.

Список використаної літератури:

1. Robert K. Litak, Muawia Barazangi, Graham Brew, Tarif Sawaf, Anwar Al-Imam, and Wasif Al-Youssef / Structure and Evolution of the Petroliferous Euphrates Graben System, Southeast Syria // AAPG Bulletin, V. 92, № 6 (June 2023), P. 1173–1190.

2. Barrier, E., Machhour, L. and Blaizot, M. 2014, Petroleum systems of Syria, in L. Marlow, C. Kendall and L. Yose, eds., Petroleum systems of the Tethyan region: AAPG Memoir 106, p. 335–378.

ТЕКТОНІКО-ГЕОФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ІЗРАЇЛЮ ТА СХІДНОГО СЕРЕДЗЕМНОМОР'Я

Тимчук Тетяна Іванівна, студентка групи НЗГ-22-1

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Тектоніко-геофізичні дослідження такого складного регіону вимагає ретельного аналізу численних матеріалів та джерел даних, таких як розрізи глибоких свердловин та головні виходи на поверхню, геологічні та геофізичні карти, сейсмічні регіональні побудови та сейсмостратиграфічні дослідження, а також результати потенційних геофізичних полів.

При проведенні досліджень використовувались дані глибоких свердловин та виходів гірських порід на денну поверхню (наприклад, такі як Джебель-Магара, Махтеш-Рамон та гора Хермон) (рис. 1).

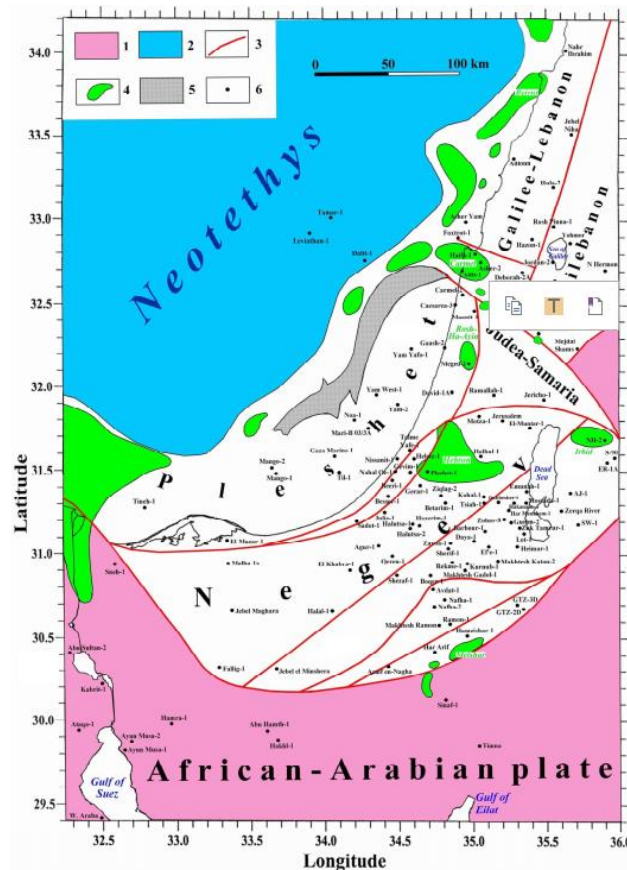


Рисунок 1. Карта розташування свердловин та виходів порід у нижньому мезозої у східному Середземномор'ї з деяким геолого-геофізичним зонуванням.

(1) Африкано-Аравійська докембрійська плита, (2) Неотетис, (3) основні розломи, (4) контури значних магнітних аномалій, (5) крайова ерозійна зона (хребет Джона), (6) глибокі свердловини та характерні виходи порід.

Поділ досліджуваної території був зроблений на основі комплексного аналізу сейсмічних, гравітаційних та магнітних даних [1, 2]. Перша тектонічна карта Ізраїлю також корелює з положенням тектонічних зон [3]. Джерела двох найважливіших гравітаційно-магнітних аномалій в Ізраїлі – Хеврон і Кармель – були класифіковані як явища, пов'язані з тектонічно ослабленими зонами.

Аналіз карти горизонтальних градієнтів магнітного поля (рис. 2) на деякі особливості поведінки горизонтального магнітного градієнта, що свідчить на наявність регіональних тектонічних розломів, які виділяють кристалічні одиниці (террейни та докембрійську платформу) на півночі Ізраїлю. Крейдові та неоген-четвертинні локальні вулканічні виверження також відображаються за цими розломами. Магнітоактивні породи, що створюють високі градієнти, зазвичай відповідають поверхневим та підземним комплексам пасток, товщина яких залежить від диз'юнктивної тектоніки в регіоні. Ця карта показує, що найгостріші градієнти (125-750 нТл/км) відповідають докембрійській плиті. Мінімальні градієнти (0-12,5 нТл/км) відповідають північній частині Негевського, Плешетського, Юдейсько-Самарійського та північній частині Галілейсько-Ліванського терейнів.

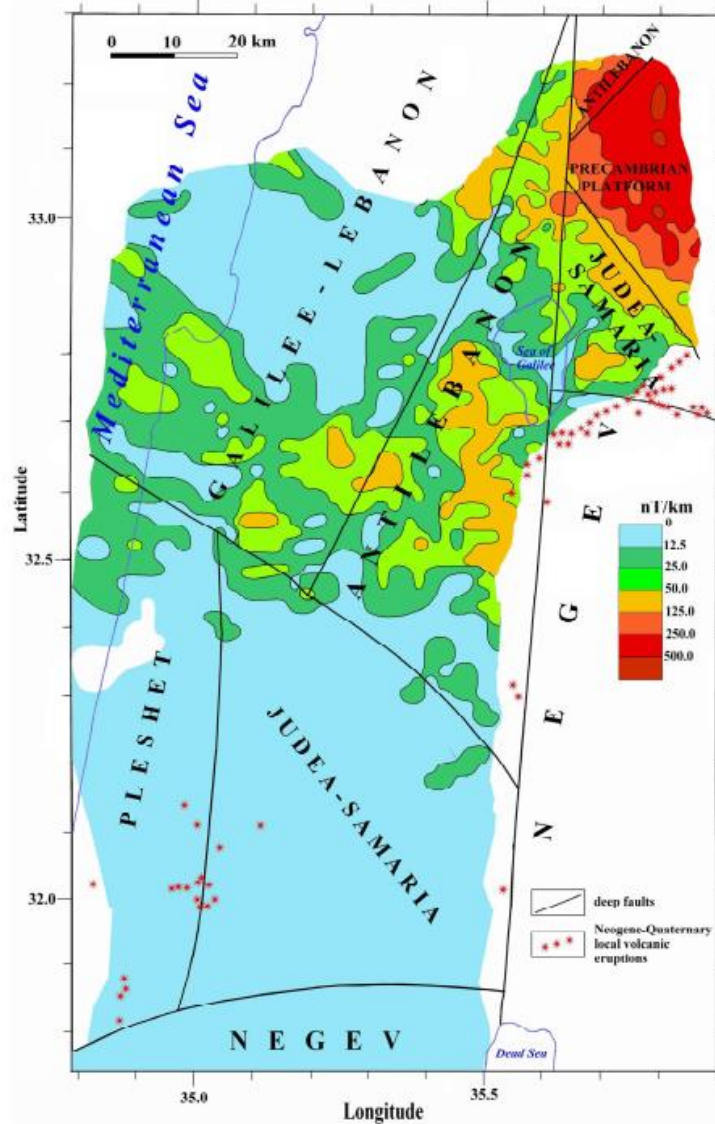


Рисунок 2. Карта магнітного градієнта Ізраїлю з елементами тектонічного аналізу

Для визначення положення тектонічних меж основних структур у східному Середземномор'ї було проведено аналіз регіональних магнітних аномалій. Основними магнітними особливостями, які він виявляє, є високоамплітудні аномалії Хеврона, Кармеля та Бейрута, Ірбіда та Мейшара (див. рис. 1). Крім того, на цій карті було оконтурено низькоамплітудну аномалію в Рошха-Аїні та кілька безіменних низькоамплітудних магнітних аномалій, пов'язаних з межами терейнів. Ця карта показує положення глибоких свердловин та найхарактерніших виходів мезозойських відкладів, використаних для побудови серії карт ізопахіт.



Список використаної літератури:

1. Z. Ben-Avraham and A. Ginzburg, "Displaced Terranes and Crustal Evolution of the Levant and the Eastern Mediterranean," *Tectonics*, Vol. 9, No. 4, 1990, pp. 613- 622.
2. Z. Ben-Avraham, A. Ginzburg, J. Makris and L. Eppelbaum, "Crustal Structure of the Levant Basin, EasternMediterranean," *Tectonophysics*, Vol. 346, No. 1-2, 2002, pp. 23-43.
3. Z. Ben-Avraham, U. Schattner, M. Lazar, J. K. Hall, Y. Ben-Gai, D. Neev and M. Reshef, "Segmentation of the Levant Continental Margin, Eastern Mediterranean," *Tectonics*, Vol. 25, No. TC5002, 2006, p. 17.

**ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ВИБРАНИХ ВИДІВ РОБІТ І ДОСЛІДЖЕНЬ В ПРОЦЕСІ
ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ НА НАФТУ І ГАЗ**

Тимчук Тетяна Іванівна, студентка групи НЗГ-22-1

Доцент кафедри ГРН Дубей Наталія Володимирівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Важливість вивчення стадійності геологорозвідувальних робіт (ГРР) полягає в забезпеченні науково обґрунтованого, послідовного, вірного, швидкого та ефективного процесу пошуку, розвідки та оцінки родовищ нафти і газу. Це є основою для оптимізації витрат, підвищення достовірності інформації, раціонального використання ресурсів, своєчасного прийняття рішень.

Геологорозвідувальний процес — це сукупність послідовних взаємопов'язаних виробничих геолого-геофізичних робіт і наукових досліджень, які забезпечують вивчення земних надр з метою відкриття, геолого-економічної оцінки та підготовки до розробки родовищ нафти і газу. Геологорозвідувальні роботи на нафту і газ проводяться стадійно в три етапи: регіональний, пошуковий і розвідувальний.

Метою регіональних робіт є вивчення основних рис геологічної будови осадових басейнів з оцінкою перспектив нафтогазоносності значних територій. За результатами цих робіт визначають першочергові райони, зони, а також літолого-стратиграфічні комплекси для постановки пошукових робіт на нафту і газ.

Метою пошукових робіт є відкриття родовищ нафти (газу) або покладів на раніше відкритих родовищах.

Метою розвідувальних робіт є підготовка виявлених родовищ (покладів) до промислового освоєння.

Геологорозвідувальний процес ґрунтується на аналізі наявної інформації про геологічну будову надр. Основним при цьому є одержання достовірних геологічних даних для можливості відкриття скупчень вуглеводнів, підрахунку їхніх запасів і проектування розробки родовищ.

Пошуково-розвідувальні роботи проводять із застосуванням різноманітних методів і видів досліджень. Серед методів, тобто способів вивчення геологічної будови надр, виявлення і оцінки покладів вуглеводнів, використовують: геологічні, геофізичні, геохімічні, геоморфологічні та буріння свердловин. Види досліджень розрізняють залежно від розмірів об'єкта й ступеня детальності вивчення цього об'єкта та поділяють на регіональні й детальні. У практиці робіт результати детальних досліджень на різних площах використовують для широких регіональних побудов і узагальнень. У свою чергу, регіональні дослідження складають необхідний фон і базу для детальних.

Для успішного засвоєння такого складного процесу, яким є геологорозвідувальний, доцільно використовувати ідеї і принципи системного підходу, в тому числі принцип послідовно узгодженого розчленування складної системи на компоненти (елементи).



Геологорозвідувальний процес можна розглядати як ієрархічну систему, що переводить вихідні (до початку певних робіт) уявлення про надра в необхідні (ті, що вимагаються) шляхом проведення відповідних робіт. Входом для організації окремих стадій є території, початкові дані про них, засоби і стратегія вивчення, що відображається прийнятою схемою ведення пошуково-розвідувальних робіт. Структуру моделі виходу створюють вимоги, що враховують раціональну ступінь вивчення території на певній закінченій стадії (наприклад, якість підготовки до розробки виявлених родовищ). Такі вимоги задаються користувачами інформації (наприклад, проектувальниками розробки) та формуються системою [1].

Нижче у вигляді таблиці наводиться приклад оформлення експертної оцінки пакету конкретних геологічних завдань, які необхідно вирішити на певній стадії геологорозвідувальних робіт (ГРР) на нафту і газ.

Таблиця 1 – Експертна оцінка геологічних завдань в процесі ГРР

№	Питання винесені на експертизу	Регіональний етап		Пошуковий етап			Розвідувальний етап		
		Виявлення н/г-переп. районів	Оцінка зон можливого н/г-рогнозування	Виявлення Локальних об'єктів	Підготовка н/г-перспективних об'єктів до пошукового буріння	Пошук родовищ (покладів)	Оцінка родовищ (покладів)	Підготовка родовищ (покладів) до розробки	Дорозвідка родовищ
1	Вибір пріоритетних напрямів проведення пошукових робіт		+						
2	Визначення характеру гідродинамічних зв'язків покладів						+		
3	Відкриття покладів нафти і газу					+			
4	Обґрунтування методики пошукового буріння				+				
5	Пошук нафтогазоперспективних структур			+					
6	Виявлення значних структурних елементів земної кори	+							
7	Проведення газогеохімічної зйомки масштабу 1:200 000		+						
8	Буріння структурних свердловин				+				
9	Проведення локального прогнозу нафтогазоносності				+				
10	Проведення стратиграфічного розчленування осадового басейну	+							
11	Складання структурної карти опорного сейсмогоризонту локальної структури			+					
12	Виявлення нафтогазопродуктивних товщ					+			

Список використаної літератури:

1. Прогнозування, пошуки та розвідка нафтових і газових родовищ : підручник / Б. Й. Маєвський, О. Є. Лозинський, В. В. Гладун, П. М. Чепіль. – К. : Наук. думка, 2004. – 448 с.



ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПРОДУКТИВНИХ ГОРИЗОНТІВ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ УКРАЇНИ

Федоришин Вікторія Сергіївна, студентка групи НЗФ-23-1

Доцент кафедри НГГ Федоришин Сергій Дмитрович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Вивчення причин та чинників, які обумовлюють неадекватну насиченню електричну характеристику продуктивних порід колекторів, попередня оцінка їх характеру насичення та встановлення положення міжфлюїдальних контактів за даними геологічно-геофізичних досліджень свердловин є актуальною і необхідною задачею. Виходячи із того, що в різних регіонах України основні поклади нафти і газу, приурочені до пластів кварцових і польовошпатових пісковиків, алевролітів, вапняків, які зцементовані глинистими, карбонатними, галітовими та змішаними цементами, комплекси геофізичних досліджень повинні бути ціленаправлено оптимальні. В основі всіх електричних методів лежить здатність гірських порід чинити опір проходженню електричного струму, проводити електричний струм та впливати на електричні параметри природних і визваних полів. Враховуючи те, що методи електричного опору є базовими для оцінювання водонасиченості, а відповідно коефіцієнтів нафтогазонасиченості, значна кількість вчених працювала над встановленням чинників та причин змін електропровідності продуктивних порід-колекторів. Проблема побудови моделі електропровідності для конкретних геологічних розрізів є надзвичайно актуальною. Починаючи із середини шістдесятих років вчені та експериментатори встановлювали кореляційні залежності типу: $\rho_{en}/\rho_e=f(K_n)$ та $\frac{\rho_n}{\rho_e} = f(K_e)$, які представлялись як універсальні, без врахування особливостей геологічної та мінералогічної будови порід-колекторів. Базовою моделлю при цьому вибиралась модель Арчі-Дахнова:

$$\rho_n = \rho_e P_n P_n, \quad (1.1)$$

де ρ_n – питомий електричний опір гірської породи; ρ_e – питомий електричний опір води, яка заповнює пустотний простір; P_n – параметр насичення вуглеводнями відносно води; P_n – відносний опір (параметр пористості). За результатами досліджень було встановлено, що загально прийнята теорія поверхневої провідності не є достатньо обґрунтованою, оскільки наявність глинистого матеріалу призводить, як до зменшення так і до зростання електричного опору водонесних та продуктивних насичених вуглеводнями порід.

Для порід-колекторів із глинистим цементом матриці прийняті залежності: $\frac{\rho_{en}}{\rho_e} = \frac{1}{K_n^m}$ та $\frac{\rho_n}{\rho_e} = \frac{1}{K_e^n}$, де ρ_{en} – опір водонасиченого пласта, K_n та K_e – відповідно коефіцієнт пористості та водонасичення, m і n – сталі, які не можуть застосовуватись як базові при інтерпретації результатів електрометрії. Особливості побудованих моделей електропровідності полягає в тому, що вклад глинистості у загальну електропровідність розглядається, як однофазна провідна система. При цьому в основу моделі закладалась теорія поверхневої провідності, що суттєво відобразилось на істинній величині питомої електропровідності. Удосконалюючи вище вказані моделі такі вчені як Е.І. Ейдман та Д.І. Хілл, незалежно один від одного, запропонували враховувати у моделях електропровідності граничні відносні опори водонасиченої породи (ρ_n). Поряд з цим враховувалися граничні значення збільшення електричного опору (ρ_n) для продуктивних порід. Автори при цьому вважали, що вище вказані параметри однакові як для пісковиків так і для глинистих порід.



Слід відмітити, що науковці у своїх моделях не враховували прошаркову глинистість. У зв'язку з цим Б.Ю. Вендельштейн запропонував модель електропровідності порових каналів глинистих порід у якій розглядається дві струмопровідні лінії – пластова вода і зв'язана вода, які формують подвійний електричний шар у різних частинах об'єму порового каналу:

$$\frac{1}{\rho_{\text{кан}}} = \frac{A}{\rho_{\text{шар}}} + \frac{1-A}{\rho_{\text{в}}}, \quad (1.2)$$

де $\rho_{\text{кан}}$, $\rho_{\text{шар}}$, $\rho_{\text{в}}$ – питомий електричний опір, відповідно каналу, шару та води; A – доля порового простору каналу зайнятого подвійним шаром.

Запропонувавши таку модель електропровідності Б.Ю. Вендельштейн аргументував, що наявність глинистого матеріалу в породах по різному впливає на їх електропровідність. Якщо $\rho_{\text{шар}} > \rho_{\text{в}}$, то наявність глин буде збільшувати питомий електричний опір породи. При умові коли $\rho_{\text{в}} > \rho_{\text{шар}}$ наявність глин зменшує питомий електричний опір. Необхідно також відмітити, що і Б.Ю. Вендельштейн у запропонованій моделі не враховує шаровату глинистість, а акцентує увагу на об'ємній. У цьому випадку при високій мінералізації ($C_e > 30$ г/л) питомий електричний опір подвійного електричного іонного шару також є сталим і рівним 0,22 Ом. Автор стверджує, що цей опір не залежить від кількості глинистого цементу та мінералогічного складу глин, однак для насичених глин значення питомого електричного шару, що видно із результатів досліджень, є сталим і рівне 0,80 Ом і для ущільнених глин різного мінералогічного складу, що $\rho_{\text{шар}} = 0,60$ Ом [66].

Таким чином, результати досліджень показали, що питомий електричний опір подвійного іонного шару є сталим для конкретних умов формування покладу вуглеводнів і в кожному конкретному випадку при встановленні причин низькоомності продуктивних порід за розрахунками питомих електричних опорів, необхідно враховувати структуру та текстуру глинистого матеріалу, а також тип глинистості.

Інформативність геофізичних досліджень, зокрема електричних вимірів, обумовлена недостатньою кількістю ефективних свердловинних методів та технологій їх проведення. Тому значного інтенсивного розвитку в останні роки набули розробки індукційного (ІК), бокового (БК), височастотного індукційного каротажу ізопараметричного зондування (ВІКІЗ). В результаті появи нового апаратурного забезпечення та новітніх технологій проведення свердловинних досліджень були створені передумови розробки комплексної програмної системи обробки та інтерпретації даних ГДС, яка успішно була реалізована Київським відділенням УкрДГРІ у вигляді програмної обробки даних ГДС "Геопошук" (автори: М.Д. Красножон, В.Д. Косаченко). В основі комплексної обробки даних ГДС є електричні методи, які дозволяють вирішувати ряд геологічних задач з оцінки характеру насичення, встановлення положення нафтогазоводяного контакту, виділення границь пластів. Найбільш ефективними при вирішенні вище перерахованих задач є методи БКЗ-БК-ІК та ВІКІЗ.

Список використаної літератури:

1. Підвищення ефективності електричних досліджень свердловин низькоомних порід-колекторів нафтогазових родовищ / Федоришин Д.Д., Федоришин С.Д., Коваль Я.М. // Науковий вісник. - Івано-Франківськ. 2006.
2. 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.
3. Федоришин Д.Д. Вивчення тонкопрошаркових розрізів міоцену Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину методами ГДС / Федоришин Д.Д.

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА МАЛОССА

Хім`як Надія Володимирівна, студентка групи НЗГ-23-1

Доцент кафедри ГРН, Омельченко Валерій Григорович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Газоконденсатне родовище Малосса відкрито в нафтогазоносному басейні По у Італії, за 24 км на схід від міста Мілан (рис.1). Басейн По розташований у однойменній западині По між Альпами та Апеннінами і простягається на схід до Адріатичного моря. Видобуток газоконденсату із родовища Малосса відбувається із відкладів, вік яких датується від тріасового до четвертинного періоду, найглибшою на сьогодні є свердловина Малосса 2, яка досягла глибини 6471 м, де газоконденсатний поклад залягає в середньотріасових карнійських доломітах формації Енсіно.

Родовище Малосса розташоване в західній частині тектонічної зони Мілано (див. рис. 1). Це родовище є одним із низки структур, що деформують мезозойський передгір'я западини По і були поховані під мезозойськими передгірськими хребтами на південь від поясу Південних Альп. Резервуар родовища утворений тріасовими тріщинуватими карбонатами і перекриті юрсько-крейдовою непроникною товщею. Результати дослідження вуглеводнів вказує на пізньотріасову материнську породу та літологічний склад порід, який широко поширений в Південних Альпах, на північ від розташування родовища Малосса. Результати дослідження керну із свердловин вказують на наявність верхньої частини тріасово-ліасових відкладів. Пастка утворена антиклінально з орієнтацією північний захід-південний схід, що занурюється як у північно-західному, так і в південно-східному напрямку. Площина великого зсуву має нахил на північний схід і зміщує структуру в південно-західному напрямку. Незначні розломи перетинають склепіння складки, створюючи структурні блоки в межах родовища. Згідно зі структурною моделлю, середня глибина до верхньо-мезозойського структурного поверху становить 5 км, а площа родовища складає близько 15 км² (рис. 2а). Кінцевий вік утворення пастки — переважно пізній міоцен, з деякою незначною реактивацією протягом пліоцену-плейстоцену.

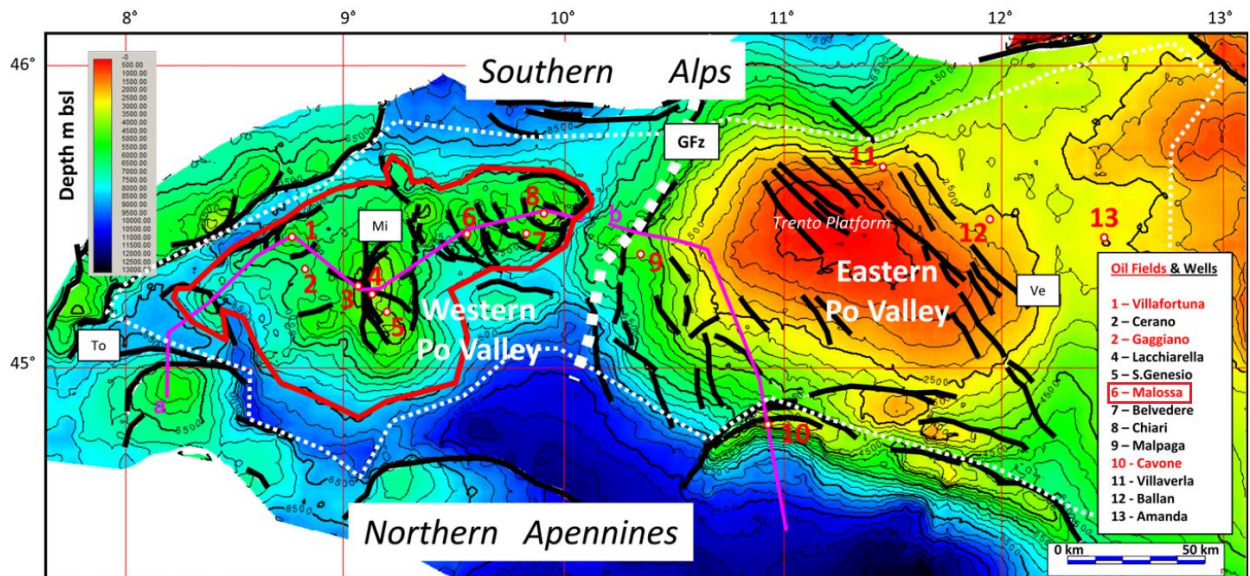


Рисунок 1. Схема розташування родовища Малосса на карті глибин верхніх мезозойських карбонатів [1]

Жирні чорні лінії – основні розломи у верхній частині мезозойських карбонатів, фіолетові лінії «а» і «б» поперечні розрізи.

Великі міста: Mi – Мілан, To – Турин, Ve - Венеція.

3D-модель структури (див. рис. 2b) показує, що структура Малосса була сформована у результаті складчастих процесів та насуву мезозойських карбонатів і пов'язаного з ними фундаменту. Побудовані розрізи через структуру (див. рис. 2c–e) підтверджують, що інверсія тріасо-ліасових басейнів розтягування визначає загальний структурний план у регіоні з реактивацією мезозойських розломів розтягування і створенням нових розломів, які локально перетинають існуючі височини. Структури Чіарі та Бельведер на північному сході від родовища Малосса є важливими і основним доказом інверсії басейну, що відбулася в західній частині западини По.

Таким чином можна зробити наступні висновки: ключові характеристики цих двох структур, порівняно зі структурою Малосса, є наступними (див. рис.2): (a) структури є інвертованими ліасовими напівграбенами, а потужні (5 км) мезозойські карбонати вертикально видавлені міоценовою інверсією (структура Малосса є по суті існуючий тріасово-ліасове підняття, деформоване кайнозойським зсувом); (b) мезозойські розломи реактивуються, тому можна стверджувати, що розломи, що існували до стиснення не представлені в 3D-моделі, пасивно зміщуються новими зсувами в структурі Малосса; (c) деяке тектонічне надмірне потовщення юрських відкладів можна інтерпретувати на підставі даних комплексного каротажу (дані свердловини Малосса, не реєструють жодного тектонічного порушення); (d) фундамент бере участь у формуванні структури (як у Малосса); та (e) вік нинішніх структурних форм є, в основному, пізньоміоценовим з деяким незначним впливом пліоценової тектоніки.

Список використаної літератури:

1. Vaghi, G.C., Torricelli, L., Pulga, M., Giacca, D., Chierici, G.L. & Bilgeri, D. 1980. Production in the very deep Malossa field, Italy. In: **Proceedings 10th World Petroleum Congress, Bucharest, Volume 3. Hayden & Son, London, 371–388.**

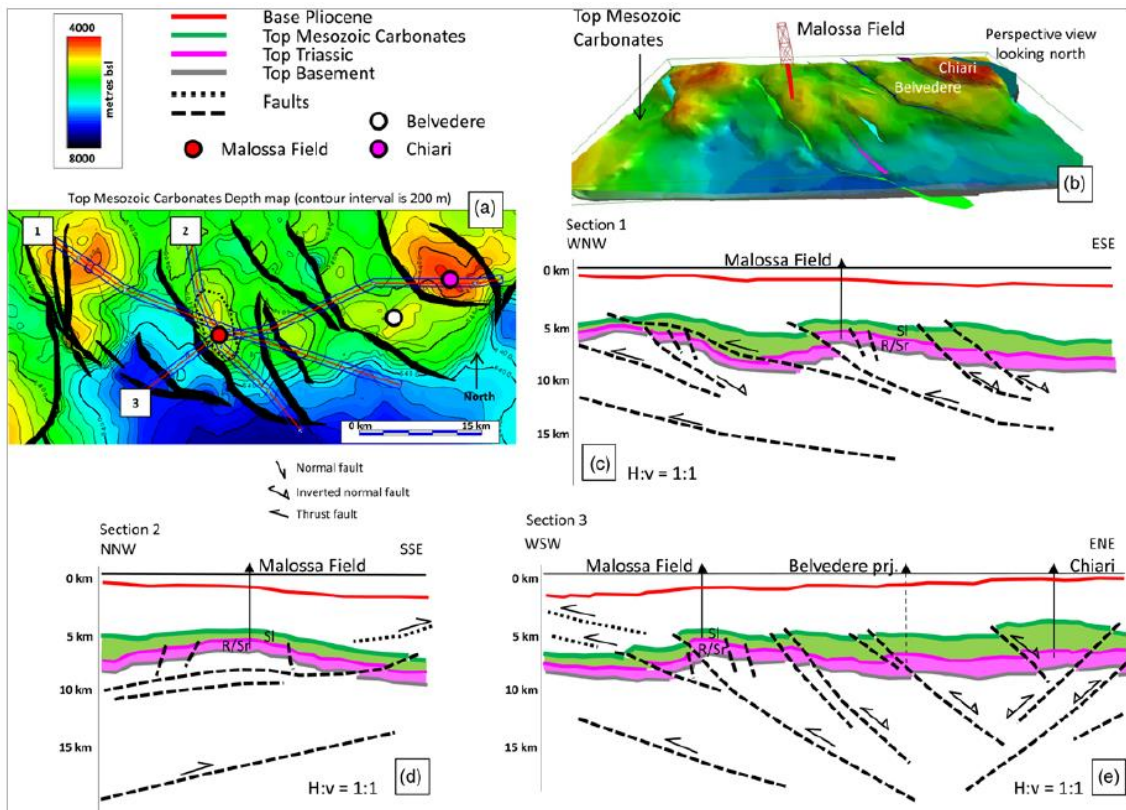


Рисунок 2. Розташування родовища Малосса [1]:

(a) - верхня мезозойська карта глибин; (b) - 3D-модель структури родовища та навколишніх структур; (c), (d), (e) - поперечні перерізи. R/Sr - резервуар і материнська порода; Sl – породи-покришки.



ГРУНТ ЯК КЛЮЧ ДО РОЗУМІННЯ НАДР: ЙОГО ВЛАСТИВОСТІ ТА РОЛЬ У ФОРМУВАННІ НАФТИ, ГАЗУ Й ВОДИ

*Лопатський Захар Тарасович, учень 9 класу
Івано-Франківській ліцеї № 23 імені Романа Гурика
Науковий керівник: Стиславська Анна Миколаївна,
АТ «Укргазвидобування», філія УкрНДГаз*

Ґрунт є складною природною системою, утвореною в результаті тривалої взаємодії гірських порід, кліматичних умов, рослинності, вод і живих організмів. У сучасній геологічній науці він розглядається не лише як поверхневий покрив Землі, а як активний геохімічний і гідрогеологічний бар'єр, який регулює міграцію речовин і енергії між літосферою, атмосферою та біосферою.

Його властивості — фізичні, хімічні, біологічні та механічні — відображають складні процеси, що відбуваються у надрах. Саме через аналіз ґрунтового покриву геологи отримують непрямі дані про глибинні структури, склад порід, наявність водоносних чи вуглеводневих горизонтів. Таким чином, ґрунт можна вважати своєрідним "ключем до розуміння надр".

Метою даної роботи є визначення ролі ґрунтів у процесах формування і виявлення нафти, природного газу та підземних вод, а також дослідження геологічних особливостей Передкарпатського прогину як однієї з найважливіших нафтогазоносних зон України.

Польові спостереження проводилися влітку 2025 року в межах Долинського, Рожнятівського та частково Надвірнянського районів Івано-Франківської області. Ці території розташовані у межах Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину, який утворився внаслідок геотектонічних рухів Карпатської системи та характеризується потужним шаром осадових відкладів. Залежності ґрунтів від можливих природних процесів на досліджуваних ділянках наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Залежність типу ґрунту від можливих природних процесів

Тип ґрунту	Тип процесу	Ймовірний результат	Приклад із району
Глинистий	Осадові процеси	Формування нафтових пасток	Долинський район
Піщаний	Фільтрація опадів	Утворення водоносних горизонтів	Рожнятівський район
Суглинистий	Переміщення ґрунтових вод	Витік газів через пори	Надвірнянський район

Під час спостережень проводився аналіз структури, кольору, вологості, пластичності та щільності ґрунтів. Дані польових спостережень співставлялися з відомими характеристиками ґрунтів, наведеними у працях українських і зарубіжних дослідників.

Установлено, що глинисті ґрунти мають низьку фільтраційну здатність (коефіцієнт фільтрації 10^{-9} – 10^{-7} м/с), що робить їх природними ізолювальними шарами. Вони сприяють утворенню водотривких горизонтів і газоутримуючих "пасток", у яких можуть накопичуватися вуглеводні сполуки — передусім метан, етан і пропан.

Натомість піщані та супіщані ґрунти відзначаються високою водопроникністю (до 10^{-3} м/с), що забезпечує вільну циркуляцію підземних вод. Саме такі шари часто формують водоносні горизонти, які збагачуються мінеральними речовинами при фільтрації через інші породи. Порівняння властивостей різних ґрунтів на досліджуваних ділянках наведені у таблиці 2.



Таблиця 2 – Порівняння властивостей різних типів ґрунтів

Тип ґрунту	Щільність (г/см ³)	Водопроникність	Пластичність	Геологічне значення
Глинистий	1.7–2.0	Низька	Висока	Утворює водотривкі шари, може накопичувати нафту й газ
Суглинистий	1.4–1.6	Середня	Середня	Може бути бар'єром або фільтром, залежно від складу
Піщаний (рихлий)	1.3–1.5	Висока	Низька	Формує водоносні горизонти, сприяє фільтрації води
Торф'яний	<1.2	Змінна	Низька	Має органічне походження, сприяє утворенню метану

Отримані результати підтверджують взаємозв'язок між типом ґрунту та формуванням природних ресурсів. У регіонах із переважанням глинистих порід, як-от Передкарпатський прогин, спостерігається більша ймовірність утворення нафтогазових пасток. Рихлі піщані утворення, характерні для річкових долин, пов'язані переважно з формуванням водоносних систем.

Ґрунти виконують не лише геологічну, а й екологічну функцію. Вони є природним фільтром, через який проходить вода, насичуючись мінералами і частково очищаючись від домішок. Порушення структури ґрунтового покриву внаслідок інтенсивного буріння чи нераціонального використання земель може призвести до забруднення підземних вод і деградації родючого шару.

Важливо також, що при бурових роботах властивості поверхневого ґрунту враховують при виборі бурових розчинів і цементувальних матеріалів. Згідно з даними Brian J., стабільність свердловини напряму залежить від структурної щільності та вологості верхніх шарів ґрунту, оскільки саме вони формують перші 10–20 м бурового стовбура.

Дослідження Basim Almauayhi показують, що водний режим ґрунтів суттєво впливає на хімічний склад підземних розсолів і, відповідно, на якість видобутих вуглеводнів. Це підтверджує необхідність вивчення поверхневих і підповерхневих шарів земної кори не лише з агрономічною, а й із геологічною метою.

Проведене дослідження дало змогу поглибити розуміння ролі ґрунту як геологічного індикатора та активного елемента у процесах формування природних ресурсів. Отримані спостереження засвідчують, що ґрунтовий покрив не лише відображає поверхневі процеси, а й прямо пов'язаний із глибинними явищами у надрах Землі.

Глинисті ґрунти, завдяки своїй низькій фільтраційній здатності, виконують функцію природного ізоляційного бар'єра, що сприяє накопиченню газів і нафти в осадових товщах. Піщані та рихлі ґрунти, навпаки, забезпечують інтенсивну фільтрацію води, формуючи умови для утворення водоносних горизонтів і природного очищення підземних вод.

Проведене дослідження дозволило встановити закономірності між фізико-хімічними властивостями ґрунтів і процесами формування природних ресурсів у межах Передкарпатського прогину. Отримані дані свідчать, що ґрунт є не лише продуктом поверхневих геоморфологічних процесів, а й активним компонентом геологічної системи, який безпосередньо відображає глибинні структурні особливості надр.

Виявлено, що глинисті ґрунти характеризуються низькою фільтраційною здатністю, високою пластичністю та стабільністю структури, що забезпечує їхню роль природних ізоляційних бар'єрів у формуванні нафтогазових пасток. Піщані й супіщані ґрунти, навпаки, мають високу водопроникність, що зумовлює їхню участь у циркуляції підземних вод і створенні водоносних горизонтів. Таким чином, спостерігається тісний зв'язок між морфологічними характеристиками ґрунтів і гідрогеологічними умовами території.

Результати польових спостережень в Івано-Франківській області засвідчили, що тип ґрунтів може бути використаний як індикативний критерій при прогнозуванні нафтогазоносності території. Особливо це стосується зон розвитку глинистих формацій



Бориславсько-Покутської нафтогазоносною областю, де відзначається висока концентрація структур-пасток.

Ґрунт, таким чином, виступає комплексним геохімічним, гідрогеологічним і геофізичним показником, який поєднує у собі властивості поверхневого шару та інформацію про глибинні процеси. Його дослідження має не лише теоретичне, а й прикладне значення — для пошуку нових родовищ, оптимізації бурових технологій і забезпечення екологічної безпеки.

Список використаної літератури:

1. Basim Almayyah. Heavy Metals - Recent Advances. 2023. Pp. 700.
2. Brian J. Alloway. Heavy Metals in Soils: Trace Meta.
3. Кравчук І. Л. Геологічна будова та нафтогазоносність Передкарпатського прогину. — Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2019. — 126 с.
4. Паньків З. П. Земельні ресурси: Навчальний посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 2008. 272 с.
5. Жовинський Е. Я Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України / За ред. Е. Я. Жовинського, І. В. Кураєвої. Київ. 2012. 156 с.

МІНЕРАЛИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ПОБУТІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ

Мартинюк Уляна Романівна, учениця 9 класу

Радчанський ліцей Івано-Франківської міської ради

Науковий керівник: вчитель Війтів Євгеній Павлович

Земна кора складається в основному з гірських порід, а гірські породи складаються з мінералів. Мінерал — це головне джерело генетичної інформації. Численні дослідження засвідчують, що в мінералі зафіксована вся історія їхнього утворення й перетворення, роль вмісних порід. Вони формуються з одного або з комбінацій кількох елементів. Деякі мінерали є критичними (наприклад, літій, кобальт, рідкісноземельні елементи) та незамінними для роботи електроніки, акумуляторів, сонячних панелей та вітрових турбін. Неможливо обійтися без мінерального палива (вугілля, нафта, уран). Мінералогія відіграє важливу роль у розробці наукових основ для пошуку корисних копалин, та вдосконалення технологій їх переробки. Налічують більше 5,5 тисяч мінералів, з яких людина навчилася пристосовувати близько 400. Проблематика полягає в видобутку і переробці мінералів часто призводить до забруднення ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод важкими металами та хімікатами, та до ерозії ґрунту. Видобуток корисних копалин призводить до значних змін природного ландшафту, знищення ґрунтового покриву та рослинності. Переробка мінералів спричиняє значні викиди парникових газів, що сприяє зміні клімату. Нераціональне використання найнеобхідніших мінералів становить серйозну загрозу для сталого розвитку людства. Для створення шахт необхідне масштабне знищення лісів. Актуальність мінералів охоплює два основних аспекти: їхню роль як фундаментальної сировини у виробничих процесах та їхню незамінність. Без них неможливий розвиток сучасної техніки, транспорту, виробництва електроніки, акумуляторів, сонячних панелей. Разом з тим, їх видобуток і переробка, ерозію ґрунтів і викиди парникових газів. Тому важливо розробляти екологічно безпечні технології використання мінеральних ресурсів.

Хімічна промисловість

Використовується для виготовлення солей, лугів, добрив. Калійні солі та фосфати є ключовою сировиною для виробництва мінеральних добрив, також селітра як азотне добриво. Апатит є сировиною для виробництва фосфорних добрив, та фосфатної кислоти. Зокрема, такі мінерали, як сірка та пірити є критично важливими для сірчанокислотного виробництва



Медицина і фармацевтика

Деякі мінерали та продукти застосовуються для виготовлення лікарських препаратів – мірабіліт (глауберова сіль), боржомі і нарзан (мінеральні води). У лікувальних цілях застосовуються мінеральні джерела. Також в медицині використовуються радіоактивні речовини. Широко застосованим є гіпс для пов'язок при переломах, галіт (кам'яна сіль), потрібен для хлориду натрію. Адже кальцій, фосфор і магній потрібні для міцності кісток, зубів.

Ювелірна сфері

Найтвердіший і найдорожчий мінерал у світі є алмаз. Мінерали діляться на дорогоцінні і виробні каміння. Сьогодні використовують срібло — перший метал, який освоїли люди. Дорогоцінні сапфір, рубін, смарагд. Органогенні мінерали утворені живими організмами: бурштин смола давніх хвойних дерев, перли з мушель моллюсків.

Будівництво і металургія

Важливою є глина, адже це сировина для цегли, черепиці, керамічної плитки також базальт і діорит. Без гіпсу, доломіту і кальциту побудувати будівлі було б неможливо. Застосовують Граніт- оскільки граніт міцний та при шліфуванні гладенький і красивими. Україна багата на поклади граніту. Мінерали – це фундаментальні природні речовини, які мають величезне значення. Вони не лише є основою земної кори, а й відіграють критичну роль у підтримці здоров'я людини, забезпечуючи нормальне функціонування всіх систем організму.

Список використаної літератури:

1. Матковський О. Мінерал. *Інститут енциклопедичних досліджень НАН України*. 2019. Т. 21 : Енциклопедія сучасної України. С. 1–2.
2. Джей Д. *Dovidka.biz.ua*. URL: <https://dovidka.biz.ua/vikoristannya-mineraliv/>.
3. Мінерали. *Library homepage*. URL: <https://ukrayinska.libretexts.org/>

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАФТИ БИТКІВ-БАБЧЕНСЬКОГО РОДОВИЩА

Проц Олександр Вікторович, учень 9 класу

Науковий керівник: вчитель хімії, Совін Ірина Орестівна, Івано-Франківський ліцей № 4

Нафта – це рідка горюча корисна копалина, яка є складною сумішшю вуглеводнів різних класів з невеликою кількістю органічних кисневих, сірчистих і азотних сполук. За зовнішніми ознаками: на дотик масляниста рідина, має специфічний запах, легша за воду, легко загоряється, у воді не розчиняється, розчинна в органічних розчинниках, на світлі люмінесцює. Її колір буває від світло-коричневого, іноді бруднувато-молочного до темно-бурого або чорного кольору, деколи із зеленкуватим відтінком. В природних умовах нафта містить розчинені в ній попутні гази та воду, в якій розчинені мінеральні солі [1].

Сира нафта практично ніде не використовується, а при її переробці отримують бензин, гас, дизельне паливо, мастильні матеріали, пластмаси, а також багато хімічних продуктів.

Від складу нафти, її певних фізичних властивостей (густина, в'язкість, фракційний та груповий склад, вміст сірки та масел) залежить її товарна якість і ринкова ціна.

Перед нами стояло завдання провести лабораторні дослідження проби нафти Битків-Бабченського родовища та визначити її густину, кінематичну в'язкість, вміст води та фракційний склад. На основі визначених фізичних властивостей встановити технологічну характеристику нафти.

Битків-Бабченське нафтогазоконденсатне родовище розташоване у Надвірнянському районі Івано-Франківської області. Належить до Бориславсько-Покутського нафтогазоносного району Передкарпатської нафтогазоносної області Західного нафтогазоносного регіону України. Перший промисловий приплив нафти отримано з менілітових утворень у 1889 р. [2].

Дослідження фізичних властивостей нафти проведено у лабораторії каустобіолітів ім. В. Б. Порфір'єва кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ ІФНТУНГ під час уроку технологій.

1. Густина – це маса нафти в одиниці її об'єму. Визначаємо густину нафти безпосередніми вимірами за допомогою *ареометра*: $\rho_n = 855 \text{ кг/м}^3$.

Перерахуємо до стандартних умов ρ_4^{20} за формулою:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \gamma(t-20)$$

$$\rho_4^{20} = 855 + 0,000699(16-20); \rho_4^{20} = 854,9 = 855 \text{ кг/м}^3$$

Визначаємо густину нафти за допомогою *пікнометра* за даними: m_3 - маса пікнометра з нафтою; $m_3 = 41,75 \text{ г}$, m_1 - маса порожнього пікнометра; $m_1 = 20,51 \text{ г}$, m – водне число пікнометра; $m = 24,8390$.



Проба досліджуваної нафти



Визначення густини нафти пікнометром



Результати фракційної перегонки нафти

Видима густина визначається за формулою:

$$\rho_1 = \left(\frac{m_3 - m_1}{m} \right), \text{ г/м}^3; \rho_1 = \left(\frac{41,75 - 20,51}{24,8390} \right) = 0,855 \text{ (г/м}^3)$$

Перераховуємо в дійсну густину за формулою:

$$\rho_4^{20} = 0,99703 \times \rho_1 + 0,0012; \rho_4^{20} = 0,99703 \times 0,855 + 0,0012$$

$$\rho_4^{20} = 0,854 \text{ (г/м}^3)$$

Визначили, що густина нафти складає 855 кг/м^3 .

2. В'язкість - властивість нафти чинити опір взаємному руху її частинок. Визначаємо кінематичну в'язкість за допомогою віскозиметра.

Температура, °C	№ дослідю	Час витікання, t, с	Середнє значення, t, с	Кінематична в'язкість, мм ² /с
20	1.	177	178	0,502
	2.	179		
30	1.	165	163,5	0,461
	2.	162		
40	1.	140	138,5	0,390
	2.	137		
50	1.	120	118,5	0,334
	2.	117		



Температура, °С	№ дослідю	Час витікання, t, с	Середнє значення, t, с	Кінематична в'язкість, мм ² /с
60	1.	102	101,5	0,286
	2.	101		
70	1.	91	90	0,254
	2.	89		

Стала віскозиметра 0,002821.

Визначили, що кінематична в'язкість зі збільшенням температури зменшується.

3. Вміст води та твердих домішок в нафті. Визначаємо вміст води в нафті за формулою:

$$X = \frac{V}{G} \times 100, (\%)$$

де V – об'єм води;

G – об'єм нафти.

$$X = \frac{0,25}{100} \times 100 = 0,25 \%$$

Визначаємо вміст твердих домішок за формулою:

$$y = \frac{V_n}{V_H} \times 100$$

де V_n – об'єм домішок;

V_H – об'єм нафти.

$$y = \frac{0,25}{10} \times 100 = 2,5 \%$$

Визначили, що вміст води складає 0,25 %, вміст твердих домішок – 2,5 %.

4. Фракційний склад нафти - нафта не має певної постійної температури кипіння, оскільки вона складається із компонентів, які можуть википати в інтервалі температур від 30⁰С до 600⁰С.

При виконанні фракційної перегонки отримали такі результати:

Об'єм досліджуваної проби 100 мл. Початок кипіння 86⁰С.

– при температурі 86-90⁰С википів петролейний ефір - 6 мл, що складає 6 %;

– при температурі 90-200⁰С википів бензин - 20 мл, що складає 20 %;

– при температурі 200-300⁰С википів гас - 23 мл, що складає 23 %;

Понад 300⁰С досліджувану пробу не нагрівали, дослід зупинився.

Визначили, що у діапазоні температур від 86⁰С до 300⁰С з досліджуваної проби нафти отримали (6+20+23) = 49 % світлих нафтопродуктів.

Отже, за фізико-хімічними параметрами та технологічними властивостями нафта Битків-Бабченського родовища:

- за густиною (855 кг/м³) – середня, її густина за стандартних умов перебуває в межах від 850 до 885 кг/м³;

- за вмістом води (0,25 %) – підготовлена до переробки, за вмістом твердих домішок (2,5 %) – перевищує допустимі значення, не може поставлятися на нафтопереробний завод і потребує подальшого очищення;

- за вмістом фракцій, що википають до 350⁰С – належить до типу Т₁, для якого притаманний високий вихід світлих нафтопродуктів.

Список використаної літератури:

1 Мончак, Л. С. Основи геології нафти і газу: підручник / Л. С. Мончак, В. Г. Омельченко ; Адаменко О. М., рец. – 2-ге вид., випр. та допов. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. – 284 с.

2 Атлас родовищ нафти і газу : у 6 т. / Т. 5 : Західний нафтогазоносний регіон. – Львів : УНГА, 1998. – 705 с.



КОРИСНІ КОПАЛИНИ СЕЛА ПАСІЧНА

Тимчук Василь Васильович, учень 11 класу

Науковий керівник: вчитель, Луців Євген Михайлович,

Пасічнянський ліцей Пасічнянської сільської ради

Село Пасічна розташоване в районі північно-східного Прикарпаття на правому березі річкової долини Бистриці – Надвірнянської на висоті 549 м над рівнем моря.

В тектонічному відношенні село Пасічна лежить у Скибовій зоні складчастої області Українських Карпат. До цієї зони у межах села приурочені родовища нафти, газу, заліза і скляних пісків, є кар'єр по видобутку щебню, гравію, гальки.

В геологічному розумінні в околицях Пасічної виділяється Пасічнянська світа (на глибині 50-200 метрів), що представлена сірими вапняками і темно-сірими, переважно вапнистими пісковиками, а також мергелями. Цікаво, що в межах села науковці виділяють ряд цінних геологічних об'єктів, що є важливими для науки і краєзнавчого пізнання. Це стратотип Бистрицької світи (зона насуну Оровської скиби на Берегову). Між селами Пасічна і Зелена в берегових виступах річки Бистриця – Надвірнянська відслонюється насувна зона, по якій флішові товщі Стрийської світи пізньокрейдового віку насунуті на піщано-глинисті флішові породи Вигодської (Пасічнянської) світи еоценового віку та скелети олігоценних риб знайдені в річковій долині Бистриці-Надвірнянської, в урочищі Руди Пасічнянського лісництва, водоспад Бухтівець в урочищі Майдан, джерело сірководневих вод.

Надра Пасічної багаті на різноманітні корисні копалини. В XVII-XVIII століттях в селі була **солеварня** («жупа»), але з часом соляні джерела, через недостачу соляної ропи, зникли. Так, згадкою в селі про це є прізвисьце Зварич, яке походить від назви ремісників, що варили сіль і були головними на цьому промислі.

В 90-х роках XIX ст. функціонувала в селі Пасічна також невелика гута заліза (підприємство по виробництву заліза). Однак, як зазначає В.Шухевич у своїй книзі «Гуцульщина»: «В селі Пасічна була колись гута заліза, яке витоплювано із тамошніх сферосидеритів; вони мали всього 20% заліза, через те і не оплатилася робота».

З 1860-х років в Пасічній розпочинається видобуток нафти. Нафтоносність пов'язана тут з пісковиками менілітової серії палеогену. Густина нафти 850-870 кг на куб.м. вміст парафіну 7,1-13,8%, сірки – 0,4-0,5%. Поклади газу і газоконденсату пов'язані з пісковиками еоцену. Густина конденсату 740-760 кг на куб.м, густина газу 0,59-0,64 кг на куб.м, за хімічним складом – метановий (метан – 87-96%, вуглекислоти – 0,2-0,6,5%, азот – 0,3-2,4%).

Нафту тут видобували баддями з колодязів. Це був, так званий «колодязний» період розробки нафтового родовища, який продовжувався до 1890 року. Такий метод видобутку нафти був дуже примітивний і надзвичайно трудомісткий.

У 1881 році в Пасічній було 19 свердловин, із них 11 верчених і 8 копаних глибиною до 40 м. В 1880 році тут видобувалося денно до 50 центнерів нафтової ропи. За період з 1886 по 1888 роки на Пасічнянському і Битківському родовищах видобуто 632 цнт нафти. А в 1913 році тут уже видобувалося 37 тис. тон нафти.

Початок механічного нафтовидобутку в селі Пасічна відноситься до 1890 року. З цього часу починається другий період розробки родовища, який характеризується впровадженням в буріння ударних станків, а в експлуатації глибинних насосів.

У 1891 році тут діяло 12 свердловин, які давали 690 тон нафти. В 1902 році – 55 бурових з дебітом 2360 тон.

Пасічнянська нафта була надзвичайно високоякісною. Вона мала до 40% бензину. Тому її охоче відправляли на експорт. З 1920 року на нафтопромислах села Пасічна почали



будувати перші нафтові вишки.

Після воєнних років почалася відбудова Пасічної. Завдяки зусиллям нафтовиків до середини лютого 1948 року були відновлені всі нафтові свердловини в селі.

В 1958 році в селі Пасічна збудовано магістральний нафтопровід Пасічна-Надвірна. Цього ж року при дорозвідуванні складки Глибинної було виявлено наявність газоконденсатних покладів. Їх розвідка здійснювалась в період з 1958 по 1963 роки. За цей час пробурено 15 свердловин.

В 1964 році став до ладу Пасічнянський газопромисел, а у 1979 році - нове нафтогазове родовище.

В 1994 році розпочато буріння Битківського родовища (на горі Діл), відкритого ще в 1970 році. В 1998 році тут видобуто 75 млн. м³ газу, а його запаси становлять 500 млн. м³.

Діють у селі Пасічна три **кар'єри** нерудних копалин.

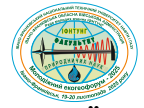
Найбільшим є Пасічнянський комбінат нерудних копалин «Нерудник». Основна продукція комбінату – це щебінь, а також камінь бутовий і висівка віддроблення.

Спецкар'єр Івано-Франківського обласного родовища веде розробку відкритим способом Пасічнянського родовища пісковиків і виробляє щебеневу продукцію.

В 1963 році вступив в дію Пасічнянський кар'єр, який є дільницею Надвірнянського кар'єру. Підприємство випускає продукцію нерудних матеріалів: щебінь, пісок. Однак зараз у зв'язку з економічною кризою в державі обсяги виробництва промислової продукції підприємствами села різко знизились.

Список використаної літератури:

1. Габорак М. Назви поселень Івано-Франківщини. Історико-етимологічний словник. – Івано-Франківськ: ОППО, 2007. – 200 с.
2. Гандзюк Р. Надвірна: історичний нарис. – Івано-Франківськ: Сіверсія, 1999. – 276с.
3. Грабовецький В. Гуцульщина XIII-XIX ст.: Іст. нарис. – Львів: Вища шк. Вид-во при Львів. ун-ті, 1982. – 151 с.
4. Гуцульщина. Історико-етнографічне дослідження./ Відп. ред. Ю.Г. Гошко. – Київ: Наукова думка, 1987. – 472 с.
5. Газета «Народна воля» 1990-2010 рр., Надвірна.
6. Державний комітет статистики. Паспорт Надвірнянського району. – Івано-Франківськ, 2005.
7. Домашевський М. Історія Гуцульщини. Т.1. – Чикаго - Львів, 1995. – 501 с.
8. Кайдль Р. Гуцули: їх життя, звичаї та народні перекази. – Чернівці: Видавництво газети "Молодий буковинець", 2000. – 208 с.
9. Клапчук В. Гуцульщина та гуцули: економіка і народні промисли (друга половина XIX-перша третина XX ст.). – Львів–Івано-Франківськ: Фоліант, 2009. – 508 с.
10. Клапчук В. Делятинщина: історико-географічне дослідження. – Делятин, 2007. – 583с.
11. Максим'юк М. Витоки нафтових копалин Надвірнянщини. – Надвірна: Газета «Народна воля», №79-81. 10.09.2010.
12. Пастернак Я. Станіславівщина у сивій давнині. - Альманах Станіславської землі: Збірник матеріалів до історії Станіславова і Станіславівщини. Т.1; - Нью-Йорк, 1975.
13. Процак Р. Назви населених пунктів. – Івано-Франківськ, 2001. – 139 с.
14. Страгора. Книга про Надвірнянщину. – Львів: Світло й Тінь, 1994. – 149 с.
15. Украинские Карпаты. История./ Сливка Ю.Ю., Исаевич Я.Д., Масловский В.И. и др. – Киев: Наук. думка, 1989. – 264 с.



ГЕОЛОГІЧНА РОЛЬ ТРІЩИНУВАТОСТІ У МІГРАЦІЇ ТА АКУМУЛЯЦІЇ ВУГЛЕВОДНІВ

*Липчук Мирослав Васильович, аспірант кафедри ГРН
Доцент кафедри ГРН Трубенко Олександр Миколайович
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Визначення чинників, що впливають на процес формування покладів нафти й газу, має важливе значення для ефективного проведення пошуково-розвідувальних робіт. Одним із таких чинників є тріщинуватість гірських порід. Це питання було детально вивчене на території Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину.

У результаті досліджень встановлено, що коефіцієнт густоти тріщин у неогенових відкладах цієї зони варіює в межах від 8,7 до 22,5 м⁻¹. Його значення залежать від літологічного складу порід і положення в межах структури (на склепінні, крилі або в зоні перегину пластів). Виявлено закономірність зміни коефіцієнта густоти тріщин у породах різного літологічного складу: найбільші значення спостерігаються в аргілітах, нижчі — в алеволітах, а найменші — у пісковиках. Також відзначено, що в породах однакової твердості, але різної потужності, відстань між тріщинами зменшується зі зменшенням товщини шару. На основі польових спостережень складено карто-схему просторового розподілу коефіцієнтів густоти тріщин у межах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину.

Проведені дослідження зміни густоти тектонічних розломів і розривів у неогенових відкладах на різних глибинах та використовуючи метод «ковзного виміру» [1], побудовано карто-схему густоти розривних порушень гірських порід у межах досліджуваної території. Аналіз отриманих карт показав, що підвищення густоти тектонічних розривів і розломів супроводжується збільшенням загальної тріщинуватості порід. Саме на таких ділянках найчастіше спостерігається локалізація промислових покладів вуглеводнів.

Про це свідчить суміщення зон підвищених значень коефіцієнтів густоти тріщин із ділянками підвищеної густоти розривів і розломів, а також з картою нафтогазоносності регіону. Встановлено, що більшість зон з високими показниками тріщинуватості та густоти розривів збігаються або майже збігаються з площами відомих промислових родовищ нафти й газу.

Отримані результати свідчать про закономірний зв'язок між зонами підвищеної тріщинуватості й розломності гірських порід та ділянками, де відбувався процес формування покладів вуглеводнів. Інформація про поширення зон тектонічного дроблення може бути використана для більш цілеспрямованого проведення пошуково-розвідувальних робіт у районах, перекритих покришковими породами. Це пояснюється тим, що в межах тріщинуватих ділянок породи характеризуються покращеними колекторськими властивостями, що створює сприятливі умови для акумуляції нафти й газу під покришками. Крім того, тектонічні тріщини, розриви й розломи можуть виступати головними каналами міграції флюїдів.

За результатами проведених досліджень встановлено, що промислові поклади вуглеводнів у межах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину приурочено до ділянок з підвищеною тектонічною та літологічною порушеністю. Це дозволяє зробити висновок, що тріщинуватість і розривні порушення гірських порід відіграють важливу роль у процесі формування нафтових і газових покладів, а також можуть бути використані як додатковий критерій під час прогнозування нафтогазоносності території.

Список використаної літератури:

1. Datar, M., Motwani, R. (2016). The Sliding-Window Computation Model and Results. In: Garofalakis, M., Gehrke, J., Rastogi, R. (eds) Data Stream Management. Data-Centric Systems and Applications. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-28608-0_7

ЗОНА КРОСНО – ПЕРСПЕКТИВИ ПОШУКУ НАФТИ І ГАЗУ

Осташ Олег Миколайович, аспірант кафедри ГРН

Доцент кафедри ГРН Омельченко Валерій Григорович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Отримання непромислових припливів вуглеводнів у низці свердловин, що пробурені поблизу встановлених структурних об'єктів, підтверджують перспективи нафтогазоносності зони Кросно на території України. У тезах представлено результати аналізу даних буріння свердловин на території досліджень.

Зона Кросно бере початок поблизу Головного вододілу у верхів'ї річки Вуж за межою регіонального Дуклянського насуву (Ужоцький перевал – північний схил Пікуйського хребта – с. Задильське – м. Воловець). За характером її будови та типами відкладів палеогену у її межах розрізняють дві підзони: південну - Соймєнську та північну – Турківську (рис.1).

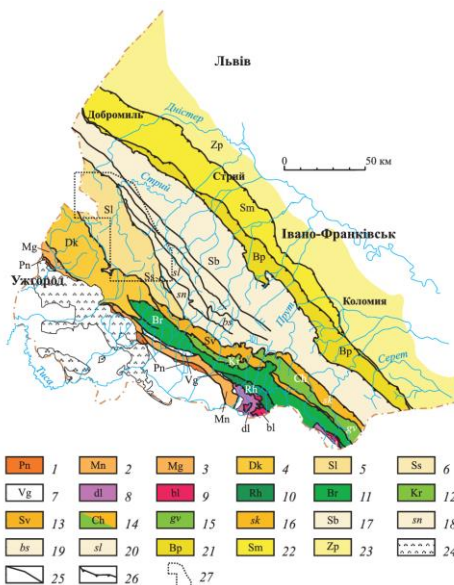


Рисунок 1. Тектонічні одиниці Українських Карпат [1].

1–6 – тектонічні одиниці, розвинені перед фронтом мегаблоку АЛКАПА (1–2 – Внутрішні Карпати, 3–6 – Зовнішні Карпати, внутрішні флішові покриви): 1 – Пієнінська зона; покриви: 2 – Монастирецький (внутрішньокарпатський фліш), 3 – Магурський, 4 – Дуклянський, 5 – Кросненський (Сілезький), 6 – Субсілезький (Голятинська структура); 7–9 – тектонічні одиниці мегаблоку Тися-Дакія (Внутрішні Карпати): 7 – Вежанський покрив (Мармароські скелі), 8 – Діловецький покрив Мармароського масиву, 9 – Білопотоцький покрив Мармароського масиву; 10–16 – тектонічні одиниці, розвинені перед фронтом мегаблоку Тися-Дакія (Зовнішні Карпати, внутрішні флішові покриви): 10 – Кам'янопотоцький та Рахівський покриви, 11 – Буркутський покрив, 12 – Красношорський покрив, 13 – Свидовецький покрив, 14 – Черногірський покрив; субпокриви: 15 – Говерлівський, 16 – Скупівський; 17–21 – тектонічні одиниці, розвинені перед двома мегаблоками (Зовнішні Карпати, зовнішні флішово-моласові покриви): 17 – Скибовий покрив, 18 – скиба Синевиру, 19 – скиба Брустуранки, 20 – скиба Славська, 21 – Бориславсько-Покутська одиниця; 22 – Внутрішня зона Передкарпатського неогенового прогину (Самбірський покрив); 23 – Зовнішня (Більче-Волицька) зона Передкарпатського прогину; 24 – неогенові вулканіти Закарпаття; 25 – розломи; 26 – поверхні крупних насувів; 27 – місцезнаходження тектонічної схеми

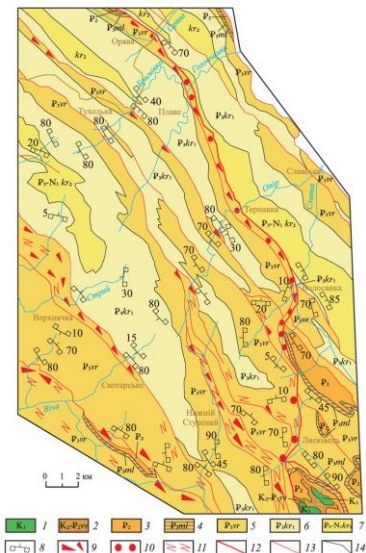
У Кросненській зоні тектонічним аналогом Бориславсько-Покутських складок є Переддуклянська смуга, яка частково перекрита Дуклянським покривом, де прогнозується нагромадження глибинних флішових складок-зсувів, похованих у кросненських відкладах. Однією з таких складок є Ветлінська, яка розміщена на території Польщі, де виявлено промислові поклади газу в олігоцені.

Прояви нафти і бітумів у Кросненській зоні відзначалися в картувальних свердловинах на площі Луги у межах Південної та Північно-Лузької складок, а також у відкладах олігоцену.

Велика кількість природних поверхневих проявів вуглеводнів у районі площі Луги була причиною постановки тут пошукових робіт на нафту.

За наявності пасток у зоні зчленування Дуклянського і Кросненського покривів, можна очікувати тут відкриття промислових покладів газу та газоконденсату.

Кросненська зона слабо вивчена сейсморозвідкою та бурінням, тому сейсморозвідка є основним методом вивчення структурних елементів геологічної будови складчастої споруди Кросненської зони. Згадані структурні елементи, як правило, на результируючих часових розрізах, знаходять лише часткове, фрагментарне відображення. Інтерпретація таких хвильових полів разом із даними глибокого буріння та поверхневої геології дозволяють створювати моделі геологічної будови, які найбільш наближені до реальної геологічної ситуації (рис. 2).



1 – нижньокрейдовий темний фліш шипотської світи; 2 – верхньокрейдово-еоценові строкаті мергелі венгловецького типу; 3 – еоценовий фліш; 4 – менілітова світа; 5 – верецька (перехідна) світа; 6 – нижньокросненська підсвіта (товсторитмічний піскуватий фліш); 7 – середньокросненська підсвіта (середньоритмічний сірий фліш); 8 – елементи залягання пластів порід (прямокутниками показано нижню поверхню шарів); 9 – тектонічні брекчії, меланж крихкого типу; 10 – тектонічний меланж пластичного типу; 11 – зони розвитку інтенсивної дрібної складчастості; 12 – розломи головні, границі покривів; 13 – розломи другорядні; 14 – геологічні границі стратонів.

**Рисунок 2. Геологічна карта східної частини Кросненського покриву та прилеглого сегмента Скибового покриву в басейнах верхньої течії рік Стрий, Опр, Віча, Ріка [1].
клав О. М. Гнилко за маршрутними спостереженнями**

За результатами кореляції часових розрізів та даними буріння було зроблено висновок про те, що Кросненська зона є покривом з вузькою крутозалягаючою лускою, яка виведена на поверхню і є несприятливою для утворення покладів вуглеводнів, що суперечить результатам буріння на суміжній території Польщі.

Натомість зв'язок більшості джерел нафти з поздовжніми дислокаціями підтверджує наявність можливих скупчень покладів нафти та газу на великих глибинах, звідки і відбувається їх вихід на поверхню. У зв'язку з цим виник новий напрямок оцінки перспектив нафтогазоносності, який пов'язувався з піднасувовими параавтохтонними структурами Кросненської зони.

Глибинна будова осадових відкладів зони Кросно вивчена сейсмічними дослідженнями, з яких можна зробити наступні висновки:

- вивченість глибинної будови Кросненської зони недостатня.
- недостатня кількість регіональних поперечних сейсмічних профілів за повної відсутності поздовжніх.
- низька інформативність часових розрізів і відсутність прив'язки сейсмічних горизонтів, до впевнених стратифікованих реперів у параавтохтонних частинах геологічного розрізу.

Проведені в межах Кросненської зони дистанційні дослідження підтвердили загальний депресивний характер її будови. За даними результатів дистанційних досліджень, найбільш перспективною вважається північно-західна частина Кросненської зони, де на тлі регіональної депресії виділяються значні за розмірами локальні позитивні морфоструктури.

Кросненська зона більшістю дослідниками вважається найперспективнішою територією для пошуків вуглеводнів у Складчастих Карпатах.

На суміжній території Польщі в Сілезькій (Кросненській) зоні відкрито десятки родовищ нафти та газу.

В результаті аналізу геолого-геофізичних матеріалів можна зробити наступні висновки:

- детально зона вивчена лише геологічною зйомкою.
- перспективи пошуків покладів вуглеводнів у Кросненській зоні слід пов'язувати з алохтонними та параавтохтонними флішовими утвореннями та мезо-палеозойськими структурами Карпат.

Список використаної літератури:

1. Гнилко О.М. / Про північно-східну границю Кросненської тектонічної зони в Українських Карпатах / О. Гнилко // Геологія і геохімія горючих копалин. — 2010. — № 2 (151). — С. 44-57.



ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ САРМАТСЬКИХ ГЛИН ГОЩАНСЬКОГО РАЙОНУ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Логажевський Євген Богданович, студент групи Б-24-2

Професор кафедри ГРН Хомин Володимир Романович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Сарматські глинисті відклади поширені у південно-західній Європейській частині Східноєвропейської платформи та повсюдно залягають на території від Карпат до Чорного моря, в Криму, на Кавказі і загалом переходять на інший бік Каспійського моря. Уся територія, де поширені сарматські відклади, була морським басейном з кількома незначними затоками. Уперше сарматські верстви були виокремлені від решти відкладів у 1847 р. науковцем Герпесом у Віденському басейні. Потім геологи: Еге. Зюсс, Н. П. Баррбот а Марні, Н.І. Андрусов, Г.В. Абіх, Д.Л. Іванов, В.П. Колесников, С.А. Гатуєв, П.А. Православльов, В.А. Кузнецов, К.А. Прокоповим, Є.Є. Мілановський, В.Є Хаїн, а далі вже інженери-геологи: С.І. Чарноцький, Ю.І. Шпільберг, С.А. Шагоянц, П.В. Царьов, А.І. Клименко, О.М. Монюшка, С.І. Пахомов, Г.П. Михайловський, Н.А. Григорович-Березовський, О.М. Криштофович, О.К. Ланге, Ю.І. Олянський, В.М. Вовк, О.П. Богдевич, Р.С. Зіангаров, А.А. Аносова, Т.І. Робустова, М. Абелєв, Є.А. Сорочан та ін. детально вивчили властивості сарматських глин, дещо розширили та деталізували доповненнями отримані попередні знання.

Глинисті породи відкладів сармату накопичувалися у Сарматському морському басейні. Східна частина цього басейну характеризувалася дещо підвищеною солоністю води, тоді як у західній Галицько-Подільсько-Докійській частині басейну відбувалося розведення морської води річковим стоком Східноєвропейської платформи. Тому на сході сформувалися глинисті відклади з підвищеною мінералізацією розчину, ніж, відповідно, на заході басейну.

Стан та фізичні властивості досліджуваних сарматських глин на території Сарматського морського басейну характеризуються деякою їхньою неоднорідністю за площею чи глибиною залягання, що ймовірно пов'язано з умовами осадоагромадження та подальшими змінами стану і фізико-механічних властивостей відкладів під впливом різноманітних процесів, зокрема діагенезу чи епігенезу, процесів вивітрювання, а також безпосередньо з тектонічними умовами району.

Усі відмінності у складі та фізичних властивостях досліджених глин обох регіонів відображаються у їхній міцності та процесах набухання. Засоленіші глини Північного Причорномор'я, що відрізняються підвищеними показниками вологості, набухають менше, ніж подібні одновікові відклади з Гощанського району Рівненської області. Тиск набухання перших глин у середньому на один порядок нижчий, ніж других. Така закономірність спостерігається і щодо міцності, але різниця у показниках міцності є дещо меншою.

Вилуговування менше засолених глин Гощанського району Рівненської області у лабораторних умовах довело, що внаслідок процесів розущільнення міцність цих порід знижується приблизно у 2-4 рази. І цей процес безпосередньо залежно від наявності у досліджуваному вихідному зразку піриту. Інтенсивніше піддаються процесам розущільнення і стають менше міцними глини, що мають дуже незначний вміст або не містять піриту.

Прогноз міцності сарматських глин, що піддаються тривалому впливу води в основах інженерних споруд, досить надійно може здійснюватися методом ймовірнісних аналогій з використанням емпіричних оцінок ймовірностей прогнозних факторів регіону-аналогу. Прогнозування міцності сарматських глин Гощанського району Рівненської області також може бути з використанням вказаної методики. Проте, цьому має передувати типізація глин досліджуваного регіону за стійкістю до обводнення, підбір прогнозних факторів, а також емпірична оцінка їхніх ймовірностей.



ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ З ПЛАСТОВИХ ВОД ВИСНАЖЕНИХ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

Бойко Володимир Ігорович, аспірант групи А-Е4-25

Професор кафедри ГРН, Куровець Сергій Сергійович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Зростання попиту на критичні мінерали, такі як літій, стронцій, рідкісноземельні елементи (РЗЕ), обумовлене розвитком електромобільності, виробництва акумуляторів та високотехнологічної електроніки. Традиційні джерела цих елементів обмежені, що стимулює пошук альтернативних ресурсів. Одним із перспективних напрямів є вилучення цінних компонентів із пластових вод виснажених нафтових і газових родовищ.

Критична мінеральна сировина є основою сучасних високотехнологічних галузей, таких як виробництво акумуляторів, електроніки та засобів зв'язку. До цієї групи належать літій, рідкісноземельні елементи, йод, бром та бор. Літій, зокрема, є ключовим компонентом літій-іонних батарей, що використовуються в електромобілях та системах накопичення енергії. Рідкісноземельні елементи застосовуються у виробництві магнітів для вітрових турбін та електродвигунів. Йод і бром мають значення для фармацевтичної та хімічної промисловості. Зростання попиту на ці ресурси робить їх стратегічно важливими для енергетичного переходу.

Пластові води, що супроводжують видобуток нафти та газу, містять розчинені солі та мінерали, концентрація яких залежить від геологічних умов родовища. Дослідження показують, що у пластових водах можуть міститися значні кількості літію, стронцію, йоду та бромю. Наприклад, у деяких родовищах США концентрація літію досягає 50–150 мг/л, а йоду – понад 200 мг/л. В Україні перспективними є Прикарпатський нафтогазовий басейн, де пластові води багаті на йод і бром, а також Дніпровсько-Донецька западина, яка може стати джерелом літію. Використання цих ресурсів дозволить зменшити залежність від імпорту критичних мінералів.

Сучасні технології вилучення мінералів із пластових вод базуються на комбінації фізико-хімічних методів. Найбільш поширеним є іонний обмін із застосуванням селективних сорбентів, що дозволяють ефективно вилучати літій навіть при низьких концентраціях. Мембранні технології, такі як нанофільтрація та зворотний осмос, використовуються для концентрування солей і зменшення об'єму води. Електрохімічні методи, включаючи осадження та електроліз, застосовуються для отримання чистих сполук. Перспективним напрямом є гібридні системи, які поєднують мембранні та сорбційні процеси, забезпечуючи високу ефективність і економічність.

Економічна доцільність вилучення критичних мінералів із пластових вод залежить від концентрації елементів, вартості технологій та можливості комплексного використання ресурсів. Основною проблемою є низький вміст літію та рідкісноземельних елементів у воді, що підвищує собівартість процесу. Однак економічна ефективність зростає при одночасному вилученні кількох компонентів, наприклад літію, йоду та бромю, а також при повторному використанні очищеної води. Додатковим фактором є зниження витрат на утилізацію пластових вод, що робить проекти більш привабливими для інвесторів.

Вилучення мінералів із пластових вод має значні екологічні переваги. По-перше, це зменшує обсяг забруднених стоків, які традиційно скидаються у навколишнє середовище. По-друге, повторне використання очищеної води сприяє раціональному водокористуванню. По-третє, такий підхід відповідає принципам циркулярної економіки, коли відходи перетворюються на ресурс. Це особливо важливо для регіонів із високим рівнем видобутку нафти та газу, де проблема забруднення води є актуальною.

Україна має значний потенціал для впровадження технологій вилучення критичних мінералів із пластових вод. Прикарпатський нафтогазовий басейн може стати джерелом йоду та бромю, а Дніпровсько-Донецька западина – літію. Для реалізації цього потенціалу



необхідно створити пілотні установки на базі існуючих нафтогазових підприємств, провести детальні дослідження хімічного складу пластових вод та розробити економічні моделі. Важливу роль відіграє державна підтримка, залучення інвестицій та інтеграція у світові ланцюги постачання критичних мінералів. Це дозволить Україні зміцнити свою позицію на ринку стратегічних ресурсів і сприяти енергетичному переходу.

Список використаної літератури:

1. Григор'єв В. А. Перспективи вилучення літію з пластових вод нафтових родовищ // Нафтогазова галузь України. 2023. № 4. С. 12–18.
2. U.S. Geological Survey. Lithium Statistics and Information [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.usgs.gov> (дата звернення: 19.11.2025).
3. Патент України №123456. Спосіб вилучення літію з пластових вод. Опубл. 2022.
4. Zhang T., et al. Lithium extraction from oilfield brines: technologies and challenges // Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 350. P. 131–145.

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ПАЛЕОГЕНОВИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

Михайлович Олесь Романович, аспірант групи А-Е4-25

Професор кафедри ГРН, Куровець Сергій Сергійович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Вперше видобуток нафти на території України розпочато в Передкарпатті. В кінці ХІХ – на початку ХХ століття з початком глибокого буріння свердловин нафтова промисловість, як галузь промислового виробництва, розвивалась на базі Бориславського нафтового родовища. На даний час, за рахунок власного видобутку вуглеводнів Україна задовольняє свої потреби у паливі лише на 20 %. Тому основним завданням сьогодення є збільшення рівня самозабезпечення вуглеводневою сировиною. Це вимагає системного та комплексного аналізу матеріалів з геологічної будови району досліджень, нафтогазоносності надр та даних розробки родовищ для виявлення нових нафтогазоперспективних об'єктів у старих, освоєних регіонах, до яких відноситься Західний нафтогазоносний регіон. У зв'язку з цим, актуальним є питання дослідження поширення та перспектив нафтогазоносності порід-колекторів Бориславського НГПР.

Вивченню колекторських властивостей порід-колекторів Внутрішньої зони Передкарпатського прогину на сучасному етапі присвячені праці Г.Ю. Бойка, О.О. Орлова, Б.Й. Маєвського, М.І. Манюка, С.С. Куровця, Т.В. Здерки, І.Т. Штурмак, А.В. Яреми та інших. У даних працях неодноразово підкреслювалась значна роль тріщинуватості у покращенні колекторських властивостей порід-колекторів родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину. Вказані автори відзначають, що для олігоценів порід-колекторів характерним є поровий, порово-тріщинний або тріщинно-поровий тип колектора. Вони вважають, що важливе значення серед тріщин належить літогенетичним. Передумови для утворення літогенетичних тріщин вздовж нашарування в олігоценів відкладах закладались на стадії седиментогенезу і зумовлені ритмічними змінами умов осадконагромадження в осадковому басейні.

Аналіз літературних джерел, які присвячені вирішенню питання впливу постседиментаційних процесів на породи-колектори, вказує на те, що на великих глибинах, виходячи із закономірностей геодинамічного ущільнення порід не слід очікувати порід-колекторів з високими ФЄВ. Водночас, Я.І. Добровольська та Л.П. Гордєєва (1974) вказують на покращення ФЄВ в ущільнених палеогенових породах-колекторах за рахунок тріщинуватості, чим і пояснюються промислові припливи нафти з горизонтів з низькою міжзерною проникністю.



Вивчення закономірностей поширення палеогенових порід-колекторів дозволить мінімізувати пошуковий ризик на подальших стадіях геологорозвідувальних робіт; дослідження тріщинуватості палеогенових порід-колекторів та її вплив на процес нафтовилучення є актуальним питанням сьогодення і потребує детального вивчення.

Список використаної літератури:

1. Маєвський Б.Й. Особливості поширення порід-колекторів Бориславського НГПР та вплив тріщинуватості на їх ємнісно-фільтраційні властивості / Б.Й. Маєвський, І.Т. Штурмак, А.В. Ярема, С.С. Куровець, Т.В. Здерка // Нафтова і газова промисловість. – 2009. – № 5-6. – С. 7-9.

2. Маєвський Б.Й. Тріщинуватість олігоценових порід-колекторів Орів-Уличнянського нафтового родовища та її вплив на процес нафтовилучення / Б.Й. Маєвський, І.Т. Штурмак, А.В. Ярема, С.С. Куровець, Т.В. Здерка // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2010. – №3-4. – С. 193-198. (

3. Маєвський Б.Й. Ємнісно-фільтраційні властивості глибокозалягаючих палеогенових порід-колекторів Бориславського НГПР та особливості їх нафтогазоносності / Маєвський Б.Й., Ярема А.В., Куровець С.С., Здерка Т.В. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – № 1 (38). – С. 32 – 39.

4. Mayevskyy Borys Lithogenetic fracturing of Oligocene reservoir-rocks of the pre-Carpathian Depression / Borys Mayevskyy, Taras Zderka, Sergiy Kurovets and Andriy Yarema // Journal of Hydrocarbons Mines and Environmental Research. – 2010. – P. 53 – 59.

5. Маєвський Б.Й. Вплив постседиментаційних процесів на ємнісно-фільтраційні властивості палеогенових порід-колекторів Бориславського НГПР та їх нафтогазоносність / Б.Й. Маєвський, А.В. Ярема, С.С. Куровець, Т.В. Здерка // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2012. – № 1. – С. 68 – 78.

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ

Симчич Богдан Миколайович, аспірант групи А-Е4-25

Професор кафедри ГРН, Куровець Сергій Сергійович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Використання ШІ для аналізу геофізичних даних сейсмічних досліджень, геохімічних проб, а також моделювання й прогнозування покладів нафти та газу в цьому регіоні може дати нові можливості для відкриття нових родовищ і покращення ефективності видобутку.

Завдяки алгоритмам машинного навчання можна швидше та точніше визначити потенційні райони для буріння, знизити кількість помилок та аварій, а також мінімізувати витрати на геологорозвідувальні роботи.

Метою роботи є вивчення можливостей застосування ШІ для аналізу геологічного середовища за комплексуванням різноманітних методів (на прикладі Західноукраїнського нафтогазоносного регіону).

Отже які завдання може вирішувати ШІ:

1. Аналіз та інтерпретація геофізичних даних
 - Завдання: Обробка та аналіз великих обсягів даних, отриманих від сейсмічних, магнітних, гравітаційних та інших геофізичних методів.
2. Прогнозування наявності нафтогазових родовищ
 - Завдання: Прогнозування місць для буріння та оцінка потенційних покладів нафти і газу.
3. Автоматизація процесу буріння



- Завдання: Оптимізація бурових процесів та зменшення ризиків, таких як аварії або зупинки буріння.
- 4. Оптимізація логістики та управління ресурсами
 - Завдання: Управління логістичними процесами при видобутку нафти та газу.
- 5. Моніторинг і прогнозування геологічних змін
 - Завдання: Прогнозування та моніторинг змін у підземних структурах, які можуть впливати на стабільність родовищ.
- 6. Підвищення точності сейсмічного та геохімічного аналізу
 - Завдання: Підвищення точності інтерпретації сейсмічних і геохімічних даних.
- 7. Інтелектуальні системи управління видобутком нафти та газу
 - Завдання: Оптимізація процесів видобутку нафти та газу для максимізації ефективності та мінімізації витрат.
- 8. Візуалізація та моделювання геологічних структур
 - Завдання: Побудова візуалізацій геологічних структур та родовищ для кращого розуміння їх характеристик.
- 9. Прогнозування екологічних наслідків розвідки та видобутку
 - Завдання: Оцінка екологічних ризиків та наслідків розвідки і видобутку.
- 10. Оптимізація вартості геологорозвідувальних робіт
 - Завдання: Зниження витрат на геологорозвідувальні роботи та підвищення ефективності використання ресурсів.
- 11. Аналіз ризиків при бурінні та розвідці
 - Завдання: Виявлення потенційних геологічних ризиків, таких як непередбачувані зміни в геологічних структурах.
- 12. Автоматичне виявлення та класифікація аномалій
 - Завдання: Виявлення незвичних або несподіваних геологічних характеристик, які можуть свідчити про наявність вуглеводнів.

Список використаної літератури:

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning / Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. — Cambridge : MIT Press, 2016. — 800 p.
2. Bishop C. M. Pattern recognition and machine learning / Christopher M. Bishop. — New York : Springer, 2006. — 738 p.
3. Kholsa Z. K. Machine Learning for Geoscientists / Z. K. Kholsa. — London : Wiley, 2021. — 256 p.
4. Blok M. G., de Koning J. H. E., van den Bergh A. M. A. L. L. Artificial Intelligence in the Oil and Gas Industry / M. G. Blok et al. — London : Springer, 2020. — 324 p.
5. Dey P. K., Dey S. Machine Learning in Oil and Gas: Opportunities and Challenges / P. K. Dey, S. Dey. — New York : CRC Press, 2021. — 274 p.
6. Yilmaz O. Seismic Data Analysis: Processing, Inversion, and Interpretation of Seismic Data / Öz Yilmaz. — 2nd ed. — Tulsa : Society of Exploration Geophysicists, 2001. — Vol. 1–2. — 2027 p.
7. Fomel S., McGill P. J. Machine Learning in Seismic Data Processing / Sergey Fomel, Peter J. McGill. — Tulsa : SEG Books, 2020. — 198 p.
8. Kumar Y. S. S. Geospatial Data Science: Modeling and Applications / Y. S. S. Kumar. — Cham : Springer, 2021. — 210 p.
9. Stojanovic L. J. Artificial Intelligence for Earth System Science / L. J. Stojanovic. — New York : Elsevier, 2022. — 332 p.



ПРОВЕДЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАПАСІВ НАФТИ І ГАЗУ ЗА ФАКТОРАМИ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ

Липка Петро Миколайович, студент групи НЗГм-25-1

Завідувачка кафедри ГРН, доцент Михайлів Ірина Романівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Нормативним документом, яким передбачені єдині принципи підрахунку, геолого-економічної оцінки і державного обліку запасів корисних копалин є Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр[1].

Основними ознаками за якими здійснюється розподіл запасів і ресурсів нафти і газу на класи є:

– соціально-економічне та промислове значення – за яким запаси поділяють на чотири групи: балансові (E1), умовно балансові (E2), позабалансові (E3) та запаси і ресурси корисних копалин, промислове значення яких не визначено (E4);

– ступінь підготовленості до розробки – за яким запаси та ресурси поділяють на: першу(F1), другу(F2), третю (F3) та четверту (F4) категорії;

– ступінь геологічного вивчення – за яким запаси поділяють на розвідані (G1) і попередньо розвідані(G2), а ресурси – на перспективні (G3) та прогнозні (G3).

Реалізація методичних підходів до виділення ділянок покладу з різним ступенем вивченості [2, 3] продемонстрована на прикладі продуктивного горизонту В-26с Гнідинцівського нафтогазоконденсатного родовища (рис.1).

Поклад горизонту В-26с – газоконденсатний з нафтовою облямівкою, пластовий, склепінний тектонічно та літологічно екранованого типу, розкритий свердловинами №№ 109,114, 115, 118, 150, 301, 303,306, 308, 309, 310. З яких, промислові припливи отримали у св. №№ 114, 308, 309 та 310.

На поточний час, фонд свердловин розподілився таким чином:

– в експлуатації – св. № 109, 301, 306, 308, 309, 310;

– в експлуатації на нижчезалягаючому горизонті – св. № 115;

– у випробуванні – св. № 150;

–ліквідовані: св. №№ 114 із технічних причин; св. №№ 118, 303 – з геологічних причин.

Відповідно до вищенаведеного обсяги вуглеводнів покладу розподілені таким чином:

– клас 111+221 – запаси: балансові, які розробляються згідно затвердженого життєздатного проекту, розвідані.

Дренуються свердловинами № 109,301, 308, 310 та виділені у двох блоках. У південно-західному блоці обмежені лінією літологічного заміщення та ВНК на абсолютній відмітці мінус 3380 м. У центральному блоці структури – обмежені тектонічним порушенням, лінією літологічного заміщення та радіусом зони дронування св. № 114 з нижньою границею встановленої продуктивності на абсолютній відмітці мінус 3386,1 м;

– клас 122+222 – запаси: балансові, які обґрунтовані до розробки, згідно потенційно життєздатного проекту, попередньо розвідані. Виділені у центральному блоці за результатами буріння та випробування св. № 115, прилеглі до запасів класу 111+221, обмежуються нижньою границею встановленої продуктивності на абсолютній відмітці мінус 3386,1 м та лінією літологічного заміщення;

– клас 332 – запаси: з невизначеним промисловим значенням, для яких розробка не визначена, попередньо розвідані. Виділені у південно-східному блоці за результатами буріння св. № 150, обмежуються нижньою границею встановленої продуктивності на абсолютній відмітці мінус 3447,6 м та лінією літологічного заміщення;

– клас 333 – ресурси: з невизначеним промисловим значенням, для яких розробка не визначена, перспективні. Виділені у центральному блоці, в зоні між НГВП на абсолютній відмітці мінус 3386,1 м та УГВК на абсолютній відмітці мінус 3340 м.

Отже, зважаючи на характер розподілу запасів та ресурсів нафти і газу поклад горизонту В-26с ще не завершений розвідкою і має перспективи приросту запасів за рахунок розбурювання та довивчення класів 332 та 333.

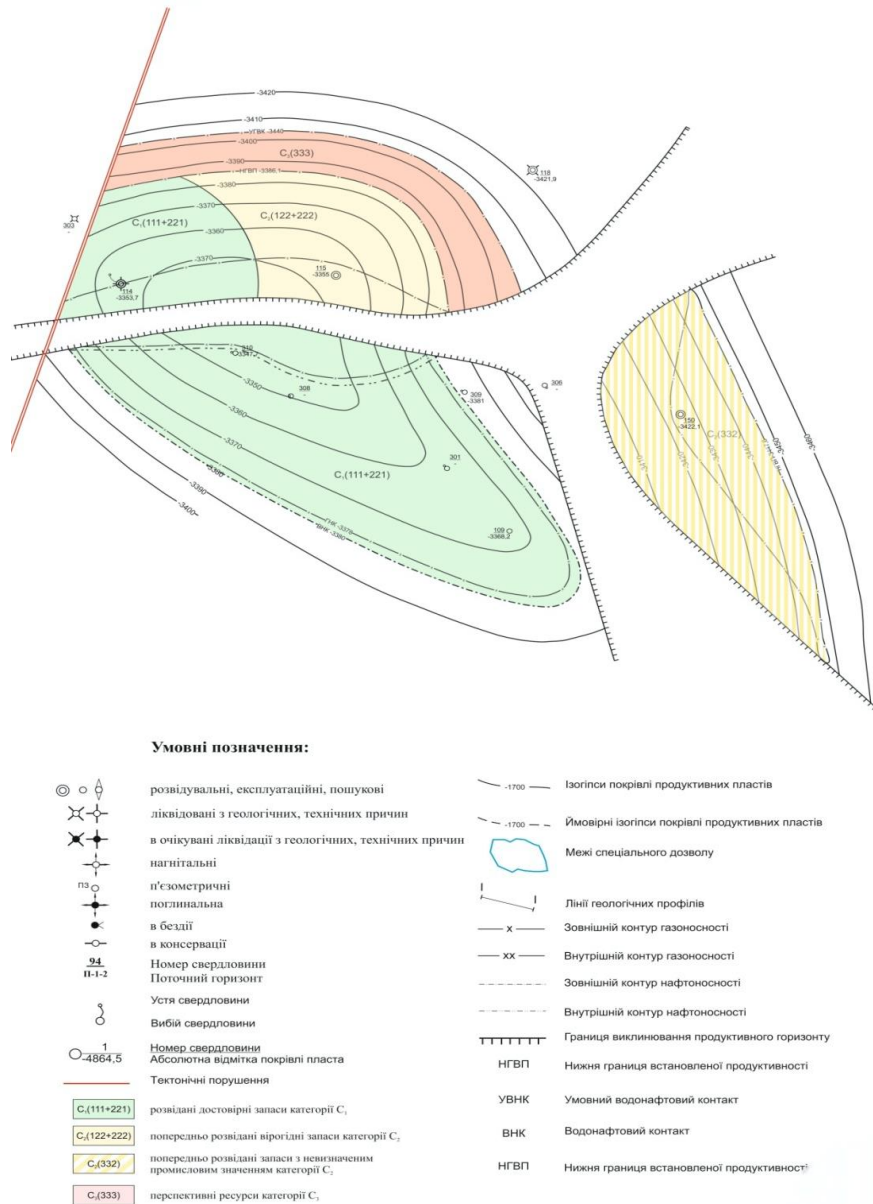


Рисунок 1 – Підрахунковий план горизонту В-26с

Список використаної літератури:

1. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України № 432 від 5.05.1997 р. – К.: Державна комісія України по запасах корисних копалин при Міністерстві екології та природних ресурсів, 1997.
2. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу. Затверджено наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин відр. № 46. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24.07.1998 р. за № 475/2915 / Державна комісія України по запасах корисних копалин. – К., 1998.
3. Михайлів І. Р. Геолого-економічна оцінка нафтових і газових родовищ: Конспект лекцій – Івано-Франківськ: 2018.– 82 с.



СЕКЦІЯ 3

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІ

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ КАР'ЄРІВ І ВІДВАЛІВ З УРАХУВАННЯМ ПІСЛЯВОЄННИХ ПОТРЕБ ТЕРИТОРІЙ

Старомінський Назарій, студент IV курсу спеціальності Екологія

Науковий керівник: викладач вищої категорії Фелік Катерина Ярославівна

Івано-Франківський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування

Рекультивация кар'єрів і відвалів у післявоєнний період є стратегічним напрямом відновлення екологічної рівноваги, економічної стабілізації та соціального розвитку територій України. Воєнні дії суттєво посилили масштаби деградації техногенних ландшафтів: частина кар'єрів зазнала руйнувань унаслідок вибухів, відвали були дестабілізовані, а ґрунти й поверхневі води — забруднені вибухонебезпечними предметами, важкими металами, паливно-мастильними матеріалами, продуктами горіння та токсичними сполуками. Наявність таких екологічних і техногенних загроз створює високі ризики для населення, інфраструктури та природних екосистем, тому відновлення порушених територій потребує науково обґрунтованого, комплексного й довготривалого підходу з урахуванням післявоєнних стратегій розвитку громад.

Першочерговим завданням перед початком рекультивацийних робіт є забезпечення безпеки. Гуманітарне розмінування та детальне картування територій дозволяють визначити місця локалізації вибухонебезпечних предметів, техногенних провалів, зон нестабільності ґрунту та ділянок із високим рівнем забруднення токсикантами. Паралельно проводять ґрунтово-геохімічні та гідрогеологічні дослідження, що допомагають оцінити рівень забруднення важкими металами, нафтопродуктами, поліароматичними вуглеводнями, нітратами, боєприпасними залишками та іншими техногенними речовинами. Таке діагностування є основою для вибору правильних методів рекультивации та подальшого планування використання територій.

Комплексність післявоєнної рекультивации полягає в інтеграції інженерних, екологічних, біотехнологічних, економічних і соціальних підходів. На інженерно-технічному етапі проводять стабілізацію укосів і бортів кар'єрів, які часто втрачають стійкість після вибухів або тривалого впливу атмосферних процесів. Проводяться роботи з дренажу, вирівнювання мікрорельєфу, запобігання ерозії та відсуванню нестійких мас. За необхідності токсичні відходи ізолюють за допомогою геомембран, мінеральних екранів, глиняних бар'єрів або багатошарових систем захисту. Це особливо важливо у випадках, коли відвали містять продукти збагачення руд, породи з високою кислотністю або матеріали зі схильністю до кислих шахтних дренажів.

Ключовим є біологічний етап рекультивации, який забезпечує поступове відновлення ґрунтоутворення та природних екосистем. Формування родючого шару ґрунту включає застосування техноземів, компостів, мулових відкладів, біочару та інших органіко-мінеральних сумішей. Піонерні рослини — злакові, бобові, сидерати — слугують основою для стабілізації поверхні, зниження пиління та початкового накопичення органічної речовини. Особливого значення набуває використання біотехнологічних підходів. Мікоризація сприяє підвищенню водозатримувальної здатності та доступності поживних речовин, а застосування багатокомпонентних мікробних консорціумів (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter chroococcum*, *Trichoderma harzianum* тощо) прискорює процеси ґрунтоутворення, знижує рівень токсикантів, активізує коренеутворення рослин та відновлює мікробіологічну рівновагу техноземів. Енергетичні культури, такі як *Miscanthus*



× giganteus, Salix viminalis, Robinia pseudoacacia, виступають не лише ефективними фіторемедіаторами, але й створюють можливість економічного використання біомаси для виробництва теплової енергії, пелет або біопалива.

Значну роль у післявоєнній рекультивациі відіграє орієнтація на майбутні потреби громад, економічні можливості та просторовий розвиток регіонів. Частина рекультивованих територій може бути використана для аграрного виробництва, проте лише після проходження всіх необхідних хіміко-аналітичних перевірок і підтвердження екологічної безпечності продукції. Інші ділянки є перспективними для розміщення відновлюваної енергетики — сонячних електростанцій, малих вітрових турбін, біоенергетичних комплексів. Це дозволяє створити додаткові джерела доходів для громад і сприяє енергетичній незалежності. Водночас частина техногенних ландшафтів може бути переорієнтована на рекреаційні та природоохоронні функції: облаштування штучних озер, створення екологічних парків, туристичних маршрутів, зон відпочинку та локацій для психологічної й фізичної реабілітації ветеранів.

Важливою складовою післявоєнної рекультивациі є екологічний моніторинг, який повинен бути системним і довготривалим. Застосування безпілотних літальних апаратів, дистанційного зондування Землі, тепловізійних і мультиспектральних камер дозволяє оперативно оцінювати зміни рослинного покриву, виявляти ділянки з аномальним нагрівом, підтопленням або ерозією. Наземний моніторинг включає аналіз хімічного складу ґрунту, визначення біологічної активності, вмісту гумусу, важких металів та залишкових вибухових речовин. На основі цих даних формують рекомендації для подальшого використання земель і впровадження корекційних заходів.

Рекультивациа забезпечує значні екологічні вигоди: відновлення родючості ґрунтів, підвищення біорізноманіття, покращення мікроклімату, стабілізацію гідрологічного режиму та зниження ризиків вторинного забруднення. Водночас слід враховувати можливі ризики — залишкове воєнне забруднення, нестабільність ґрунтових структур, непередбачувані процеси осідання, потрапляння токсичних речовин у водоносні горизонти. Саме тому рекультивациа повинна поєднувати сучасні природоохоронні рішення зі сталими економічними механізмами, включно з грантовими програмами, державно-приватними партнерствами й інвестиційними проектами відбудови територій.

Таким чином, рекультивациа кар'єрів і відвалів у контексті післявоєнних потреб територій стає важливим інструментом формування стійких ландшафтів, підвищення економічного потенціалу громад і забезпечення екологічної безпеки. Вона дозволяє не лише відновити деградовані ділянки, але й створити абсолютно нові просторові можливості для розвитку регіонів у межах концепції «Відбудувати краще, ніж було», орієнтуючись на зелений перехід, біотехнологічні інновації та довгострокову стійкість територій.

КІБЕРБЕЗПЕКА ЯК ФУНДАМЕНТ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Дарчі Олександра Олександрівна, студентка групи ТЗ-25-1

Доцент кафедри ТЗБП Кривенко Галина Мирославівна,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У сучасному світі, коли екологічні технології – від мереж моніторингу якості повітря та води до систем управління відходами й «розумних» міських інфраструктур – стають дедалі більш цифровими, питання їхньої кібербезпеки набуває стратегічного значення. Ці технології не просто оптимізують використання ресурсів чи знижують вплив на довкілля – вони формують основу сталого розвитку. Проте саме цифровізація створює нові точки вразливості, які можуть бути використані зловмисниками для нанесення значної шкоди екологічній безпеці, суспільному здоров'ю та довірі до критично важливих систем [1], [2].

Екологічні сервіси – водопостачання, каналізація, очищення стоків, контроль за викидами – давно віднесені до категорії критичної інфраструктури [1]. Відповідно,



кіберзагрози, спрямовані на ці об'єкти, – це не просто проблема інформаційних технологій; це потенційна екологічна, техногенна і соціальна катастрофа.

У контексті «розумних» екологічних рішень, де поєднуються датчики Інтернету речей, промислові мережі та диспетчерські системи контролю, спостерігаємо зближення двох глобальних тенденцій: поглибленої цифрової трансформації та прагнення сталості. На цьому перетині постає концепція «зеленої кібербезпеки» – підхід, який розглядає безпеку цифрової інфраструктури як складову екологічного, соціального та управлінського розвитку (ESG) [3]. Як зазначено у [4], цифровізація екологічного сектору створює не лише можливості для більш ефективного природокористування, а й нові ризики, обумовлені зростаючою залежністю від інформаційно-комунікаційних систем.

Зрештою, ця тема – не лише про захист даних чи мережевих периметрів. Йдеться про захист самих екологічних процесів: коректне зчитування сенсорних даних, безпечне управління водними ресурсами, точний контроль викидів та стабільність алгоритмів регулювання. Будь-яке втручання здатне підірвати фундаментальні екологічні функції.

Досягнення сталого майбутнього неможливе без інтеграції кібербезпеки в усі ланки екологічних технологій. Ці сфери не є паралельними – вони взаємозалежні [2]. Екологічна та цифрова стійкість формують єдину основу: від захисту сенсорних мереж до безпечного управління відновлюваною енергетикою та смарт-інфраструктурою. Якщо такі системи не прикриті надійним кіберзахистом, вони перетворюються з інструментів сталого розвитку на вразливу ціль.

Серед ключових практичних викликів – уразливість інфраструктури водопостачання та очищення стоків. Як показує Cybersecurity Guide, саме ці системи є одними з найпривабливіших для атак через свою критичність, масштаб і велику кількість точок підключення до мереж [1]. Несанкціонований доступ до системи керування водоочисною станцією може призвести до змін хімічного складу води, відключення насосів чи клапанів, що матиме прямі екологічні та соціальні наслідки. Проблема поглиблюється тим, що значна частина обладнання є застарілою, мережі часто не сегментовані, а засоби контролю доступу – недостатньо розвинені [1]. При цьому збільшується кількість пристроїв Інтернету речей, що під'єднуються до екологічних систем, а кожен такий пристрій – потенційний канал атаки [4]. У багатьох відомих випадках, зокрема у досліджених атаках на системи дистанційного керування інфраструктурою, використання вразливостей у вбудованому програмному забезпеченні або слабких протоколів передачі даних призводило до серйозних інцидентів.

Щоб системно протидіяти цим ризикам, міжнародні стандарти Міжнародної електротехнічної комісії та Міжнародної організації зі стандартизації формують фундамент надійного функціонування як екологічних, так і промислових кіберфізичних систем. Стандарти ISO/IEC 27001 визначають принципи управління ризиками інформаційної безпеки; серія IEC 62443 охоплює безпеку промислових систем керування, включно з архітектурою, компонентами та життєвим циклом; ISO/IEC 30141 встановлює загальну архітектуру Інтернету речей, включаючи вимоги до безпеки сенсорних мереж і контролерів. Ці норми дозволяють перейти від фрагментарних заходів до комплексної системи: управління доступом, захист каналів зв'язку, безпечні оновлення вбудованого програмного забезпечення, безперервний моніторинг, аудит та процедури реагування на інциденти. У цифрово-екологічних системах стандарти стають єдиним механізмом, який перетворює різноманітні технології на структуровану, передбачувану та безпечну екосистему.

Отже, кібербезпека відтепер є невід'ємною частиною екологічної стратегії та управління ризиками. Рекомендовано інтегрувати оцінку кіберризиків у системи моніторингу довкілля, управління водними ресурсами та інші екологічно важливі процеси; впроваджувати міжнародні стандарти як основу архітектури; створювати міждисциплінарні команди, що поєднують екологічну та кібернетичну експертизу; оцінювати стійкість технологій до атак, здатних завдати шкоди довкіллю; вибудовувати політику реагування на



інциденти, усвідомлюючи, що атака на екологічну систему може призвести до реального екологічного лиха.

Використана література

1. Cybersecurity Guide Contributors. *Safeguarding the Environment: Cybersecurity in environmental protection*. Cybersecurity Guide, 2025.
URL: <https://cybersecurityguide.org/industries/environmental-protection/>
2. Insight Events. *A sustainable future needs cybersecurity: 8 ways they work together*. ISC-CPH, 4 Nov 2024.
URL: <https://insightevents.dk/isc-cph/2024/11/04/a-sustainable-future-needs-cybersecurity-8-ways-they-work-together/>
3. McCann K. *Cybersecurity & Sustainability: Capgemini Shows the Synergy*. Cyber Magazine, 28 Nov 2024.
URL: <https://cybermagazine.com/articles/capgemini-combining-cybersecurity-sustainability-is-smart>
4. Sulich A., Rutkowska M., Krawczyk-Jeziarska A., Jezierski J., Zema T. *Cybersecurity and Sustainable Development*. Procedia Computer Science, 2021.
URL: <https://arxiv.org/pdf/2105.13652>

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ У ЗОНАХ БОЙОВИХ ДІЙ

Майданник Дмитро Сергійович студент групи ТЗ-25-1

Доцент кафедри ТЗБП, доктор філософії Запужляк Наталія Михайлівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Моніторинг та оцінка забруднення водних об'єктів у зонах впливу воєнних дій набувають особливої ваги в умовах сучасних збройних конфліктів, оскільки війна формує складні та багатоаспектні екологічні проблеми, пов'язані зі зміною режиму функціонування гідроекосистем, порушенням гідрологічного балансу, деградацією біоти та ремобілізацією токсичних компонентів у водне середовище. Воєнні дії супроводжуються руйнуванням гідротехнічної та комунальної інфраструктури, включно з дамбами, водопропускними спорудами, каналізаційними колекторами, очисними станціями, промисловими майданчиками, складами боєприпасів та іншими технічними об'єктами, що створює численні шляхи прямого та опосередкованого надходження забруднювачів у водні системи. Воєнні впливи провокують формування багатокомпонентного токсичного навантаження, яке складно прогнозується, а його наслідки мають пролонгований та кумулятивний характер, впливаючи не лише на екологічний стан поверхневих та підземних вод, а й на стабільність функціонування екосистем загалом.

Руйнування Каховської ГЕС у 2023 році стало одним із наймасштабніших техногенно-військових інцидентів ХХІ століття, що продемонструвало глобальний характер гідроекологічних ризиків, спричинених військовими діями. Унаслідок підриву відбулося одномоментне надходження значних мас донних відкладів, багатих на важкі метали, пестицидні залишки, стійкі органічні мікрополітанти, патогенні мікроорганізми та продукти техногенної діяльності, які протягом десятиліть акумулювалися в придонному шарі Каховського водосховища. Різде переміщення цих мас спричинило руйнування трофічних зв'язків у водних екосистемах, порушення умов нересту риб, загибель безхребетних та створення умов для вторинної ремобілізації токсикантів у межах Дніпровського басейну та Чорноморської акваторії. Цей випадок виявив важливість комплексного моніторингу, що має враховувати як поверхневі, так і підземні води, донні відклади, берегову зону, біотичні компоненти та повітряно-водний обмін.

Забруднення вод у зонах бойових дій формує багатовимірний токсикологічний профіль, зумовлений сукупною дією різних джерел. Прямі військові впливи включають



інтенсивну корозію бронетехніки, військових транспортних засобів та озброєння, в результаті чого у водні об'єкти потрапляють іони Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$, Mn^{2+} та інші металічні забрудники, що характеризуються високою екобіоаккумулятивною здатністю. Детонація боєприпасів, особливо за умов масованих артилерійських обстрілів, формує складний коктейль неорганічних та органічних сполук, включно з нітратами, нітритами, амонійними формами азоту, а також залишками вибухових речовин — тринітротолуолу (ТНТ), гексогену (RDX), октогену (HMX) та продуктами їх окиснення. Горіння значних обсягів пального, мастил та горючо-мастильних матеріалів супроводжується утворенням поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), бензолу, толуолу, ксилолу, сажі та інших канцерогенних компонентів, які здатні тривалий час зберігатися у водних системах, мігрувати в ґрунтові води та накопичуватися в біоті.

Вторинні джерела забруднення, опосередковані руйнуванням комунально-побутової та промислової інфраструктури, не менш небезпечні. Аварійні скиди неочищених стічних вод призводять до різкого збільшення концентрацій біогенних елементів (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}), зростання ХСК та БСК₅, активізації мікробіологічного забруднення та евтрофікаційних процесів. Підтоплення шахт спричиняє підвищене винесення сульфатів, хлоридів та розчинених металів, а також формування кислотного шахтного дренажу з низьким рН та високою розчинністю токсикантів. У разі руйнування промислових підприємств можливе потрапляння у воду розчинників, електролітів, мастил, технічних реагентів, гальванічних відходів, полімерних сполук та інших токсичних речовин, що можуть вступати у реакції з компонентами води та утворювати вторинні токсичні продукти.

У таких умовах моніторинг водних об'єктів набуває ролі стратегічного інструменту, здатного забезпечити всебічну оцінку масштабу екологічної шкоди, визначити просторово-часові закономірності міграції забруднювачів та сформувані наукові засади для розроблення природоохоронних, інженерних та управлінських рішень. Мережа контрольних станцій має розташовуватися відповідно до міжнародних рекомендацій (ISO 5667, Water Framework Directive 2000/60/EC, настанов ЄЕК ООН) та включати пункти спостережень вище та нижче джерел можливого впливу, у гирлових зонах, місцях донної седиментації, у районах підтоплення, поруч із промисловими майданчиками та зонами бойових зіткнень. Відбір проб здійснюється за стандартизованими процедурами з урахуванням репрезентативності, сезонної динаміки та випадкових пікових викидів, характерних для воєнних ситуацій.

Аналітичне забезпечення моніторингу має включати широкий спектр фізико-хімічних, хімічних, органічних, токсикологічних та мікробіологічних методів. До ключових показників належать рН, Eh, електропровідність, мінералізація, вміст розчиненого кисню, ХСК, БСК₅, завислі речовини, концентрації макро- та мікроіонів, спектр важких металів (Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Hg, As), азотні форми, сульфати, хлориди, а також органічні мікрополіюанти (нафтопродукти, ПАВ, феноли, поверхнево-активні речовини, хлорорганічні та нітроорганічні сполуки). Для забезпечення високої точності використовують спектрофотометрію, іонну хроматографію, атомно-абсорбційну спектроскопію (ААС), індуктивно-зв'язану плазмову емісійну (ICP-OES) та мас-спектрометрію (ICP-MS), газову хроматографію з мас-спектрометричним детектором (GC-MS), флуориметрію, потенціометрію та інші високоточні методи. Важливою складовою є молекулярно-біологічні методи, включно з qPCR та метагеномним секвенуванням, що дозволяють визначати патогени, бактерії фекального забруднення, маркери антибіотикорезистентності та інші біологічні ризики.

Біоіндикація доповнює хімічні методи завдяки здатності живих організмів інтегрувати вплив забруднень у часі. Аналіз структур фітопланктону, зообентосу, перифітону та макрофітів, застосування сапробіологічних індексів, BMWP-Україна, індексів біотичного різноманіття (Shannon, Pielou), біотестів із застосуванням *Daphnia magna*, *Vibrio fischeri*, *Chlorella vulgaris* та інших тест-організмів дозволяє оцінити сумарний екоотоксикологічний ефект навіть при низьких концентраціях окремих токсикантів. Донні відклади як депо



тривалого забруднення потребують окремої уваги, оскільки за умов турбулізації, зміни температурного режиму чи гідрологічних збурень можливе їх вторинне надходження у воду.

З метою визначення загроз для здоров'я населення застосовуються методики оцінки канцерогенних і неканцерогенних ризиків відповідно до підходів US EPA. Розраховуються коефіцієнт небезпеки (HQ), індекс небезпеки (HI), а також канцерогенний ризик (CR) для пріоритетних токсикантів — Cr(VI), As, Cd, Pb та органічних мікрополутантів. Аналізуються різні шляхи надходження токсикантів: питне водоспоживання, рекреаційна діяльність, інгаляційний контакт та біоаккумуляція у харчових ланцюгах.

Таким чином, моніторинг водних об'єктів у зонах воєнних дій є ключовим елементом системи екологічної та техногенної безпеки, що забезпечує науково обґрунтовану основу для прийняття управлінських рішень, планування відновлення зруйнованої інфраструктури, розробки заходів з рекультивациі та реабілітації водних ресурсів, а також для формування довгострокових стратегій сталого управління гідросферою. Науково комплексний підхід дозволяє ідентифікувати території критичної вразливості, прогнозувати екологічні наслідки, мінімізувати ризики для населення та екосистем і створити підґрунтя для екосистемно орієнтованої політики у післявоєнний період.

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ

Каюк Софія Ігорівна, студентка групи ТЗ-25-1

Доцент кафедри ТЗБП, д.с.с.н. Гришуляк Галина Михайлівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Прискорена деградація ґрунтового покриву під впливом інтенсифікації агровиробництва, техногенного навантаження та воєнних дій супроводжується порушенням ґрунтотвірних процесів, спрощенням трофічних ланцюгів, зниженням здатності ґрунтів виконувати продукційну, регуляторну та буферно-самоочисну функції. Домінування хімічної моделі удобрення на основі високих доз мінеральних добрив і засобів захисту рослин спричиняє дисбаланс біогеохімічних циклів, накопичення стійких токсикантів і пригнічення ґрунтової біоти як ключового регулятора кругообігу речовини й енергії. У цьому контексті біопрепарати на основі специфічних штамів та консорціумів мікроорганізмів (вільноживучих і асоціативних азотфіксаторів, фосфат- і каліймобілізувальних та целюлозоруйнівних бактерій, актиноміцетів, грибів роду *Trichoderma*, арбускулярно-мікоризних симбіонтів) розглядаються як інструмент цілеспрямованої модифікації ґрунтового мікробіоценозу та відновлення екологічних функцій ґрунтів у парадигмі природоорієнтованого землеробства.

Метою дослідження є науково обґрунтована оцінка екологічної ефективності конкретних біопрепаратів для відновлення родючості деградованих ґрунтів на основі системи кількісних індикаторів якості ґрунту та інтегральних показників екологічного стану агроєкосистеми. У польових стаціонарних дослідках вивчали дію ряду вітчизняних біопрепаратів: комплексного мікробного препарату «Біогран НРК» (штами *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*), фунгіцидно-рустимулюючого препарату «Триходермін» (штам *Trichoderma harzianum*), мікоризного інокулянта «МікоНелр» (арбускулярно-мікоризні гриби роду *Glomus* spp.) та органо-мікробного препарату «Екогумат-Біо» (гумінові речовини + *Bacillus subtilis*). Дослідну схему формували з варіантів: контроль без удобрення; традиційна мінеральна система (НРК у повній рекомендованій дозі); «Біогран НРК» + 50 % норми мінеральних добрив; «Біогран НРК» + «МікоНелр» + 50 % НРК; «Триходермін» + «Екогумат-Біо» на фоні органічного удобрення; а також варіанти моновносення окремих біопрепаратів. Екологічну ефективність трактували як здатність технології забезпечувати позитивну динаміку показників



екологічної якості ґрунту (soil quality) при одночасному зниженні хімічного навантаження та екологічних ризиків.

Оцінювання проводили за комплексом агрохімічних, мікробіологічних та біохімічних параметрів: вміст загального органічного вуглецю й гумусу (за Тюріним у модифікації), рухомих форм N, P, K, рН та показників сольового режиму; мікробного вуглецю й азоту, базального та субстратно-індукованого дихання, чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів (оліго- та політрофів, целюлозоруйнівних форм, мікроміцетів), співвідношення грибного й бактеріального пулів; активності дегідрогеназ, уреаз, каталази, кислої й лужної фосфатаз як інтегральних маркерів метаболічної активності. Додатково визначали агрегатний склад і водостійкість агрегатів, показники фітотоксичності ґрунтового розчину на тест-культурах (редис, овес), а також, у частині варіантів, вміст і рухомість важких металів (Zn, Cu, Pb, Cd) як індикаторів потенційної екоотоксичності.

За результатами багаторічних досліджень (3 роки вегетаційних сезонів) встановлено, що застосування комплексного біопрепарату «Біогран NPK» у нормі 2,0 л/га на фоні 50 % дози мінеральних добрив зумовлює статистично значуще ($p < 0,05$) зростання вмісту органічної речовини: частка гумусу підвищувалася на 0,20–0,24 % абсолютних (зокрема, з 2,85 % на контролі до 3,07–3,09 % у варіанті «Біогран NPK» + 50 % NPK). Активність дегідрогеназ у верхньому 0–20-сантиметровому шарі зростала на 47–62 % порівняно з контролем, уреаз – на 26–31 %, фосфатаз – на 28–36 %, що свідчить про інтенсифікацію процесів мінералізації та мобілізації елементів живлення. Мікробний вуглець у варіанті «Біогран NPK» + «МікоНеп» перевищував контроль на 38–45 %, а інтенсивність базального дихання – на 22–27 %, при цьому співвідношення грибного й бактеріального пулів наближалось до значень, характерних для слабо порушених агроґрунтів.

Препарат «МікоНеп», внесений у нормі 5,0 кг/га спільно з «Біогран NPK», забезпечував формування виразної арбускулярно-мікоризної інфекції на коренях культур, що проявлялося в підвищенні коефіцієнта колонізації до 62–68 % (проти 18–24 % на контролі) та зростанні ефективності використання фосфору (підвищення вмісту рухомих форм P_2O_5 у ґрунті на 14–19 %). На варіантах з «Триходерміном» у нормі 1,5 л/т насіння відзначено зменшення показників фітотоксичності ґрунтового розчину: довжина корінців тест-культури редису збільшувалася на 21–25 %, індекс проростання – на 15–18 % порівняно з контролем, що свідчить про зниження рівня сублетального стресу для рослин. Внесення органо-мікробного препарату «Екогумат-Біо» у дозі 3,0 л/га сприяло покращенню агрегатного стану: частка водостійких агрегатів фракції $>0,25$ мм збільшувалася на 11–14 %, що підвищує протиерозійну стійкість і буферну здатність ґрунту.

Комплексне використання «Біогран NPK» + «МікоНеп» + 50 % мінеральних добрив забезпечило підвищення умовного інтегрального індексу екологічної якості ґрунту на 0,18–0,22 одиниці порівняно з контролем (за шкалою 0–1), тоді як традиційна повна мінеральна система демонструвала приріст лише 0,05–0,07 одиниці переважно за рахунок зростання продуктивності без суттєвого покращення біологічної складової. Водночас урожайність тестової культури (озима пшениця/ячмінь ярий – залежно від року) у варіанті з біопрепаратами й 50 % NPK не поступалася, а інколи перевищувала (на 0,4–0,6 т/га) показники традиційної повної мінеральної системи. Це свідчить про можливість істотного зниження хімічного навантаження на агроєкосистему без втрати продуктивності при одночасному відновленні регуляторних і буферно-самоочисних функцій ґрунту.

Таким чином, отримані результати дозволяють зробити висновок, що біопрепарати «Біогран NPK», «Триходермін», «МікоНеп» та «Екогумат-Біо» у різних комбінаціях забезпечують комплексне поліпшення індикаторів екологічної якості деградованих ґрунтів, сприяють формуванню функціонально активного мікробіоценозу, покращенню агрегатної структури та зниженню фітотоксичності ґрунтового розчину. Їх включення до інтегрованих систем управління родючістю ґрунтів є науково обґрунтованим напрямом переходу до природоорієнтованого та кліматично стійкого землеробства. (Конкретні числові величини можуть бути адаптовані відповідно до фактичних експериментальних даних автора.)



ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТОКЕРОВАНИХ НАНОСОРБЕНТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Линник Діана Олександрівна, студентка групи ТЗКм-25-1

Доцент кафедри ТЗСП Коцюбинський Андрій Олегович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Проблема нестача питної води та забруднення водних ресурсів стає дедалі гострішою. Забруднення водою токсичними речовинами є шкідливим для водних та берегових екосистем. Біота негативно реагує на високі концентрації токсикантів, а безпосередньо вода змінює свої властивості, що може призвести до загибелі цілих екосистем. Вживання води, у якій вміст шкідливих речовин перевищує встановлені нормативи, є небезпечним для здоров'я людини та може призвести до загибелі. Не очищені стічні води є однією з основних причин забруднення водних об'єктів. Промислові стічні води з підприємств та виробництв можуть містити широкий спектр небезпечних речовин: барвники, важкі метали, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини (ПАР), фенольні сполуки і так далі. Побутові стоки містять високу кількість органічних відходів, що становлять бактеріологічну загрозу та фосфати, ПАР, натрати та нітроти, хлориди і так далі. Перелічені речовини становлять загрозу екологічному стану водою.

Актуальним напрямком виробництва ефективних біoadсорбентів є розробка наноконкомпозитів на основі вугілля. Технологія виробництва композитів на основі біовугілля використовує вугілля як каркас для вбудовування нових матеріалів, для створення поверхні з новими властивостями, на яких можуть сорбуватися забруднювачі [6]. У цьому процесі біовугілля відіграє роль пористої вуглецевої матриці на якій осаджуються оксиди металів. Додавання різних елементів до біовугілля збільшує його функціональність, дозволяє регулювати особливості поверхні, забезпечує корисні фізико-хімічні якості та відкриває ширші перспективи застосування [5].

Магнітне біовугілля отримують шляхом поєднання біовугілля з магнітним матеріалом. Таким чином, вуглецевий матеріал набуває магнітних властивостей, що може збільшити ефективність використання композиту для очищення забруднених вод [2]. Технологія виготовлення магнітних наноконкомпозитів на основі біовугілля пропонує можливий спосіб повторного використання відходів біомаси, що є напрямком для екологічно сталого розвитку економіки. Біовугілля та магнітні частинки є ефективними незалежно один від одного у видаленні низки аніонних металів з водного розчину. На рисунку 1 відображено загальну ефективність видалення Cd, As.

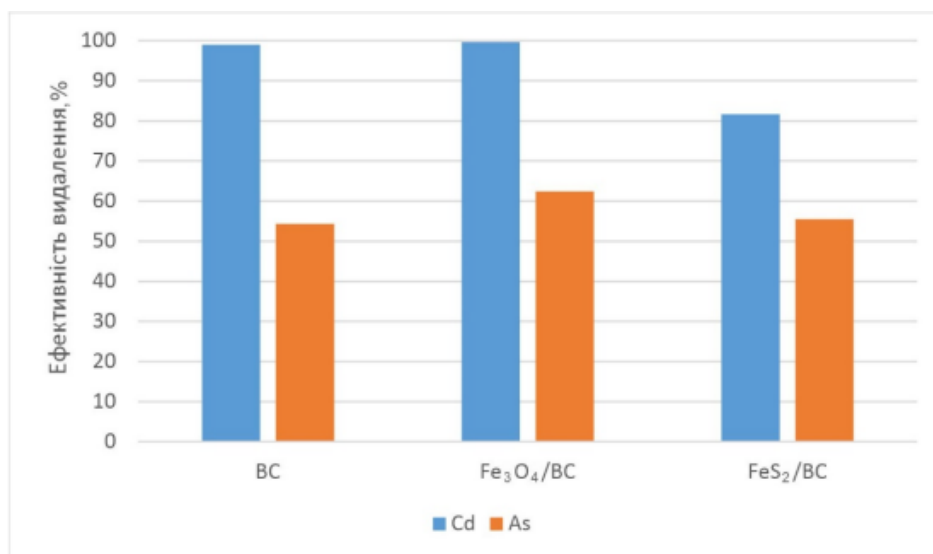


Рисунок 1. Загальна ефективність видалення Cd, As [7]



При оцінці загальної ефективності видалення, $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{BC}$ та BC демонструють подібну здатність до видалення Cd , яка була помітно вищою, ніж у FeS_2/BC , тоді як найбільша здатність до видалення As спостерігалася у $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{BC}$ порівняно з аналогічною здатністю до видалення, продемонстрованою FeS_2/BC та BC [13].

З огляду на те, що процеси очищення проводяться у водному середовищі, ключовою перевагою використання магнітних феритових наночастинок для синтезу магнітного вугілля, зокрема магнетиту Fe_3O_4 , є магнітні властивості, що дозволяють екстрагувати його з розчину та розділяти магнітом після адсорбції [1]. Біовугілля без додаткової обробки характеризується хорошими адсорбційними властивостями, але його можна відокремити від води лише традиційними процесами фільтрації, седиментації, коагуляції. Ці процеси, є дорогими, малоефективними та потребують значних технологічних втручань у систему водоочистки, що значно обмежує їх застосування [3]. Сепарація магнітного біовугілля магнітом спрощує процес відділення адсорбенту від очищеної води, та дозволяє ефективно використати відпрацьований адсорбент для регенерації або у якості вторинної сировини. Біовугілля пригнічуючи агрегацію магнітних наночастинок [4]. Для синтезу магнітних нанокомпозитів на основі вугілля можуть бути використанні різні оксиди металів. Проте Fe_3O_4 має порівняно високу адсорбційну здатність та низьку вартість синтезу.

Магнітокеровані наносорбенти на основі біовугілля з частинками Fe_3O_4 є перспективним та ефективним матеріалом для очищення стічних вод від важких металів та інших поллютантів. Ключовою перевагою магнітних наносорбентів є можливість швидкої та ефективної сепарації адсорбенту з очищеної води за допомогою зовнішнього магнітного поля, що значно спрощує технологічний процес порівняно з традиційними методами фільтрації, седиментації та коагуляції. Це забезпечує економічну доцільність застосування технології та можливість регенерації відпрацьованого сорбенту.

Список використаної літератури:

1. 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>
2. 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>
3. 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>
4. Alam, M.S., Bishop, B., Chen, N. et al. Reusable magnetite nanoparticles–biochar composites for the efficient removal of chromate from water. *Sci Rep* 10, 19007 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75924-7>
5. Thakur, A., Kumar, A. (2023). Magnetic Composites of Biochar and Its Applications. In: Nadda, A.K. (eds) *Biochar and its Composites*. Materials Horizons: From Nature to Nanomaterials. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5239-7_9
6. Sizmur, T., Fresno, T., Akgül, G., Frost, H., & Moreno-Jiménez, E. (2017). Biochar modification to enhance sorption of inorganics from water. *Bioresource technology*, 246, 34-47. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.082>
7. Kim, S.Y., Lee, J.J. & Lee, G. Comparative efficacies of iron oxide-modified biochar and pyrite-modified biochar for simultaneous passivation of cadmium and arsenic in aqueous solutions and lettuce (*Lactuca sativa*. L) cultivation. *Appl Biol Chem* 68, 13 (2025). <https://doi.org/10.1186/s13765-025-00988-w>



ВПЛИВ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА БІОТУ

Линник Діана Олександрівна, студентка групи ТЗКм-25-1

Доцент кафедри ТЗБП Кривенко Галина Мирославівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Слухове сприйняття є другим за важливістю каналом отримання інформації після зорового. Промислова революція призвела до значного збільшення рівня шуму від діяльності людини. Транспортна інфраструктура, заводи та виробничі потужності створюють звукове забруднення довкілля, що негативно позначається на стані окремих біологічних видів і цілих екосистем. За даними звіту ВООЗ "Тягар хворіб через шум навколишнього середовища", у Західній Європі транспортне шумове забруднення щороку призводить до скорочення тривалості здорового життя населення щонайменше на один мільйон років [3].

Шум це хаотична сукупність звуків, що перешкоджають сприйняттю корисних звукових сигналів [2]. Акустичне забруднення викликає у живих організмів фізіологічні реакції та зміни поведінки, що можуть спричинити фізичні пошкодження або навіть загибель [4]. Ступінь впливу визначається інтенсивністю звукового навантаження та часом експозиції. Серед численних представників класу ссавців, які мешкають як на суші, так і у воді, найбільш чутливими до акустичного забруднення є водні види, що використовують ехолокаційну навігацію.

Вплив шумового забруднення на ссавців підтверджено двома дослідженнями. Аналіз 200 акустичних записів афалін у зоні інтенсивного судноплавства показав спрощення їхніх комунікаційних сигналів під дією шуму, що погіршує міжособинну комунікацію та групову згуртованість [7]. Експеримент на восьми особинах Нічниці великої засвідчив зниження ефективності полювання зі зростанням рівня транспортного шуму [6]. Антропогенне акустичне забруднення негативно впливає на ключові аспекти життєдіяльності ссавців, зокрема на комунікаційні процеси та харчову активність, що призводить до порушення трофічних ланцюгів та дестабілізації екосистем. Для ссавців, що використовують ехолокаційну навігацію, шкідливий ефект шуму пояснюється явищами акустичного та інформаційного маскування. Характерною особливістю є відкладений негативний ефект – організм зазнає шкоди не миттєво, а через певний період. Іншими словами, шум діє як непрямий фактор летальності, створюючи умови, що згодом призводять до загибелі.

Водночас чутливість до акустичного забруднення демонструють не лише види з ехолокацією, а й ссавці без цієї функції. В експериментальних умовах лактуючі самки сріблясто-чорної лисиці піддавалися впливу виробничого шуму інтенсивністю 30 Дб, тоді як контрольна група перебувала у безшумному середовищі. Моніторинг приплоду показав, що тривалий вплив 30-децибельного шуму знижує виживаність молодняку на 1,15-7,56% та зменшує кількість приплоду на одну самку на 0,3-0,8 особини [8]. Цей експеримент наочно ілюструє негативний вплив шуму на збереженість потомства та, відповідно, на популяційну динаміку.

Акустичне забруднення також становить значну загрозу для людського здоров'я та благополуччя, підвищуючи ризик розвитку соматичних та психічних патологій [1]. У 2018 році журнал Noise Health опублікував дослідження, присвячене впливу транспортного шуму на частоту цереброваскулярних інцидентів. До вибірки увійшов майже мільйон осіб, які проживають у зоні впливу аеропорту Франкфурта. Аналіз страхових випадків за чотирирічний період у порівнянні з контрольною групою виявив, що цілодобова експозиція до авіаційного шуму підвищує ризик інсульту на 7% [5]. Це свідчить, що шумове забруднення є фактором смертності населення та може спричинити летальні наслідки.

Отже, шумове забруднення є невидимою, але реальною загрозою сучасності, яка поступово руйнує навколишнє середовище та здоров'я людини. Ссавці, як і інші організми, зазнають значного негативного впливу від акустичного забруднення – від пригнічення



життєвих функцій до загибелі окремих особин та популяцій. Це ставить під загрозу стабільність цілих екосистем, які можуть збіднюватися та втрачати стійкість. Проблема шумового забруднення не отримує належної уваги, а локальні заходи є недостатніми або відсутні. Зменшення рівня акустичного забруднення є критично важливим завданням, оскільки шум знищує людину як безпосередньо, впливаючи на здоров'я, так і опосередковано, руйнуючи довкілля. Це питання вимагає невідкладних та рішучих дій на всіх рівнях.

Список використаної літератури:

1. Anees, M.M, et al. Physiological and physical impact of noise pollution on environment. *Earth Science Pakistan*, 2017, 1.1: 08-11.
2. Атаманчук П. С., Мендерецький В. В., Панчук О. П. Чорна О. Г. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. - К.: Центр учбової літератури, 2011. - 276 с. <http://studies.in.ua/bjd-atamachuk/1067-333-shum-viznachennya-ponyattya-shum.html>
3. Всесвітня організація охорони здоров'я. 2011 Тягар хвороб через шум навколишнього середовища: кількісна оцінка втрачених років здорового життя в Європі. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf
4. Erbe, C., Dent, M. L., Gannon, W. L., McCauley, R. D., Römer, H., Southall, B. L., ... & Thomas, J. A. (2022). The effects of noise on animals. In *Exploring Animal Behavior Through Sound: Volume 1: Methods* (pp. 459-506). Cham: Springer International Publishing.
5. Seidler AL, Hegewald J, Schubert M, Weihofen VM, Wagner M, Dröge P, Swart E, Zeeb H, Seidler A. The effect of aircraft, road, and railway traffic noise on stroke - results of a case-control study based on secondary data. *Noise Health*. 2018 Jul-Aug;20(95):152-161. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6122263/>
6. Siemers B.M, Schaub A. 2010 Hunting at the highway: traffic noise reduces foraging efficiency in acoustic predators. *Proc R Soc B* 278, 1712. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.2262>
7. Fouda L., Wingfield J.E., Fandel A. D., Garrod A., Kristin B. Hodge K.B., Rice A.N., Bailey H. 2018. Dolphins simplify their vocal calls in response to increased ambient noise. *Biology Letters* 10. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2018.0484>
8. Шевчук Т. Наслідки впливу різного за тривалістю виробничого шуму на продуктивність самок сріблясто-чорних лисиць кліткового утримання [Текст] / Т.Шевчук // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва / Збірник наукових праць. 2(129). 2016.С. 105-110 <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?id=15597>

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ЕКОЛОГІЧНІЙ ОСВІТІ

Лукач Юлія Іванівна, студентка 4 курсу

**Науковий керівник: Вагилевич Тетяна Вікторівна,
ВСП «Івано-Франківський фаховий коледж ЛНУП»**

Сучасний світ вимагає нових підходів до екологічної освіти, які б відповідали темпам розвитку технологій та інтересам молоді. Цифрові інструменти та молодіжні ініціативи стають ключовими елементами у формуванні екологічної свідомості нового покоління.

1. Цифрові інструменти в екологічній освіті:

Використання цифрових технологій дозволяє зробити екологічну освіту більш інтерактивною, доступною та захоплюючою.

–Онлайн-курси та MOOCs (Massive Open Online Courses): Платформи, такі як Coursera, EdX, Prometheus, пропонують безліч курсів з екології, сталого розвитку, зміни клімату від провідних університетів та експертів. Це дозволяє молоді отримувати знання з будь-якої точки світу.



– Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR): Створення віртуальних екскурсій у заповідні зони, моделювання наслідків забруднення або демонстрація роботи екологічних технологій. Це дозволяє "зануритися" у проблему та краще її усвідомити.

– Гейміфікація та еко-ігри: Розробка мобільних додатків та онлайн-ігор, які в ігровій формі навчають екологічно відповідальній поведінці (наприклад, сортування сміття, економія води). Це мотивує молодь до дії через змагальний елемент.

– Інтерактивні карти та геоінформаційні системи (ГІС): Використання карт для візуалізації екологічних проблем (наприклад, рівень забруднення повітря, поширення видів, вирубка лісів) та відстеження змін. Молодь може самостійно додавати дані та аналізувати їх.

– Соціальні мережі та блоги: Використання платформ, таких як Instagram, TikTok, YouTube, для поширення екологічної інформації, проведення челенджів, створення освітнього контенту (відео, інфографіка, прямі ефіри з екологами).

– Мобільні додатки для екомоніторингу: Додатки, що дозволяють фіксувати стан довкілля (наприклад, якість повітря, рівень шуму, виявлення незаконних сміттєзвалищ) та передавати дані відповідним службам.

2. Молодіжні ініціативи як рушійна сила змін:

Молодь не просто споживач екологічної освіти, а й активний її творець та реалізатор.

– Екологічні стартапи та проекти: Розробка інноваційних рішень для екологічних проблем (наприклад, нові методи переробки відходів, розробка біорозкладних матеріалів, технології "розумного" споживання).

– Волонтерські рухи та акції: Організація прибирань, посадок дерев, кампаній з підвищення обізнаності. Молодь часто є ініціатором та головною рушійною силою таких заходів.

– Екологічні клуби та студентські організації: Створення платформ для обміну ідеями, проведення дискусій, організації освітніх та практичних заходів.

– Участь у громадських обговореннях та адвокації: Залучення молоді до процесів прийняття рішень на місцевому та національному рівнях, висловлення своєї позиції щодо екологічної політики.

– Міжнародна співпраця: Участь у міжнародних екологічних програмах, обмін досвідом з молоддю з інших країн.

Переваги поєднання цифрових інструментів та молодіжних ініціатив:

– Підвищення залученості: Цифрові інструменти роблять навчання інтерактивним, а молодіжні ініціативи дають відчуття причетності та впливу.

– Розширення охоплення: Онлайн-ресурси дозволяють досягти ширшої аудиторії, а молодіжні мережі поширюють інформацію серед однолітків.

– Формування лідерських якостей: Участь у проектах та ініціативах розвиває організаторські здібності, вміння працювати в команді та приймати рішення.

– Практична спрямованість: Поєднання знань з реальним досвідом застосування.



Рисунок 1. Зелене майбутнє в руках молоді



Інноваційні підходи, що включають цифрові інструменти та активну участь молоді, є ключем до ефективної екологічної освіти, яка виховує відповідальних громадян, здатних вирішувати сучасні екологічні виклики та будувати стале майбутнє.

Список використаної літератури:

1. Розгон, В. В. «Інноваційні технології екологічної освіти дітей дошкільного віку» // *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*, 2021. chasopys.ps.npu.kiev.ua
2. Писаренко, В. М., Піщаленко, М. А. «Інноваційні технології навчання в екологічній освіті» // матеріали 54-ї науково-методичної конференції «Вища освіта в контексті глобальних викликів», Полтава, 2023. dspace.pdau.edu.ua
3. Карук, І. «Інноваційні технології екологічної освіти дітей: європейський досвід» // збірник матеріалів VII Міжнар. наук.-практ. конференції, Вінниця, 2023. dspace.vspu.edu.ua
4. Чистякова, Л. «Сучасні освітні технології у розвитку екологічної культури майбутніх учителів» // *Молодь і ринок*, 2020. mir.dspu.edu.ua

ЗМІНА КЛІМАТУ ЯК "ПРИСКОРЮВАЧ НЕБЕЗПЕК" НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

Мельник Олексій Богданович, студент групи ЕКО-24-1

Асистент кафедри ТЗБП Василів Наталія Юріївна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Глобальна зміна клімату трансформує профілі професійних ризиків. Дана робота висуває тезу про те, що кліматичні зміни діють як "прискорювач небезпек" (*hazard amplifier*), непропорційно посилюючи існуючі традиційні ризики Охорони Здоров'я та Безпеки Праці (ОЗіБП). Досліджено три основні групи ризиків: фізичні (тепловий стрес та інфраструктурна небезпека), психосоціальні (кліматична тривога та вигорання) та стратегічні (застарілі стандарти). Зроблено висновок про необхідність негайної інтеграції прогностичних моделей та кліматичної стійкості у стандарти ОЗіБП для захисту вразливих категорій працівників.

Традиційний підхід до ОЗіБП базується на статичному аналізі ризиків, що ґрунтується на історичних даних. Однак швидкі кліматичні зміни створюють динамічне та нелінійне середовище ризику. Сучасні дослідження вказують, що клімат не лише генерує нові небезпеки (наприклад, поширення комарів-переносників), але й каталізує старі. Метою цієї роботи є аналіз механізмів, за якими кліматичні зміни посилюють класичні професійні ризики, а також окреслення напрямків для стратегічної відповіді.

Підвищення середніх та екстремальних температур має прямий, але часто недооцінений вплив на травматизм.

Екстремальна спека викликає фізіологічну реакцію, що виходить за рамки теплового удару:

- зниження пильності: Дослідження показують, що тепловий стрес прямо корелює зі збільшенням часу реакції та погіршенням дрібної моторики.

- прискорення ризику людської помилки: Працівники на висоті, оператори важкої техніки або водії, які страждають від прихованого теплового стресу, мають вищу ймовірність помилки в оцінці дистанції, швидкості або процедури, що призводить до аварій та травм. Таким чином, спека стає прямим прискорювачем механічних та транспортних небезпек.

Зростання інтенсивності штормів, повеней та сильних вітрів робить стандартні інженерні засоби захисту недостатніми, посилюючи ризики на будівельних майданчиках та об'єктах критичної інфраструктури:

- ризик ґрунту та конструкцій: сильні дощі та повені дестабілізують ґрунт, посилюючи ризик обвалу траншей та будівельних конструкцій.



• робота в кризових умовах: працівники, залучені до ліквідації наслідків (енергетики, рятувальники), стикаються з множинними, непередбачуваними ризиками (ураження струмом від пошкоджених ліній, контакт із забрудненою водою).

Клімат впливає на безпеку праці також через опосередковані психологічні та соціальні механізми.

Кліматична тривога (*eco-anxiety*) – хронічний страх перед незворотними екологічними змінами – призводить до психологічного вигорання та відволікання. Зниження психологічного благополуччя погіршує культуру безпеки в колективі. Працівник, який переживає стрес, більш схильний до недотримання правил та ігнорування сигналів небезпеки.



Кліматичні зміни діють як фактор соціальної нерівності в ОЗіБП. Працівники у неформальному секторі, мігранти та низькооплачувані робітники, які часто не мають доступу до медичної страховки та якісних ЗІЗ, піддаються найвищому ризику травматизму та захворювань, пов'язаних із кліматом.

Кліматична зміна остаточно руйнує застарілу модель ОЗіБП. Системи охорони праці повинні перейти від реактивного до прогностичного підходу.

Рекомендації:

1. Прогноз та адаптація стандартів: інтеграція метеорологічних прогнозів у щоденне планування робіт (особливо для роботи на відкритому повітрі) та перегляд граничних значень температури, вологості та вмісту шкідливих речовин у повітрі.

2. Технологічна інтеграція: використання ШІ та носимих пристроїв (*wearables*) для моніторингу фізіологічних показників працівників у режимі реального часу, щоб завчасно виявити тепловий стрес.

3. Холістичний підхід до здоров'я: включення програм підтримки ментального здоров'я та управління стресом у обов'язкові протоколи ОЗіБП як засіб зниження ризику людської помилки.

Зміна клімату вимагає, щоб безпека праці перестала бути лише інженерним питанням, а стала питанням стійкості, соціальної справедливості та стратегічного управління ризиками.

Список використаної літератури:

1. Міжнародна організація праці (МОП) / International Labour Organization (ILO). (2024). *Safety and Health at the Heart of the Future of Work*. (Останні звіти та публікації МОП щодо нових ризиків, включно з кліматичними).

2. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) / World Health Organization (WHO). (2020). *Climate change and health: Fact sheets*. (Матеріали щодо прямого впливу спеки та інших кліматичних чинників на здоров'я).

3. Hanna, E. (Ed.). (2023). *Routledge Handbook of Climate Change and Society*. Routledge. (Комплексний огляд соціальних аспектів зміни клімату).



4. OSHA (Occupational Safety and Health Administration). (2023). *Protecting Workers from the Effects of Climate Change*. U.S. Department of Labor. (Керівні принципи та рекомендації щодо адаптації стандартів).

5. Ehsani, J. P., et al. (2021). Climate change and occupational health and safety: A systems approach. *Safety Science*, 137. (Пропозиція системного підходу до інтеграції кліматичної стійкості).

6. Giles, L., & Spickett, J. (2020). Occupational health and safety implications of the transition to a green economy. *Safety and Health at Work*, 11(2), 123–131. (Розгляд стратегічних змін у відповідь на глобальні виклики).

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ТИПИ ФІЛЬТРАЦІЇ ПИТНОЇ ВОДИ

Миндюк Василь Ярославович, студент групи ТЗ-22-1

Доцент кафедри ТЗБП Качала Софія Віталіївна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Проблема забезпечення населення якісною питною водою є однією з найактуальніших у сучасному світі. Інтенсивний розвиток промисловості, сільського господарства та урбанізація призвели до суттєвого погіршення стану природних водних ресурсів, що вимагає впровадження ефективних технологій очищення. Сучасні методи фільтрації спрямовані не лише на усунення механічних і хімічних домішок, а й на знезараження води, видалення органічних сполук, важких металів і шкідливих мікроорганізмів. Вивчення різних типів фільтрації дозволяє визначити їхні переваги, недоліки та оптимальні сфери застосування для забезпечення екологічно безпечного водопостачання.

Сьогодні існує велика кількість фільтрів і технологій очищення води. Розглянемо найпоширеніші з них, аби зрозуміти їхні особливості та принципи роботи.

Механічна фільтрація. Це один із базових і початкових етапів роботи майже будь-якого фільтра. Його основне завдання – видалення механічних домішок, таких як пісок, глина, іржа чи оксидні сполуки. Такий тип очищення не лише покращує якість води, а й запобігає швидкому зношенню фільтраційних елементів, продовжуючи строк їх експлуатації. Процес відбувається завдяки спеціальним сіткам із мікроскопічними комірками (1–5 мікрон), які пропускають лише воду, затримуючи тверді частинки [1].

Хімічне очищення. Застосовується для усунення важких металів, знебарвлення та знезараження води. Для цього використовуються реагенти, зокрема вапно, амоніак або сірчана кислота, які вступають у хімічні реакції, утворюючи осад із нерозчинних забруднень.

Безреагентне фільтрування. Призначене для видалення із води заліза, марганцю та сірководню. Процес базується на окисленні цих речовин за допомогою кисню, без використання реагентів. Метод вважається екологічним і економічно вигідним. Розрізняють два основні типи:

- аерація повітрям — вода насичується атмосферним повітрям під тиском або шляхом розпилення;

- електрохімічна аерація — здійснюється в модулі з електродами, де під дією електричного струму утворюються іони кисню, які окислюють Fe, Mn і H₂S [2].

Адсорбція (вугільна фільтрація). Один із найпопулярніших і найдоступніших методів очищення. Основним фільтруючим матеріалом є активоване вугілля, найчастіше отримане з кокосової шкаралупи, яке має у кілька разів більшу адсорбційну здатність, ніж деревне. Такі фільтри ефективно видаляють органічні домішки, хлор, розчинені гази, покращують смак і запах води. Додавання іонообмінних компонентів дає змогу також усунути важкі метали, пестициди, гербіциди, азбестові частки, нафтові сполуки, а також бактерії й віруси. Термін служби вугільного фільтра – до дев'яти місяців.



Іонний обмін. Фільтри цього типу містять іонообмінні смоли, які заміщують іони кальцію та магнію іонами натрію, зменшуючи жорсткість води. Така технологія продовжує термін служби побутових приладів і сантехніки. Водночас вода після цього процесу не є повністю безпечною для споживання, оскільки м'яка, але не знезаражена, може мати неприємний присмак і впливати на травну систему. Термін служби іонообмінних фільтрів сягає трьох років за умови регулярного промивання розчином кухонної солі.

Озонування. Метод знезараження води за допомогою озону — потужного окисника, який знищує бактерії, віруси, грибки та інші мікроорганізми. Озон ефективніший за хлор, адже не утворює токсичних побічних сполук. Однак технологія потребує значних енергетичних витрат, складного обладнання й професійного обслуговування, тому є дорогою. Крім того, вона не усуває важкі метали й пестициди, тому частіше використовується для очищення води в басейнах.

Ультрафіолетова обробка (бактерицидна фільтрація). Цей високотехнологічний метод не потребує хімічних реагентів. Під дією ультрафіолетового випромінювання руйнуються ДНК і РНК мікроорганізмів, що призводить до їх загибелі. Метод ефективний проти вірусів гепатиту, холери, тифу, дизентерії тощо. Рівень знезараження залежить від інтенсивності й тривалості опромінення.

Зворотний осмос. Одна з найсучасніших технологій глибокого очищення. Через напівпроникну мембрану, пори якої близькі за розміром до молекул води, видаляються практично всі домішки — від солей і металів до вірусів і бактерій. Такі фільтри бувають накопичувальними (для побуту) та прямоточними (для промисловості). Основним недоліком є невисока швидкість очищення, яку компенсує наявність резервуара. Мембрана служить 1,5–3 роки, а її довговічність можна збільшити за допомогою попередніх фільтрів. Однак після зворотного осмосу вода потребує додаткової мінералізації [3].

Дистиляція. Метод полягає у випаровуванні води з подальшою конденсацією пари. У результаті утворюється чиста й безпечна вода, вільна від бактерій та більшості домішок. Основні недоліки – тривалість процесу, високе споживання енергії та потреба у регулярному чищенні обладнання.

Нанofільтрація. Одна з найсучасніших технологій, що поєднує фільтрацію та коагуляцію без використання реагентів. Вона ефективно усуває забарвлення, органічні галогеновмісні сполуки й солі середнього ступеня жорсткості. Через високу вартість застосовується переважно для спеціальних потреб.

Фотокаталізація. Інноваційний метод, що дозволяє видаляти розчинені й завислі органічні речовини без попередньої підготовки чи реагентів. Процес здійснюється за допомогою капілярних мембран трубчастої форми, які запобігають застою води та накопиченню осаду. Технологія поки що має обмежене поширення через високу вартість обладнання.

Аналіз сучасних методів і типів фільтрації питної води показав, що жоден із них не є універсальним, а ефективність очищення залежить від поєднання кількох технологій. Найпоширенішими є механічна, хімічна та адсорбційна фільтрація, проте з розвитком науки все ширше застосовуються інноваційні методи — ультрафіолетова обробка, озонування, нанofільтрація, фотокаталізація та зворотний осмос. Вибір оптимальної системи очищення повинен враховувати хімічний склад вихідної води, технічні можливості та економічні чинники. Подальші дослідження у цій сфері мають бути спрямовані на вдосконалення екологічно безпечних, енергоефективних і доступних технологій, які забезпечать населення якісною та безпечною питною водою.

Список використаної літератури:

1. Солодовнік Т. В. Очищення підземних вод від підвищених концентрацій заліза та марганцю [Електронний ресурс] // Черкаський державний технологічний університет. Науковий вісник. — 2018. — № 2. — С. 45–50. — Режим доступу: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/3154/1/8.pdf>



2. Гомеля М. Д. Фізико-хімічні основи процесів очищення води методом фільтрації: навчальний посібник [Електронний ресурс] / М. Д. Гомеля. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 112 с. — Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/8cfc8fb4-c3bb-42a6-8a30-5549366acbd6/download>

3. Шмандій В. М., Ковальчук О. М., Писаренко В. В. Водопідготовка: сучасні технології очищення природних вод: навчальний посібник. — Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. — 212 с.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Миндюк Василь Ярославович, студент групи ТЗ-22-1

Професор кафедри ТЗБП, д.с.г.н. Лопушняк Василь Іванович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Енергетичні та промислові об'єкти (теплоелектростанції, ТЕЦ, підприємства металургійної, гірничодобувної, хімічної, машинобудівної, нафтогазової галузей тощо) формують потужні осередки антропогенного навантаження на водні екосистеми, зокрема за рахунок надходження іонів важких металів (Cd, Pb, Hg, Cr, Ni, Cu, Zn, Co та ін.), що належать до пріоритетних забруднювачів згідно з сучасними еколого-токсикологічними класифікаціями. Важкі метали характеризуються стійкістю у довкіллі, кумулятивною дією, здатністю до біомагніфікації в трофічних ланцюгах, а для окремих елементів – вираженим мутагенним, канцерогенним та тератогенним ефектом, що обумовлює високі ризики для здоров'я населення і функціонування водних екосистем навіть за концентрацій, близьких до гранично допустимих. Формування стічних вод із підвищеним вмістом важких металів на енергетичних та промислових об'єктах зумовлене корозією технологічного обладнання й трубопроводів, застосуванням реагентів, що містять метали (інгібітори корозії, каталізатори, барвники, мастильно-охолоджувальні рідини), процесами збагачення та переробки сировини, гальванічними операціями, а також спалюванням палива з домішками металів. Додатковою ускладнюючою обставиною є комбінований характер забруднення (суміш кількох металів, органічні ксенобіотики, змінений рН, підвищена мінералізація, наявність суспендованих речовин), що знижує ефективність класичних фізико-хімічних методів очищення. Традиційні технології (хімічне осадження, коагуляція–флокуляція, іонний обмін, мембранні процеси, електрохімічне очищення) забезпечують прийнятні ступені вилучення при високих концентраціях забрудників, проте потребують значних енергетичних та реагентних витрат, супроводжуються утворенням значних обсягів токсичних мулових осадів, а при слідівних та малих концентраціях металів виявляються економічно або технологічно неефективними. У контексті переходу до засад сталої та циркулярної економіки, а також гармонізації з вимогами Водної рамкової директиви ЄС особливої актуальності набуває розроблення та впровадження біотехнологічних підходів до очищення вод від важких металів. Метою даної роботи є теоретичне узагальнення сучасних біотехнологічних методів видалення важких металів зі стічних вод енергетичних та промислових об'єктів, аналіз їхніх еколого-технологічних переваг та обмежень, а також окреслення напрямів подальшого розвитку цих технологій.

Біотехнологічні підходи до очищення води від іонів важких металів базуються на використанні потенціалу живих організмів та продуктів їхнього метаболізму для зв'язування, перетворення, детоксикації та (частково) вилучення металів із рідкої фази. Ключовими механізмами є біосорбція, біоаккумуляція, біопреципітація та біоінералізація. Біосорбція розглядається як переважно пасивний процес фізико-хімічної адсорбції й іонного обміну, що відбувається за рахунок функціональних груп біополімерів клітинних стінок (карбоксільні, гідроксильні, амінні, фосфатні, сульфгідрильні групи), і може ефективно реалізовуватися як на живій, так і на неактивній (висушеній, термічно обробленій) біомасі. Біоаккумуляція передбачає активне енергозалежне поглинання іонів



металів живими клітинами, їхнє внутрішньоклітинне зв'язування з білками-хелаторами (наприклад, металотіонеїнами), депонування у вакуолях та включення в метаболічні шляхи. Процеси біопреципітації та біомінералізації пов'язані з мікробіологічно опосередкованим утворенням малорозчинних сполук (сульфідів, фосфатів, карбонатів металів) і можуть використовуватися для переведення рухомих форм забрудників в осад із подальшою утилізацією або поверненням металів у техногенний цикл. Науковий інтерес викликає також моделювання процесів біосорбції за ізотермами типу Ленгмюра, Фройндліха тощо та вивчення кінетики сорбції (псевдопершого, псевдодругого порядку), що дає змогу обґрунтувати параметри проектування біореакторів і біосорбційних колон.

Об'єктами біотехнологічного очищення можуть бути різні групи організмів – бактерії (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Achromobacter*, *Rhizobium* та ін.), дріжджі (*Saccharomyces cerevisiae*), мікроскопічні гриби (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*), мікроводорості (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Spirulina*, *Dunaliella*), макроводорості, а також вищі водні рослини та гідрофіти (*Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Lemna minor*, *Azolla pinnata* тощо). Мікроорганізми вирізняються високо розвинутою поверхнею клітин, великою кількістю функціональних груп, генетично зумовленою здатністю до адаптації в умовах підвищеного вмісту металів, а також можливістю формування стійких біоплівки на інертних носіях у біореакторах проточної, протітечійної чи періодичної дії. Це дозволяє реалізувати концентровані біоплівкові системи з високою питомою сорбційною ємністю. Мікро- і макроводорості поєднують процеси фотосинтезу з біосорбцією та біоаккумуляцією, сприяючи одночасному вилученню металів, зниженню вмісту органічних речовин і частковій демінералізації стоків. Вищі водні рослини й гідрофіти, застосовувані в системах штучно створених вологих зон (constructed wetlands), забезпечують довготривале вилучення металів через механізми фітореMediaції (фітоекстракція, фітостабілізація, ризофільтрація), при цьому кореневі виділення (екзометаболіти) формують специфічні умови в ризосфері, що стимулюють розвиток металрезистентних мікробних угруповань.

Перспективним напрямом є створення та використання алгально-бактеріальних та грибно-бактеріальних консорціумів, у яких реалізується синергія фізіолого-біохімічних властивостей різних груп мікроорганізмів. Мікроводорості в таких системах продукують кисень для аеробних бактерій, одночасно фіксуючи CO₂, тоді як бактерії здійснюють біодеградацію органічних ксенобіотиків, регенерацію поживних компонентів і можуть змінювати валентний стан металів (наприклад, відновлення Cr(VI) до менш токсичного Cr(III)), що підвищує їхню сорбованість. Формування гранульованих алгально-бактеріальних утворень та структурованих біоплівки у фотобіореакторах створює великі активні поверхні для сорбції металів і дає змогу застосовувати такі системи як завершальні (полірувальні) стадії очищення стічних вод ТЕС, ТЕЦ, підприємств нафтогазового комплексу, гальванічних цехів та інших промислових об'єктів. У науковій літературі описані схеми комбінованого очищення типу «фізико-хімічне передочищення – біореактор із фіксованим шаром або зваженою біомасою – біоплато / волога зона», які доцільно адаптувати до умов конкретних українських підприємств з урахуванням дебіту стічних вод, їхнього іонно-сольового складу, сезонних коливань температури та інших чинників.

Ефективність біотехнологічного очищення визначається комплексом факторів: рН і буферні властивості середовища, температура, іонна сила та склад електролітів, наявність конкурентних катіонів (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺), концентрація розчиненого органічного вуглецю, співвідношення біомаса/розчин, гідродинамічні умови, час контакту та режим експлуатації біореактора. Для живих культур критичними є також освітленість (для фотосинтезуючих організмів), вміст розчиненого кисню, доступність макро- та мікроелементів живлення. З науково-практичного погляду важливим завданням є оптимізація цих параметрів на основі лабораторних і напівпромислових досліджень з використанням математичного моделювання, що дасть змогу створювати масштабовані проєктні рішення для енергетичних та промислових об'єктів.



До ключових переваг біотехнологічних підходів належать: можливість високоефективного вилучення важких металів при низьких (слідових) концентраціях; зменшення маси та токсичності вторинних відходів у порівнянні з традиційними хімічними методами; використання відновлюваної або місцевої біосировини (культури мікроводоростей, грибна та бактеріальна біомаса, відходи сільського господарства як основа для біосорбентів); потенціал повернення вилучених металів у промисловий цикл (біосорбенти як біоіонообмінники); інтеграція з відновлюваною енергетикою та виробництвом біопродуктів (біодобрива, кормові добавки, біополімери). Водночас реалізація біотехнологічних схем супроводжується певними обмеженнями: чутливістю живих систем до екстремальних значень рН, солоності, температури та наявності високотоксичних органічних домішок; необхідністю точного контролю технологічних параметрів і запобігання інфікуванню культур сторонньою мікрофлорою; складністю масштабування лабораторних результатів до рівня реальних промислових потоків; потребою у створенні адекватної нормативно-правової бази для впровадження біотехнологічних споруд на об'єктах критичної інфраструктури. Перспективними напрямками подальших досліджень є селекція та/або конструювання (з дотриманням принципів біобезпеки) штамів-гіперакумуляторів для характерних типів стоків енергетичних та промислових підприємств України, розроблення гібридних технологій «фізико-хімічне + біотехнологічне» очищення, проведення повномасштабних досліджень життєвого циклу таких систем (LCA-аналіз), оцінка їхньої економічної доцільності та екологічної ефективності в умовах реального виробництва. Узагальнення наявних наукових даних та світового досвіду дозволяє розглядати біотехнологічні підходи як один із ключових інструментів мінімізації ризиків від забруднення вод важкими металами на енергетичних та промислових об'єктах і важливий елемент стратегії екологічно безпечного розвитку галузі.

АНАЛІЗ КІБЕРРИЗИКІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Мельник Олексій Богданович, студент групи ЕКО-24-1

Асистент кафедри ТЗБП Василів Наталія Юріївна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Глобальний пріоритет переходу до "зеленої" економіки супроводжується масовою інтеграцією кіберфізичних систем, таких як Smart Grids та Інтернет речей (IoT), в управління критичною екологічною інфраструктурою. Ця теза висвітлює проблему "зеленої уразливості" – стану, коли компрометація одного цифрового компонента екологічної мережі може бути використана для масштабного фізичного саботажу або екологічної катастрофи. Проаналізовано вектори атак, що використовують властивості розподілених "зелених" мереж, і надано рекомендації щодо інтеграції принципів безпеки за замовчуванням (*Security by Design*) у розробку Green Tech.

Екологічні технології (Green Tech) та відновлювана енергетика покладаються на цифровізацію для оптимізації та ефективності. Smart Grids (розумні мережі), наприклад, використовують двосторонній зв'язок для балансування навантаження, інтеграції розподіленої генерації (сонячні та вітрові ферми) та управління споживанням. Чим більше елементів (сенсорів, "розумних" лічильників, контролерів) підключається до мережі, тим ширшою стає поверхня атаки. Цей перехід створює парадокс: технології, спрямовані на підвищення екологічної стійкості, одночасно породжують нові, критичні кіберризики, що ставлять під загрозу національну та екологічну безпеку.



"Зелена уразливість" визначається як прямий зв'язок між кібератакою та фізичним, екологічним чи економічним саботажом, що виникає внаслідок інтеграції ІТ та операційних технологій (ОТ) в екологічній інфраструктурі.

Smart Grids особливо вразливі через свою розподілену та гетерогенну архітектуру.

- Атака на цілісність даних (Data Integrity Attack): зловмисник може скомпрометувати "розумні" лічильники або сенсори в мережі, подаючи фальшиві дані про генерацію або споживання. Це може змусити центральну систему управління неправильно балансувати мережу, викликаючи каскадний збій або перевантаження та фізичне пошкодження дорогого обладнання.

- Атака на доступність (Denial-of-Service, DoS): блокування зв'язку з центральними контролерами сонячних або вітрових ферм може призвести до неможливості швидкого управління виробництвом ВДЕ, створюючи енергетичну нестабільність.

Системи ІоТ, що використовуються для моніторингу якості води, повітря, управління іригацією та очисними спорудами, також є цілями. Компрометація таких сенсорів може призвести до:

- Екологічного саботажу: навмисне відкриття або закриття засувки на очисних спорудах, що призведе до викиду забрудненої води.

- Дезінформації: спотворення даних про забруднення повітря або радіаційний фон, що вплине на суспільну довіру та державні рішення.

Захист "зеленої" інфраструктури вимагає зміни парадигми: кібербезпека має розглядатися не як додаток, а як фундаментальний елемент екологічної стійкості.

Більшість пристроїв ІоТ та Green Tech розробляються з акцентом на ефективність і ціну, а не на безпеку. Життєво важливим є перехід до концепції "Безпека за замовчуванням" (*Security by Design*). Це означає:

- Ізоляція та Сегментація: розділення критичних ОТ-мереж від корпоративних ІТ-мереж для уникнення горизонтального поширення атак.

- Незмінність (Immutability): використання технологій блокчейну або інших методів для забезпечення незмінності даних, що надходять від сенсорів.

- Безпечні оновлення: забезпечення надійного механізму патчів та оновлень для тисяч розподілених пристроїв.

Кібербезпека "зеленої" інфраструктури потребує співпраці між енергетичними, екологічними та оборонними відомствами. Регуляторні рамки повинні передбачати обов'язкові аудити кібербезпеки для будь-якого компонента Smart Grid або іншої критичної екологічної системи перед її введенням в експлуатацію.

Зміна клімату вимагає швидкого впровадження інтелектуальних екологічних систем. Проте ця інтеграція створює "зелену уразливість", що може бути використана зловмисниками для фізичної шкоди, яка матиме прямі негативні екологічні та економічні наслідки. Для забезпечення стійкості "зеленого" переходу, кібербезпека має бути визнана та фінансуватися як критична функція національної безпеки та екологічного захисту, інтегрована на етапі проектування, а не додана постфактум.

Список використаної літератури:

1. NIST (National Institute of Standards and Technology). (2020). *Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity*. Gaithersburg, MD: U.S. Department of Commerce.
2. Mahmood, M., Sidorova, A., & Han, J. (2022). Cyber risks and environmental technologies: A review of security in water and waste management systems. *Journal of Environmental Informatics*, 40(1).
3. Yan, Y., Qian, Y., Sharif, H., & Tipper, D. (2012). A survey on smart grid communication infrastructures, security, and data management. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 14(3), 833–850.

ЩОДО ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

Опарик Вікторія Володимирівна, студентка групи ТЗ-25-1

Доцент кафедри ТЗБП Лялюк-Вітер Галина Дмитрівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Глобальні проблеми людства, демографічні, екологічні, економічні, політичні та інші зобов'язують жителів Землі дбайливо ставитися до природних ресурсів та шукати шляхи їх вирішення. Крім цього, Важливою проблемою є і проблема відходів. Проблема відходів має ресурсний і екологічний аспекти - відходи як джерело ресурсів і відходи як екологічно небезпечний чинник. Щороку в Україні утворюється понад 500 тис. тонн небезпечних відходів, серед них відходи лугів, кислот, солей, чорних металів тощо [1]. Загальний обсяг накопичених в Україні промислових і побутових відходів оцінювався у 15,6 млрд тонн до повномасштабної війни [2]. Точні обсяги відходів від руйнувань внаслідок воєнних дій росії, підрахувати до завершення війни неможливо, але вони величезні.

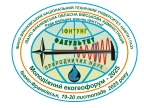
Тому реформування в сфері управління відходами в Україні є дуже актуальним. Україна впроваджує її на основі європейських практик, стандартів та досвіду. Адаптація створення ефективної системи управління відходами є важливим кроком для сталого розвитку країни, а комплексний підхід до управління відходами може суттєво зменшити їхнє накопичення, а також може підвищити рівень переробки і навіть створити нові робочі місця.

Україна в 2022 р. ухвалила Закон «Про управління відходами» [3] (№ 2320-IX від 20.06.2022), що містить 60 статей, які об'єднані в 11 розділів. Даний Закон набрав чинності 09.07.2023 року і визначає правові, організаційні, економічні засади діяльності щодо запобігання утворенню, зменшення обсягів утворення відходів, зниження негативних наслідків від діяльності з управління відходами, сприяння підготовці відходів до повторного використання, рециклінгу і відновленню з метою запобігання їх негативному впливу на здоров'я людей та навколишнє природне середовище [3]. Закон України «Про управління відходами» формує правові засади для переходу до європейської моделі управління відходами. Основні зміни стосуються запровадження ієрархії управління відходами (рис. 1); планування системи управління відходами на різних рівнях: національному, регіональному та місцевому; розвиток інфраструктури сортування та переробки сміття; принципу розширеної відповідальності виробника, а також стимулювання інвестицій у цю сферу.



Джерело: Закон України "Про управління відходами"

Рисунок 1. Ієрархія управління відходами [2]



Згідно з ст.7 цього Закону [3] відходи поділяються на два класи: 1) небезпечні відходи; 2) відходи, що не є небезпечними.

Закон України «Про управління відходами» спрямований на створення інфраструктури управління відходами й поліпшення стану довкілля. Його прийняття сприяє нормативно-правовому регулюванню у цій сфері до вимог рамкової директиви 2008/98/ЄС про відходи [4] та підвищенню рівня екологічної безпеки регіонів України шляхом зменшення утворення накопичення відходів і обмеження їх шкідливого впливу на довкілля та здоров'я людей.

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> (дата звернення: 15.11.2025).

2. Фандеев 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> (дата звернення: 15.11.2025).

3. Про управління відходами: Закон України від 20 червня 2022 року №2320-IX URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 15.11.2025).

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 (дата звернення: 15.11.2025).

ПОТЕНЦІАЛ, ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА БАР'ЄРИ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ З ПОЛІГОНІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ

Осташук Ілля Васильович, студент групи ТЗ-22-1

Професор кафедри ТЗБП Яцишин Теодозія Михайлівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Людство невпинно рухається у напрямку сталого розвитку, і в цьому контексті особливо важливо максимально ефективно використовувати усі доступні ресурси та технології. Для України питання раціонального поводження з побутовими відходами (ПВ) набуває критичного значення, оскільки значні полігони накопичених відходів становлять як екологічну загрозу, так і нереалізований енергетичний потенціал. Одним із найбільш перспективних напрямів є використання біогазу, який природним чином утворюється внаслідок анаеробного розкладу органічних компонентів сміття. Уловлювання, очищення та використання цього газу може стати важливим елементом української енергетичної незалежності та внеском у зменшення негативного впливу на довкілля. За даними моніторингу Держенергоефективності, якщо у 2013 році було лише 9 біогазових установок загальною потужністю 14 МВт, то на кінець I півріччя 2021 року – вже 54, а їхня загальна потужність сягає 111 МВт. Протягом 2020 року біогазовими установками було вироблено 224 млн м³ біогазу. Очистивши зазначений обсяг біогазу, потенційно можна отримати 135 млн м³ біометану у рік.

Потенціал біогазу полягає не лише у виробництві теплової чи електричної енергії. Після відповідного очищення він перетворюється на біометан — повноцінний аналог природного газу, здатний замінювати імпортоване паливо та підвищувати газову автономію країни. Важливо, що Україна має унікальні передумови для розширення цього сегменту. Значний аграрний сектор, харчова промисловість та великі полігони ПВ створюють широкий ресурсний базис для розвитку біогазових технологій. Світовий досвід — зокрема практика країн Європейського Союзу — демонструє стабільне зростання цього напрямку.

Разом із тим в Україні існують суттєві бар'єри, які стримують масштабне впровадження біогазових технологій на полігонах побутових відходів. Головним із них є недосконалість законодавчої бази: у чинному законодавстві досі відсутнє чітке визначення терміна «біометан», а також механізми сертифікації та верифікації цього виду палива [1]. Це ускладнює його подачу в газотранспортну систему та стримує прихід інвесторів. Додатковими перешкодами є технічна зношеність більшості полігонів, відсутність сучасних систем дегазації, недостатній рівень інфраструктури та значні інвестиційні потреби.

Крім того, важливими залишаються організаційні питання: розподіл відповідальності між операторами полігонів, місцевою владою та інвесторами, низький рівень контролю за експлуатацією полігонів, а також недостатня поінформованість громад щодо переваг уловлювання та використання біогазу. Сукупність цих факторів формує складний бар'єр, який потрібно подолати через системні законодавчі зміни, розробку технічних стандартів та залучення міжнародного досвіду.

Таким чином, використання біогазу з полігонів ПВ — це перспективний напрям, що поєднує вирішення екологічних, енергетичних та соціально-економічних викликів. Його розвиток сприятиме зменшенню негативного впливу відходів на навколишнє середовище, підвищенню енергетичної незалежності України та інтеграції у європейські практики сталого розвитку. Реалізація цього потенціалу потребує удосконалення законодавства, модернізації інфраструктури та активної міжсекторальної співпраці, однак саме біогазові технології можуть стати одним із ключових інструментів майбутньої «зеленої» енергетичної трансформації держави.

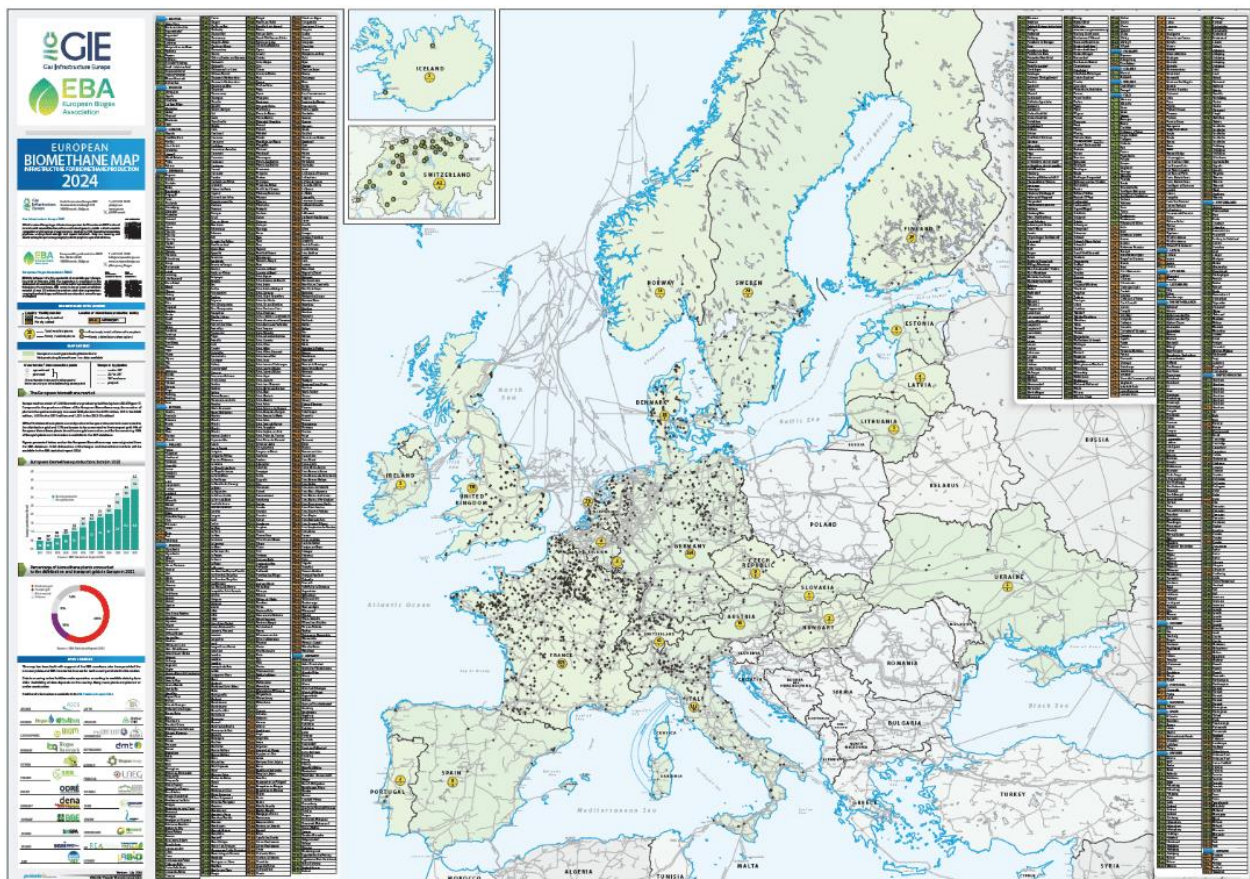


Рисунок 1. Карта розповсюдження біогазових установок в Європі

Список використаної літератури:

- 1) SAEE. Врятувати ГТС та не залежати від імпорту газу завдяки українському біометану / SAEE. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу:



<https://sae.gov.ua/news/vriatuvati-gts-ta-ne-zalezati-vid-importu-gazu-zavdiaki-ukrayinskomu-biometanu> (дата звернення: 15.11.2025).

2) Ellis D. *European biogas production totals 22 bcm in 2023*. gasworld, 04 груд. 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.gasworld.com/story/european-biogas-production-totals-22bcm-in-2023/2147637.article> (дата звернення: 15.11.2025).

ТЕХНОЛОГІЇ КОМПОСТУВАННЯ АГРОВІДХОДІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ

Пасішняк Ярослав Михайлович, студент групи ТЗ-22-1

Доцент кафедри ТЗБП, к.ф.-м.н. Коцюбинський Андрій Олегович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Технології компостування агровідходів останніми десятиліттями набувають особливої актуальності у зв'язку з посиленням деградаційних процесів у ґрунтах різних природно-кліматичних зон. Погіршення структурно-агрегатного стану, збіднення на органічну речовину, розвиток водної та вітрової ерозії, фізичне ущільнення, втрата біотичного різноманіття та зниження буферної здатності ґрунтів суттєво впливають на біопродуктивність агроландшафтів. У глобальному масштабі спостерігається тенденція до зменшення вмісту гумусу через інтенсивний землеробський цикл, домінування монокультур, неправильне управління післяжнивними рештками та надмірне використання мінеральних добрив. На цьому тлі особливу цінність становлять технології біоконверсії органічних залишків, зокрема компостування, яке забезпечує повернення до ґрунту стабілізованої органічної речовини та відновлення його родючості.

Компостування являє собою складний мікробіологічно керований процес аеробної трансформації органічної маси, що включає низку фізико-хімічних, термобіологічних і біохімічних реакцій. У цьому процесі задіяні різноманітні таксономічні групи мікроорганізмів: мезофільні та термофільні бактерії, гриби, актиноміцети, а також специфічні симбіотичні мікробні консорціуми, які послідовно домінують на різних етапах компостування. На початковій стадії (мезофільна фаза) активізуються мікроорганізми, що розкладають легкодоступні субстрати – прості цукри, білки та частково ліпіди. Підвищення температури до 40–70 °С переводить систему в термофільну фазу, у якій переважають термофільні бактерії й актиноміцети, здатні до розкладання целюлози, геміцелюлози та лігніну. Висока температура забезпечує знешкодження патогенної мікрофлори, гельмінтів та вірусів, що є критично важливим для отримання санітарно безпечного продукту. Завершальна стадія включає дозрівання компосту, стабілізацію органічної речовини, формування гумінових і фульвокислот, зниження температури та відновлення активності мезофільної мікробіоти.

Фундаментальними параметрами, які визначають якість компостування, є співвідношення вуглецю до азоту (C:N), яке має бути на рівні 25–30:1. При надлишку вуглецю процес уповільнюється, а при надлишку азоту – виникають значні втрати азоту у вигляді аміаку. Не менш важливими є вологість субстрату (оптимально 50–60 %), рівень аерації (забезпечується перекиданням буртів або використанням аераційних систем), кислотність середовища (рН 6,5–8,0) та регулярність контролю процесу. У промисловому компостуванні використовуються різні технологічні моделі: буртове компостування, статичні купи з примусовою аерацією, реакторні (закриті) системи та вермикомпостування, яке забезпечує отримання високоякісного біогумусу з підвищеною біологічною активністю.

Компости, отримані внаслідок технологічно правильного компостування агровідходів, є надзвичайно цінними для відновлення деградованих ґрунтів. Їх внесення сприяє підвищенню вмісту органічної речовини – базового показника родючості ґрунту та ключового чинника гумусоутворення. Органічні компоненти компосту покращують структурно-агрегатний стан ґрунту, сприяють формуванню стійких водотривких агрегатів, зменшують ризик руйнування ґрунту під час зливових опадів та сильного вітру. Крім того,



компости значно підвищують водоутримувальну здатність ґрунту, що є вирішальним для регіонів, схильних до аридизації та кліматично обумовлених посух. Покращення вологоємності та інфільтраційних властивостей ґрунту зменшує ризик поверхневого стоку, сприяє накопиченню води у верхньому горизонті й забезпечує більш рівномірне водозабезпечення рослин.

З хімічної точки зору внесення компосту позитивно впливає на вміст та доступність основних макро- та мікроелементів. Збільшується ємність катіонного обміну, ґрунт стає більш здатним акумулювати поживні речовини та утримувати їх у доступній формі для рослин. Завдяки гумусовим речовинам підвищується буферність ґрунту, знижується токсичність алюмінію та важких металів. Компости покращують баланс азоту, фосфору та калію, що є важливим для стабілізації поживного режиму ґрунту без надмірного застосування мінеральних добрив.

Біологічний вплив компосту є не менш значущим. Органічні добрива активізують ґрунтову мікробіоту, стимулюють азотфіксацію, розкладання органічних залишків та мобілізацію малорухомих форм фосфору. Мікробіологічна активність створює сприятливі умови для розвитку ґрунтових безхребетних, зокрема дощових черв'яків, які виконують функцію біоаерації та біотурбації ґрунту. Компостування може бути підсилене використанням біологічних препаратів – ефективних мікроорганізмів (ЕМ), мікоризоутворюючих грибів, азотфіксувальних бактерій, фосфатмобілізаторів, целюлозоруйнівних штамів. Такі біоактивні компости здатні прискорювати відновлення деградованих ґрунтів, підвищувати стійкість рослин до стресових факторів, зменшувати ураженість фітопатогенами.

Технології компостування є важливим елементом систем фітомеліорації й рекультивації порушених земель. Компости широко застосовуються у поєднанні з енергетичними культурами (*Miscanthus × giganteus*, *Salix viminalis*), багаторічними бобовими (*Medicago sativa*, *Trifolium pratense*), сидератами (гірчиця біла, фацелія, ріпак), а також рослинами-фіторемедіаторами, що здатні поглинати важкі метали. На забруднених територіях компости знижують біодоступність токсичних елементів шляхом хелатування та сорбції. Це сприяє зменшенню міграційної здатності токсикантів і підвищенню екологічної безпеки агроландшафтів.

Екологічні переваги компостування охоплюють широкий спектр ефектів. Процес компостування дозволяє мінімізувати обсяги органічних відходів, що потрапляють на полігони чи відкриті звалища, знижує викиди метану, які утворюються під час анаеробного розкладання органіки. Альтернатива спалюванню рослинних решток зменшує надходження до атмосфери CO₂, CO, NO_x, діоксинів та поліциклічних ароматичних вуглеводнів, які становлять загрозу для здоров'я людини та довкілля. Таким чином, компостування виступає інструментом зменшення вуглецевого сліду аграрного сектору та сприяє реалізації принципів циркулярної економіки.

Економічні аспекти компостування також є важливими. Використання компостів дозволяє зменшити залежність від дорогих мінеральних добрив, підвищити урожайність і якість продукції, покращити ґрунтову структуру та забезпечити довгострокову стійкість агросистем. Створення локальних компостувальних хабів у громадах може сприяти розвитку сільських територій, формуванню нових робочих місць та підвищенню рівня екологічної безпеки.

Разом із тим технології компостування потребують дотримання низки вимог: попереднього аналізу сировини щодо вмісту важких металів, пестицидів і патогенів; контролю якості водовідведення з компостних майданчиків; дотримання санітарно-гігієнічних норм; забезпечення належної логістики збору агровідходів. За умови виконання цих вимог компостування є однією з найбільш ефективних, екологічно безпечних і науково обґрунтованих технологій відновлення родючості деградованих ґрунтів.

Узагальнюючи, компостування агровідходів слід розглядати як невід'ємну складову сталих агротехнологій, що забезпечують збалансоване управління ресурсами, відновлення



грунтової родючості, зменшення антропогенного навантаження на довкілля та формування екологічно стійких агроландшафтів. Його широке впровадження є критично важливим для адаптації агросектору до кліматичних змін, покращення стану ґрунтових екосистем та забезпечення продовольчої безпеки.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ БІОМАСИ ЕНЕРГОКУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

Решетняк Євніка Дмитрівна студентка групи ЕКО-23-1

Доцент кафедри ТЗБП, д. с. г. н. Грицуляк Галина Михайлівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Технологічні особливості переробки біомаси енергокультур для виробництва твердого біопалива охоплюють увесь ланцюг – від вирощування й заготівлі сировини до отримання стандартизованих гранул чи брикетів із заданими паливно-енергетичними характеристиками. Енергетичні культури, до яких належать міскантус, верба енергетична, тополя, павловнія, свічгрес та інші високопродуктивні види, вирізняються високою врожайністю сухої маси, відносною невибагливістю до умов вирощування та здатністю рости на маргінальних, деградованих або малопродуктивних землях, не конкуруючи безпосередньо з продовольчими культурами. Завдяки цьому вони стають важливою сировинною базою для формування стійких біоенергетичних систем на регіональному рівні. Для ефективного використання біомаси енергокультур у виробництві твердого біопалива необхідно забезпечити низку вимог до якості сировини: невисоку вологість (оптимально 10–15 % для гранул і брикетів), знижений вміст золи та хлоридів, мінімальну кількість механічних домішок (піску, камінців, ґрунту), а також однорідний фракційний склад після подрібнення. Ці параметри значною мірою залежать як від біологічних особливостей культури, так і від правильно організованої технології заготівлі, сушіння, транспортування й зберігання сировини.

Початковий етап переробки біомаси енергокультур пов'язаний із визначенням оптимальних строків заготівлі, коли досягається прийнятний баланс між максимальною врожайністю та мінімально можливою вологістю стебел і гілок. Для багаторічних трав'янистих культур (наприклад, міскантусу) часто доцільною є пізня осіння або зимова заготівля, коли частина листової маси вже відмерла, а волога частково втрачена природним шляхом. Це дозволяє зменшити витрати на штучне сушіння. У випадку деревних енергокультур (верба, тополя, павловнія) можливе застосування короткоротаційних плантацій із періодичністю зрізування у 2–5 років, що вимагає використання спеціалізованої техніки для рубки й подрібнення гілок і стовбурів. Важливим аспектом є організація логістики від поля до пункту первинної переробки: надмірні транспортні відстані та багаторазове перевантаження біомаси підвищують її собівартість і збільшують ризик вторинного зволоження та забруднення.

Сушіння біомаси є одним із ключових технологічних процесів, оскільки саме вологість найбільше впливає на енерговитрати під час пресування та подальші умови спалювання. На першому етапі широко використовують природне підсушування в полі або на відкритих майданчиках, проте його результати залежать від погодних умов і не завжди дозволяють досягти необхідної вологості. Тому застосовують різні типи штучних сушарок – барабанні, стрічкові, шахтні, аеродинамічні, де теплоносієм може виступати гаряче повітря, димові гази від котлів, що працюють на частині цієї ж біомаси, або поєднання кількох джерел тепла. Оптимізація режимів сушіння (температури, швидкості потоку повітря, часу перебування матеріалу в сушарці) спрямована на мінімізацію енерговитрат і запобігання перегріву сировини, який може спричинити часткову термодеструкцію органічних компонентів (целюлози, геміцелюлози, лігніну).



Особливу увагу під час переробки біомаси енергокультур слід приділяти відмінностям між деревними та трав'янистими видами. Деревні енергокультури, такі як верба, тополя чи павловнія, мають більш щільну структуру й, зазвичай, нижчу природну вологість деревини при заготівлі, що полегшує сушіння й сприяє формуванню міцних брикетів і гранул. Однак їх подрібнення потребує значних енерговитрат через твердість і волокнисту структуру. Трав'янисті енергокультури (міскантус, свічгрес) відрізняються більшою зольністю, підвищеним вмістом силікатів і деяких елементів (зокрема хлору й калію), які здатні спричиняти корозію металевих поверхонь, утворення відкладень на поверхнях нагріву та спікання золи в топці котла. Ці особливості зумовлюють потребу у спеціальних режимах спалювання, а іноді – у попередній термічній, хімічній чи механічній обробці сировини, що зменшує вміст проблемних компонентів.

До основних технологічних проблем, що супроводжують переробку біомаси енергокультур, належать висока початкова вологість сировини, неоднорідність фракційного складу після подрібнення, підвищена зольність трав'янистих культур, зношування робочих органів обладнання, а також утворення відкладень і шлаку при спалюванні. Для їхнього вирішення впроваджують сучасні системи сушіння з рекуперацією тепла, автоматизовані системи контролю вологості й температури, ефективні системи очищення сировини, застосовують зносостійкі матеріали та змінні елементи у пресах і дробарках, розробляють спеціальні конструкції топків і котлів, адаптованих під біопаливо з підвищеною зольністю. Важливою тенденцією є також цифровий моніторинг технологічних ліній – онлайн-вимірювання вологості, температури, продуктивності, що дає змогу оперативного регулювати режими роботи обладнання та зменшувати енерговитрати.

Переробка біомаси енергокультур у тверде біопаливо має виразні екологічні та соціально-економічні переваги. На відміну від викопних палив, біомаса енергокультур функціонує у відносно замкненому вуглецевому циклі: вуглець, який виділяється під час спалювання, попередньо був поглинутий рослинами з атмосфери в процесі фотосинтезу. Це дозволяє зменшити сумарні викиди парникових газів і частково компенсувати вплив енергетичного сектору на клімат. Окрім цього, вирощування енергокультур сприяє поліпшенню стану деградованих земель, зменшенню ерозійних процесів, а також створенню нових робочих місць у сільській місцевості, розвитку локальних виробничих кластерів «вирощування – переробка – споживання» й підвищенню енергетичної безпеки регіонів.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗМЕНШЕННЯ ХІМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ҐРУНТИ В ОРГАНІЧНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ

Суп Роман Петрович, студент групи ТЗ-22-1

Професор кафедри ТЗБП, д. т. н. Семчук Ярослав Михайлович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Технології зменшення хімічного навантаження на ґрунти в органічному агровиробництві становлять інтегровану систему агроекологічних, біотехнологічних, фізико-механічних та управлінських рішень, що забезпечують підтримання родючості ґрунтів, збереження екосистемних функцій агроландшафтів та мінімізацію надходження синтетичних агрохімікатів у навколишнє середовище. Наукова парадигма органічного землеробства базується на принципах сталості, біорізноманіття, кругообігу речовин та відновлення природних процесів ґрунтоутворення, тому будь-які технологічні рішення спрямовані не лише на заміну хімічних речовин біологічними аналогами, а й на глибоку перебудову агроекосистеми у напрямі підвищення її резистентності та саморегуляції.

Однією з ключових технологічних складових є науково обґрунтоване формування сівозмін, які забезпечують диференційоване навантаження на ґрунтовий профіль, оптимізацію використання поживних елементів та переривання біологічних циклів



патогенних організмів. Включення бобових культур – люцерни, конюшини, вики, люпину, кормових бобів – активізує процеси біологічної фіксації атмосферного азоту, що здійснюється симбіотичними бактеріями роду *Rhizobium* та *Bradyrhizobium*. Цей процес компенсує потребу рослин у азотних добривах і знижує ризик накопичення в ґрунті нітратів. Відповідно до численних агрохімічних досліджень, інтеграція бобових у сівозміну може забезпечити надходження 80–200 кг N/га у біологічно доступній формі, що еквівалентно внесенню значних доз мінеральних добрив.

Не менш вагомим елементом системи є застосування сидеральних культур, які виконують функцію біологічних добрив та природних ґрунтоформувальних агентів. Зелені добрива, завдяки значному вмісту органічної маси та інтенсивному розвитку кореневої системи, сприяють активізації мікробіологічних процесів, збільшенню вмісту гумусу та поліпшенню структурно-агрегатного стану ґрунту. Наукові спостереження свідчать, що систематичне застосування сидератів підвищує показники водостійкості ґрунтових агрегатів, збільшує кількість макропор, покращує аерацію та водопроникність ґрунту. Сидерати хрестоцвітих культур (гірчиця, редька олійна) проявляють фітосанітарний ефект завдяки виділенню гліукозинолатів, які після гідролізу перетворюються на ізотіоціанати – природні біоциди, здатні пригнічувати ґрунтових нематод, грибкові інфекції та окремі види бур'янів.

Компостування як біотехнологічний процес відіграє важливу роль у стабілізації органічної речовини та зниженні ризику внесення в ґрунт патогенних організмів, токсичних речовин і насіння бур'янів. Науково обґрунтоване компостування передбачає підтримання оптимального співвідношення вуглецю та азоту (C:N 25–30:1), що забезпечує максимальну активність мікроорганізмів та відповідно швидку мінералізацію органічних компонентів. У процесі термофазного компостування температура в штабелі може перевищувати 55–65 °С, що забезпечує знешкодження патогенів, коліформних бактерій та значної частини насіння бур'янів. Високоякісний компост, утворений із рослинної сировини, гною, лігноцелюлозних відходів та харчової органіки, містить стабільні гумусові сполуки, які значно знижують ризик вимивання поживних елементів.

Інтегроване застосування мікробних біопрепаратів є одним із найбільш науково прогресивних напрямів зменшення хімічного навантаження на ґрунти. Біопрепарати на основі *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Trichoderma*, а також мікоризних грибів роду *Glomus* і *Rhizophagus* здатні відновлювати природні механізми засвоєння рослинами фосфору, калію, мікроелементів та азоту. Мікоризні асоціації розширюють кореневу зону живлення рослин на 25–200 %, збільшують їх посухостійкість та біологічну толерантність до абіотичних стресів. За рахунок активного продукування органічних кислот, фітогормонів і антибіотичних речовин мікробні препарати пригнічують фітопатогени в ризосфері та підтримують високий рівень ґрунтової біорізноманітності.

Біологічні засоби захисту рослин, які включають біофунгіциди, біоінсектициди, ентомопатогенні віруси, корисні ентомофаги та рослинні екстракти, забезпечують ефективний фітосанітарний контроль без негативного впливу на ґрунтову біоту. Препарати на основі *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae* демонструють високу ефективність у контролі збудників кореневих гнилей, борошнистої роси, септоріозу, попелиці, мінуючих мух і трипсів. Дослідження підтверджують, що систематичне застосування біозахисту сприяє зниженню концентрацій залишків пестицидів у ґрунті, зменшенню токсичного впливу на дощових черв'яків та сапротрофну мікрофлору, підвищенню індексу біологічної активності ґрунту.

Управління водним режимом є фундаментальною умовою для мінімізації перенесення хімічних речовин у нижчі горизонти ґрунту та суміжні екосистеми. Технології крапельного зрошення забезпечують точне дозування води та поживних речовин, що запобігає вимиванню нітратів та фосфатів. Формування захисних лісосмуг, буферних смуг уздовж водотоків, мульчування та контурне землеробство зменшують поверхневий стік,



запобігаючи транспорту забруднювачів у водойми. Наукові роботи свідчать, що буферні смуги шириною 5–10 м здатні затримувати до 60–90 % потенційних забруднювачів.

Фізико-механічні методи, такі як міжрядні культивації, ротаційне боронування, застосування агрегатів для парового знезараження ґрунту чи соляризації, замінюють застосування гербіцидів та ґрунтових фумігантів. Соляризація, що здійснюється шляхом накриття вологого ґрунту прозорою плівкою у період високої сонячної активності, дозволяє підвищити температуру ґрунту до 50–60 °С на глибині 5–20 см, що пригнічує розвиток грибів, бактерій, нематод і бур'янів.

Систематичний агроекологічний моніторинг є невід'ємною частиною технологій зниження хімічного навантаження. Він включає визначення вмісту гумусу, макро- та мікроелементів, кислотності, катіонно-обмінної ємності, залишкових кількостей пестицидів і важких металів. Отримані дані дозволяють оцінювати стан ґрунту, виявляти тенденції деградації та своєчасно коригувати технологічні заходи. У систему органічного землеробства також інтегровані сертифікаційні стандарти (EU Organic Regulation, USDA NOP), які встановлюють чіткі нормативи щодо походження добрив, захисних засобів і методів їх використання. Таким чином, сертифікація виступає механізмом екологічного контролю, що стабілізує якість ґрунтів та мінімізує неконтрольоване хімічне навантаження.

Узагальнюючи, технології зменшення хімічного навантаження в органічному агропромисловістві не є окремими заходами, а формують цілісну науково обґрунтовану систему управління ґрунтовими ресурсами. Їхнє застосування сприяє відновленню екосистемних функцій ґрунту, підвищенню агробіорізноманіття, мінімізації токсичного впливу на довкілля та забезпечує довгострокову стійкість агроекосистем, що є ключовою умовою сучасного сталого сільського господарства.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ РОЗРОБЛЕНОЮ НА PYTHON-КОДІ

Грицуляк Віталій Миколайович студент групи ІІІ-25-3

Доцент кафедри ІІІЗ, к. т. н. Процюк Василь Романович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Важкі метали в ґрунтах — тривалий за часом і стійкий за властивостями вид забруднювачів. Для агроландшафтів критичною є форма зв'язування металів: рухомі (легкодоступні) форми визначають біодоступність і перехід у рослини, тоді як міцно зв'язані форми характеризують довгостроковий фонд. Під впливом удобрення, органічних внесень та умов ґрунтоутворення співвідношення форм може змінюватися. Відтак практичне завдання моніторингу і прогнозу забруднення ґрунтів, полягає у швидкій оцінці ризиків і прийнятті управлінських рішень.

Нормативно-правові орієнтири подаються у вигляді гранично допустимих концентрацій (ГДК), які використовують для скринінгової оцінки ризиків. Для нашого дослідження застосовуємо орієнтовні значення ГДК, щоб позначити прогнозовані перевищення та виділити сценарії, які потребують більш детального лабораторного контролю.

Навчальні дані охоплюють 7 агротехнологічних варіантів і два типи форм зв'язування металів. Для кожного варіанта відомі виміряні концентрації Pb, Cd, Ni, Co, Zn, Fe, Cu. Щоб уникнути ручного внесення таблиць, у скрипті реалізовано *парсер ознак* (перетворення неорганізованої інформації на зручний для використання формат, наприклад, таблицю або файл) безпосередньо з текстового опису сценарію варіантів, вибираємо 1 варіант (ОСВ – 25 т/га + N₄₀P₄₀K₆₀). Наприклад, рядок «ОСВ – 25 т/га + N₄₀P₄₀K₆₀» автоматично перетворюється на: `is_compost=0, osv_t_ha=25, N=40, P=40, K=60, total_npk=140,`



mineral_only=0, control=0. Такий підхід спрощує повторюваність розрахунків і полегшує експерименти зі сценаріями.

Процедура моделювання та прогнозування важких металів передбачає побудову окремих регресійних моделей для кожної пари (метал, форма). Конвеєр ОСВ – 25 т/га + N₄₀P₄₀K₆₀ містить стандартизацію ознак (StandardScaler) і регуляризовану лінійну регресію (Ridge). Регуляризація допомагає стабілізувати оцінки на малих вибірках, зменшуючи ризик перенавчання. Для умов нашого прикладу обрано параметр регуляризації alpha=1.0 як базовий; у практиці його можна валідувати на сітці значень.

Модель прогнозування ілюстративна: з огляду на невеликі обсяги навчальної вибірки вона демонструє логіку зв'язку між керованими факторами (тоннаж ОСВ, дози N/P/K, органічні внесення) та очікуваними концентраціями металів у двох формах зв'язування (міцно зв'язана, рухома).

Для перевірки здатності моделі узагальнювати ми використали схему Leave-One-Out Cross-Validation (LOOCV). Кожна точка по черзі стає тестовою, решта — тренувальні. Сукупність LOOCV-прогнозів порівнюється з фактичними значеннями для розрахунку метрик RMSE (середньоквадратична похибка) та R² (коефіцієнт детермінації). Додатково результат інтерпретується через порівняння з ГДК: формується логічний прапорець можливого перевищення.

```
def parse_features(variant_name: str):
    is_compost = 1 if "Компост" in variant_name else 0
    m = re.search(r"(\d+)\s*t/\s*га", variant_name)
    osv_t_ha = float(m.group(1)) if m else 0.0
    def extr(sym):
        m = re.search(fr"{sym}\s*(\d+)", variant_name)
        return float(m.group(1)) if m else 0.0
    N = extr("N"); P = extr("P"); K = extr("K")
    mineral_only = 1 if ("N" in variant_name and "ОСВ" not in variant_name and "Компост" not in variant_name) else 0
    control = 1 if "Без добрив" in variant_name else 0
    total_npk = N + P + K
    return {"is_compost": is_compost, "osv_t_ha": osv_t_ha, "N": N, "P": P, "K": K,
            "total_npk": total_npk, "mineral_only": mineral_only, "control": control}
```

Рисунок 1. Прості ознаки з назви варіанту

Згідно рисунка 1 користувач вводить один рядок сценарію (наприклад, «ОСВ – 25 т/га + N₄₀P₄₀K₆₀»). Скрипт повертає таблицю прогнозів, зберігає її у форматах CSV/XLSX і створює декілька графіків у PNG. Файли автоматично зберігаються в тій самій теці, де лежить скрипт; у консолі виводяться повні шляхи до збережених файлів.

Важлива деталь: модель переобчислюється при кожному запуску на вбудованих даних, що гарантує прозорість і відтворюваність. За потреби обсяг навчальних даних можна розширити або замінити на польові/лабораторні спостереження, характерні для вашого об'єкта.

Таблиця 1 містить прогнозовані концентрації (мг/кг) для кожного металу та форми, орієнтовні значення ГДК (де ε), а також логічний індикатор можливого перевищення. Для Fe ГДК не наведено — індикатор дорівнює None

Таблиця 1. Демонстраційна таблиця прогнозу для варіанту: «ОСВ – 25 т/га + N₄₀P₄₀K₆₀»

variant	form	metal	predicted_mg_per_kg	MAC_mg_per_kg	exceeds_MAC
ОСВ – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	fixed	Pb	12.937	30.0	False
ОСВ – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	fixed	Cd	0.702	3.0	False



variant	form	metal	predicted_mg_per_kg	MAC_mg_per_kg	exceeds_MAC
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	fixed	Ni	26.036	85.0	False
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	fixed	Co	20.443	50.0	False
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	fixed	Zn	51.72	300.0	False
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	fixed	Fe	114.936	nan	nan
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	fixed	Cu	30.804	100.0	False
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	mobile	Pb	3.636	6.0	False
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	mobile	Cd	0.331	0.7	False
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	mobile	Ni	1.372	4.0	False
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	mobile	Co	2.483	5.0	False
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	mobile	Zn	3.611	23.0	False
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	mobile	Cu	6.381	3.0	True
OCB – 25 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₆₀	mobile	Fe	13.178	nan	nan

Для наочності результати доповнено чотирма рисунками. Вони ілюструють якість моделі на навчальному наборі, порівняння з нормативами, різницю між формами зв'язування та відносний коефіцієнт перевищення.

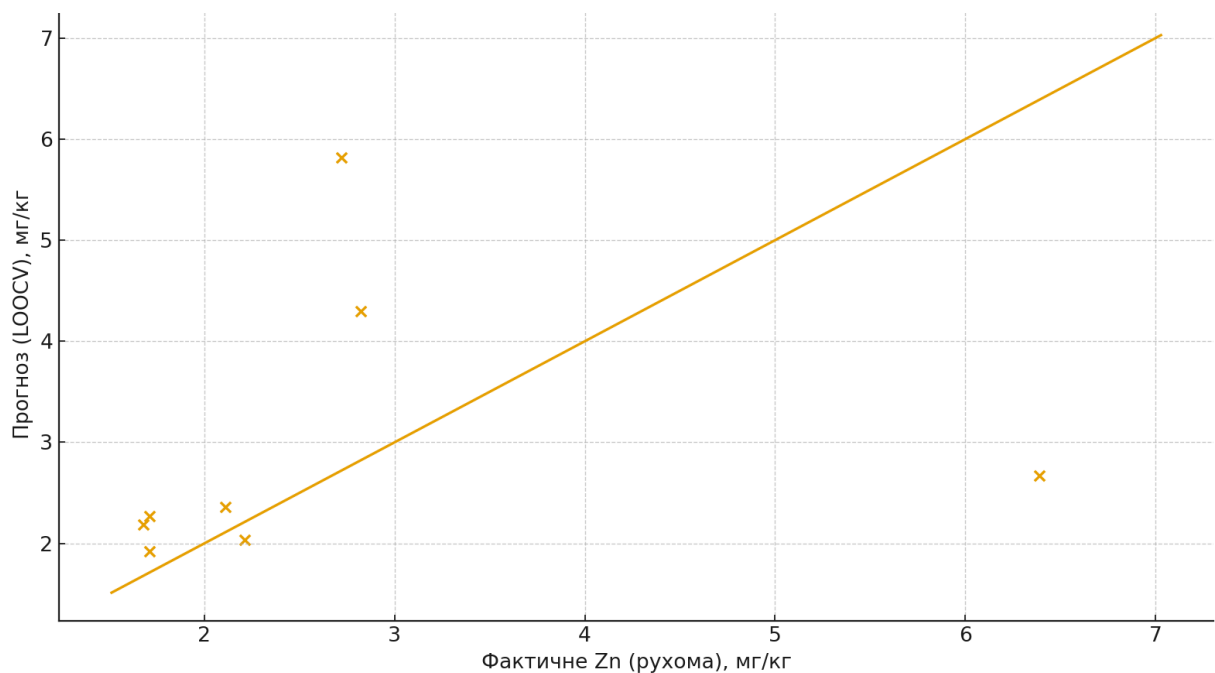


Рисунок 2. «Фактичне та прогнозоване» для вмісту рухомих форм цинку (Zn) у ґрунті.

Згідно рисунка 2 за ідеальної відповідності точки лежали б на лінії $y=x$. Відхилення від цієї лінії та значення $RMSE/R^2$ показують, наскільки модель відтворює спостереження в умовах обмежених даних. Для більшої вибірки очікується стабільніше узагальнення.

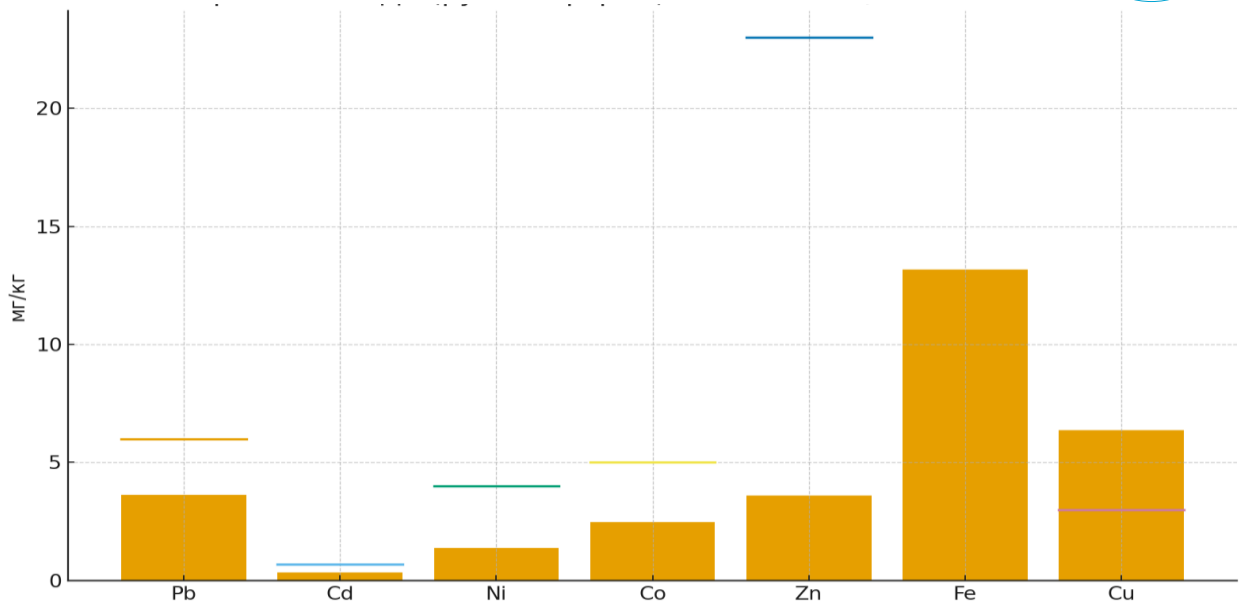


Рисунок 3. Стовпчикова діаграма: прогноз перевищення ГДК для рухомої форми.

На рисунку 3 показано горизонтальні маркери, які відповідають орієнтовним ГДК. Якщо стовпчик перевищує маркер, це сигнал можливого ризику. У демо-сценарії суттєвих перевищень не спостерігається, однак інтерпретація має враховувати тип ґрунту і регіональні норми.

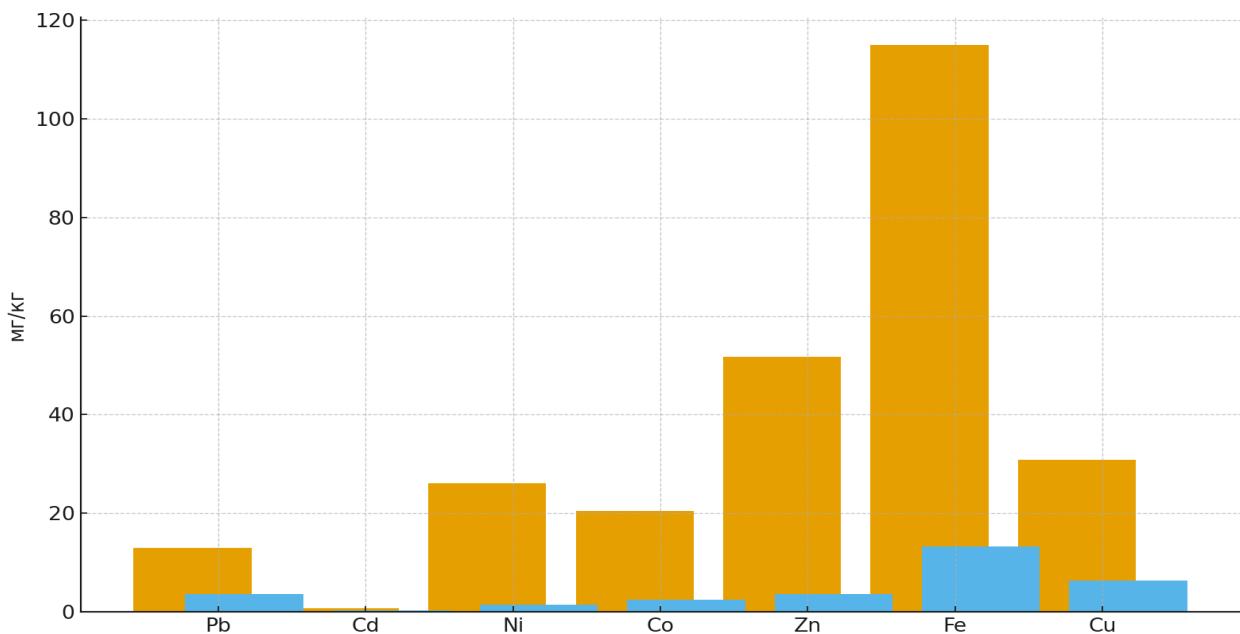


Рисунок 4. Порівняння форм: міцно зв'язана та рухома для кожного металу.

На рисунку 4 рухома форма важливіша з погляду біодоступності. Якщо різниця між формами значна, це свідчить про потенційну міграційну здатність металу в ґрунтовому середовищі і потенційний перехід у рослини.

На рисунку 4 подано теплову карту розподілу вмісту важких металів (Pb, Cd, Ni, Co, Zn, Fe, Cu) для двох варіантів: «fixed» (стаціонарний) і «mobile» (мобільний). По горизонталі відкладені хімічні елементи, по вертикалі – тип джерела, праворуч наведена шкала інтенсивності забарвлення: від темно-фіолетового (мінімальні значення) до жовтого (максимальні). Для Pb, Cd, Ni, Co та Zn забарвлення у рядку «mobile» дещо світліше, ніж у

«fixed», що свідчить про вищі концентрації цих металів у мобільному варіанті, хоча загалом їх рівні невисокі. Для Fe обидві клітинки білі, тобто дані або відсутні, або дорівнюють нулю. Найбільш різюча відмінність спостерігається для Cu: у варіанті «fixed» клітинка темно-фіолетова (низький вміст), тоді як у «mobile» вона яскраво-жовта, що вказує на дуже високу концентрацію міді й робить мобільне джерело основним чинником її надходження. Для Fe коефіцієнт не розраховується через відсутність ГДК.

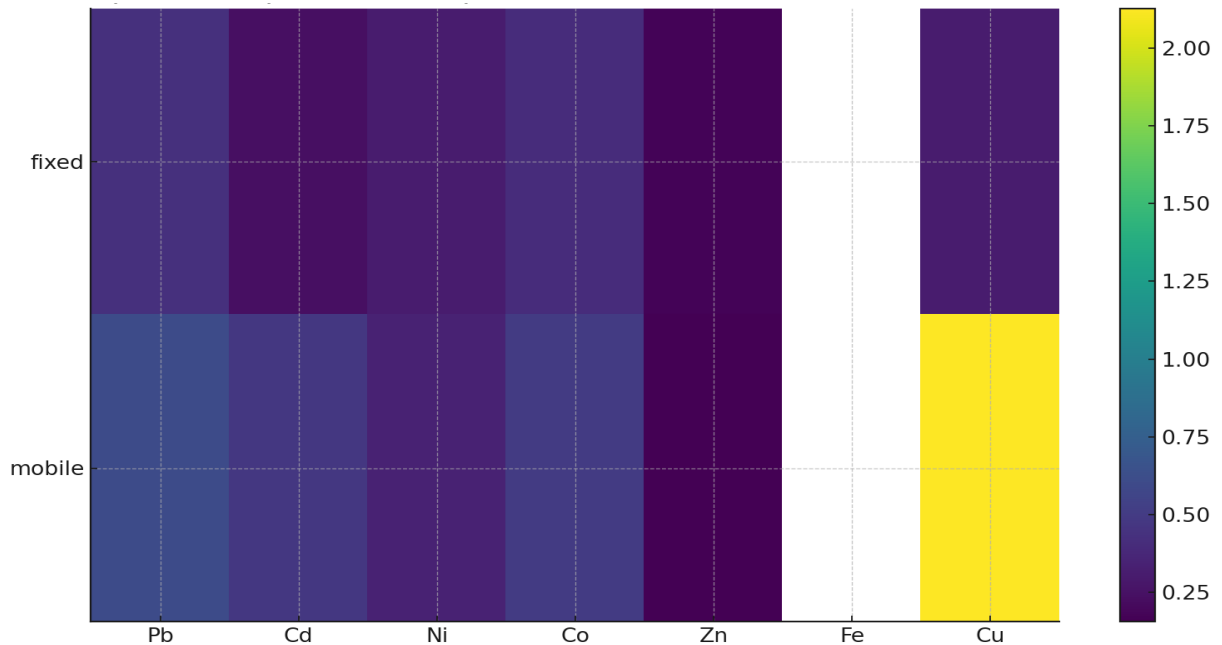


Рисунок 4. Теплова карта коефіцієнта перевищення $pred/MAC$.

У результаті дослідження розроблено і продемонстровано просту Python-модель прогнозування забруднення ґрунтів важкими металами, яка поєднує елементи машинного навчання з агроекологічним аналізом. Реалізований підхід дозволяє на основі мінімального набору вхідних даних — типу удобрення, доз внесення NPK та органічних компонентів — оцінювати очікувані концентрації металів у різних формах зв'язування (рухомій та міцно зв'язаній).

Побудова регресійних моделей з використанням стандартного конвеєра (StandardScaler + Ridge Regression) забезпечила стабільність результатів навіть за невеликої вибірки, а застосування LOOCV дозволило оцінити узагальнюючу здатність алгоритму. Отримані показники RMSE та R^2 підтвердили адекватність прогнозу для ілюстраційних цілей.

Важливим є те, що система автоматично порівнює прогнозні значення з орієнтовними гранично допустимими концентраціями (ГДК), формує індикатори можливих перевищень і візуалізує дані у вигляді таблиць та графіків. У демонстраційному сценарії («ОСВ – 25 т/га + N40P40K60») перевищення виявлено лише для міді (рухома форма), що узгоджується з літературними даними про підвищену міграційну активність цього елемента.

Розроблений код є відкритим до розширення: його можна адаптувати для опрацювання польових або лабораторних даних конкретних об'єктів, а також використовувати для скринінгового моніторингу чи навчальних цілей. Таким чином, створена модель демонструє потенціал сучасних цифрових інструментів для екологічної оцінки стану ґрунтів.



СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Тичковський Сергій Ігорович, аспірант кафедри ТЗБП

Д.т.н., професор Челядин Любомир Іванович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Стічні води можуть містити широкий спектр забруднювачів, які можуть негативно впливати на здоров'я людей та екосистеми. Урбанізація та розвиток промисловості в аграрному секторі, фармацевтиці та біотехнологіях призвели до зростання обсягів утворення складних за складом стічних вод. У складі таких стічних вод можуть одночасно міститися барвники, фармакологічні речовини, органічні забруднювачі, важкі метали та інші компоненти що суттєво ускладнює їх подальшу очистку.

Наявні фізико-хімічні та біологічні методи часто демонструють низьку ефективність через залежність від ручних вимірювань і рішень операторів. Відсутність автоматичного моніторингу знижує точність контролю, ускладнює вчасну реакцію на раптові коливання показників води і робить систему очистки вразливою до людських помилок. Ручне регулювання доз реагентів, аерації чи параметрів фільтрації часто призводить до нераціонального споживання енергії та ресурсів. Це формує гостру потребу у впровадженні інноваційних рішень, серед яких важливу роль відіграють автоматизовані та інтелектуальні технології очищення, які можуть забезпечувати безперервний моніторинг, прогнозування та адаптивне керування процесами очищення.

Одним із ключових напрямів є використання Інтернету Речей (Internet of Things). IoT передбачає застосування мережі сенсорів, що здатні в режимі реального часу вимірювати параметри стічної води, такі як температура, рН, каламутність або концентрації забруднювачів [1]. Така система може автоматично передавати дані на сервери або у хмарні модулі для подальшого аналізу. Це дає можливість оперативно реагувати на зміну характеристик вхідного стоку та регулювати режими роботи обладнання без участі оператора. Перевагою технології є підвищення точності контролю та здатність системи моніторингу працювати безперервно, що зменшує ризик некоректних рішень.

Штучний інтелект і машинне навчання є одними із найперспективніших напрямів автоматизації процесу очистки стічних вод. Моделі на основі штучних нейронних мереж здатні прогнозувати концентрації БСК, ХСК, нітратів або інших ключових показників, а також визначати оптимальні режими очистки стічних вод [2]. Такі моделі можуть навчатися на реальних даних і автоматично коригувати параметри роботи, наприклад інтенсивність аерації або дозування реагентів, що дозволяє мінімізувати людський фактор. Перевагою є здатність цих нейронних моделей розпізнавати складні залежності й забезпечувати високу точність прогнозування і очистки стічних вод.

Технологія цифрових двійників (Digital Twin) полягає у створенні цифрової копії очисної споруди, яка оновлюється даними з сенсорів та IoT-систем і відтворює роботу всіх етапів очищення в реальному часі [1]. Це дає змогу автоматично прогнозувати поведінку системи, виявляти ризики, оптимізувати режими роботи та підвищувати стабільність процесів очищення без постійної участі оператора. Перевагою цифрових двійників також є те, що модель дає можливість тестувати різні сценарії роботи в безпечному середовищі без ризику для реальної інфраструктури. Завдяки інтеграції з AI-моделями, цифрові двійники дозволяють створювати повністю автоматизовані технологічні лінії, які здатні працювати адаптивно та самонавчатися на основі фактичних даних [3].

Попри свої переваги, сучасні цифрові технології для автоматизації очистки стічних вод мають і певні недоліки. Застосування IoT систем вимагає великої кількості сенсорів та



їх стабільної роботи. Якість отриманих даних суттєво залежить від точності сенсорів, їх регулярного обслуговування та безперервного каналу зв'язку. Також існують ризики пов'язані з кібербезпекою та надійністю передачі даних. Впровадження штучного інтелекту і машинного навчання має обмеження, пов'язане з потребою у великих об'ємах якісних історичних даних, без яких моделі не забезпечують достатньої точності. Технологія цифрових двійників має недоліки, пов'язані з високою вартістю створення та впровадження моделі.

Попри наявні недоліки, сучасні цифрові технології залишаються одним із найперспективніших напрямів автоматизації очистки стічних вод. Вони дають змогу підвищувати точність контролю, стабільність процесів та ефективність використання ресурсів, створюючи адаптивні системи, що працюють з мінімальним втручанням людини. Завдяки цьому цифровізація може стати ключовим елементом у забезпеченні сталого розвитку та зменшенні екологічного навантаження на довкілля.

Список використаної літератури:

1. Cairone, S., Hasan, S. W., Choo, K. H., Lekkas, D. F., Fortunato, L., Zorpas, A. A., ... & Naddeo, V. (2024). Revolutionizing wastewater treatment toward circular economy and carbon neutrality goals: Pioneering sustainable and efficient solutions for automation and advanced process control with smart and cutting-edge technologies. *Journal of Water Process Engineering*, 63, 105486.
2. Maqsood, Q., Fatima, R., Rafaqat, R., Mehmood, T., Ali, S. W., Hussain M. (2025). Revolutionizing water and wastewater treatment: Data-driven approaches for advanced solutions. *Desalination and Water Treatment*, 324, 101432.
3. Worku, A. K., Ayele, D. W., Teshager, M. A., Omar, M., Yerkrang, P. P., Elgaddafi, R., & Alemu, M. A. (2025). Recent Advances in Wastewater Treatment Technologies: Innovations and New Insights. *Energy Reviews*, 100164.

РОЛЬ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА В ЗБЕРЕЖЕННІ ЕКОСИСТЕМ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ ПРИКАРПАТТЯ

Угриновський Іван Тарасович, аспірант кафедри ТЗБП

Професор Крижанівський Євстахій Іванович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Енергоефективне будівництво є важливим інструментом для збереження екосистем природоохоронних територій, особливо в регіоні Прикарпаття, де природні ресурси мають високу екологічну цінність. Цей підхід сприяє зменшенню негативного впливу людської діяльності на довкілля та забезпечує стійкий розвиток. У сучасному світі, коли екологічні проблеми стають все більш актуальними, питання енергоефективності в будівництві набуває особливого значення [1].

Природоохоронні території регіону стикаються з численними загрозами, такими як забруднення довкілля, вирубка лісів, зміни клімату та неконтрольована урбанізація. Енергоефективне будівництво може допомогти зменшити ці ризики, забезпечуючи збереження біорізноманіття та природних ресурсів. Зокрема, вирубка лісів для будівництва та видобуток корисних копалин створюють значний тиск на екосистеми, що потребує негайного втручання [2].

Переваги енергоефективного будівництва:

1. Енергозбереження – зниження споживання енергії через використання сучасних технологій, таких як теплоізоляція, енергоефективні системи опалення та охолодження. Це дозволяє зменшити витрати на енергоресурси та знизити залежність від



традиційних джерел енергії. Будівництво енергоефективних житлових комплексів із використанням сонячних батарей та систем збору дощової води. Такі проєкти показують, як можна поєднати комфорт для людей із збереженням природи.

2. Зменшення викидів – використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі та геотермальні системи, сприяє зниженню викидів парникових газів. Це важливо для боротьби зі змінами клімату, які впливають на природоохоронні території.

3. Екологічні матеріали – використання будівельних матеріалів, які мають мінімальний вплив на довкілля, таких як деревина з сертифікованих джерел та перероблені матеріали. Це сприяє збереженню природних ресурсів та зменшенню забруднення. [3]

4. Зростання економіки. Енергоефективні об'єкти можуть стати каталізаторами екологічної свідомості та розвитку екотуризму – демонстрація переваг енергозберігаючих технологій та гармонійна інтеграція будівель у природне середовище підвищують екологічну обізнаність населення та приваблюють екотуристів, сприяючи розвитку зеленої економіки.

Впровадження принципів енергоефективного будівництва є не просто технічним рішенням, а стратегічно важливим кроком у збереженні унікальних екосистем природоохоронних територій Прикарпаття. Проте для реалізації цих принципів необхідно скоординованих зусиль законодавчих органів, органів місцевого самоврядування, будівельних компаній, наукових установ та громадськості. Необхідна державна підтримка, яка б включала розробку програм субсидій та грантів для стимулювання енергоефективного будівництва. Це може включати фінансування досліджень та розробок нових технологій. Також, необхідно проведення освітніх кампаній для населення щодо переваг енергоефективності та екологічного будівництва. Інформування громадськості про важливість збереження природоохоронних територій.

Висновки. Енергоефективне будівництво є невід'ємною складовою стратегії збереження унікальних екосистем природоохоронних територій Прикарпаття. Його активне впровадження не лише зменшує негативний антропогенний вплив, але й сприяє сталому розвитку регіону, підвищує екологічну свідомість та відкриває нові можливості для екотуризму. Для досягнення максимального ефекту необхідний системний та комплексний підхід, що об'єднує зусилля всіх зацікавлених сторін.

Список використаної літератури:

1. Енергозбереження та енергоефективність ДБН В.1.2-11:2021. Електронний ресурс. Режим доступу: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_1_2-11-2021.pdf

2. Енергоефективність в Будівництві: Збереження Енергії та Піклування про Землю. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://buduj.com.ua/energoeffic/energoefektyvnist-v-budivnyctvi-zberezheniya-energiyi-ta-pikluvannya-pro-zemlyu/>

3. Концепція «зеленого» будівництва в Україні – принципи і механізми. Електронний ресурс. Режим доступу:

https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/other/1719032021/roboti-2021/01_zelene-budivnictvo.pdf

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗДІЛЬНОГО ЗБОРУ ВІДХОДІВ У НЕВЕЛИКИХ ГРОМАДАХ

Сеньків Христина, студентка II курсу спеціальності Екологія

Науковий керівник: викладач вищої категорії Федорко Наталія Богданівна

Івано-Франківський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування

Технологічні рішення для організації роздільного збирання відходів у невеликих громадах ґрунтуються на поєднанні доступних інженерних рішень, оптимізованої



логістики, цифрових інструментів та екологічно обґрунтованих підходів до поводження з різними фракціями твердих побутових відходів. Для малих громад, де обмежені фінансові та технічні ресурси, важливо формувати систему, яка є технологічно простою, економічно доцільною та соціально прийнятною. Базою такої системи виступає інфраструктура роздільного збору — контейнери для паперу, пластику, скла та металу, марковані відповідно до міжнародних або національних стандартів кольорового кодування. Застосування сітчастих контейнерів для ПЕТ та металу зменшує рівень змішаного сміття завдяки візуальному контролю наповнення. Розумне планування місць розташування контейнерних майданчиків — поблизу соціально значущих об'єктів — сприяє підвищенню рівня охоплення населення системою роздільного збору.

В умовах невеликих громад ефективними є мобільні технологічні рішення. До таких належать мобільні пункти прийому вторсировини на базі малотонажного транспорту або причепів, які працюють за фіксованим графіком. Це дозволяє оптимізувати охоплення території без необхідності встановлення великої кількості стаціонарних контейнерів. Аналогічним організаційно-технологічним підходом є проведення регулярних «днів збору», коли громада протягом визначеного часу може здати певні види відходів. Такі практики базуються на принципах ресурсоефективності й відповідають положенням сучасних концепцій циркулярної економіки, які передбачають максимальне повернення вторинних ресурсів у господарський обіг.

Важливою тенденцією є інтеграція цифрових елементів у систему роздільного збирання. Прості технологічні інновації на кшталт QR-кодів на контейнерах дають змогу мешканцям оперативно отримувати інформацію про правила сортування, графік вивезення чи повідомляти про переповнення контейнерів. Оптимізація маршрутів смітєвозів із використанням геоінформаційних інструментів забезпечує зменшення витрат пального, підвищення регулярності обслуговування та ефективніше використання трудових ресурсів. У деяких громадах впроваджуються елементи «розумних» систем — контейнери з датчиками наповнення або автомати для приймання ПЕТ-пляшок і металевих банок (reverse vending machines). Такі рішення сприяють формуванню у населення звички до відповідального поводження з відходами, а також покращують якість зібраної вторсировини.

Особливу роль у малих громадах відіграють технології поводження з органічними відходами, частка яких у загальному потоці ТПВ може досягати 60–70 %. Ефективним є впровадження індивідуального компостування у приватних домогосподарствах через розповсюдження компостерів або консультування щодо їх самостійного облаштування. Органічні відходи можуть також перероблятися на громадських компостувальних майданчиках, де застосовуються прості технологічні рішення — компостні бокси, поділ на активну та дозріваючу фази, контроль вологості й аерації. Отриманий компост використовується для потреб озеленення, що формує замкнений цикл біогенних елементів та відповідає принципам екологічно безпечного землекористування.

Для небезпечних побутових відходів у невеликих громадах застосовуються локальні технологічні рішення — спеціальні контейнери для батарейок, ртутних ламп, малих обсягів хімічних речовин. Мешканці можуть передавати ці відходи до стаціонарних або мобільних пунктів збору, після чого вони у визначені терміни передаються ліцензованим підприємствам для подальшої утилізації. Це забезпечує виконання екологічних та санітарно-гігієнічних вимог і зменшує ризики забруднення ґрунтів і водних об'єктів токсичними речовинами.

У сучасних умовах технологічні рішення для роздільного збирання доповнюються цифровими комунікаційними інструментами. Створення Telegram або Viber-ботів, які інформують про графіки вивезення, правила сортування та маршрути мобільних пунктів, сприяє підвищенню залученості населення. Система «еко-балів» або заохочувальних бонусів, яка може вестися навіть у форматі простої електронної таблиці, підсилює мотивацію мешканців долучатися до сортування та інших екологічних практик.



Комплексне впровадження зазначених технологічних рішень потребує врахування низки інженерних аспектів: облаштування контейнерних майданчиків твердим покриттям, забезпечення освітлення та огороження, захист контейнерів від вітру і тварин, а також якісне маркування з використанням піктограм і пояснювальних матеріалів. Такі інфраструктурні деталі значною мірою визначають рівень зручності та безпеки користування системою для населення.

Отже, технологічні рішення для роздільного збору відходів у малих громадах повинні поєднувати доступні технічні засоби, цифрові інструменти, організаційні підходи та екологічно орієнтоване планування. Їх комплексна реалізація дає можливість сформувати ефективну систему управління відходами, знизити навантаження на полігони, підвищити рівень ресурсоефективності та сприяти формуванню екологічної культури населення, що відповідає концепціям сталого розвитку та циркулярної економіки.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОЮ ТА НАФТОПРОДУКТАМИ

Цибульський Іван Вікторович, студент групи ТЗ-22-1

Доцент кафедри ТЗБП, Шиманський Володимир Ярославович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Біотехнологічні підходи до детоксикації територій, забруднених нафтою та нафтопродуктами, сьогодні розглядаються як один із найефективніших та найбезпечніших напрямів відновлення техногенно порушених екосистем. Нафта та її похідні належать до високотоксичних специфічних органічних поллютантів, здатних змінювати фізико-хімічні властивості ґрунту, спричиняти деградацію біоти та зумовлювати довготривалі екологічні ризики. У зв'язку з цим актуальним є впровадження технологій, що забезпечують глибоку трансформацію або повне мінералізування вуглеводневих сполук без утворення вторинних токсичних продуктів. Провідне місце серед таких рішень займає біоремедіація – система біотехнологічних методів, що використовує потенціал мікроорганізмів, рослин та їх симбіотичних комплексів для детоксикації забруднених територій.

Основою біоремедіаційних процесів є активність гідрокарбонокисних мікроорганізмів, які еволюційно адаптовані до розкладання компонентів нафти та нафтопродуктів. До найбільш ефективних груп відносять бактерії *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Alcanivorax*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Mycobacterium*. Їхня біодеструктивна дія ґрунтується на роботі ферментативних комплексів (оксигеназ, дегідрогеназ, пероксидаз), що запускають процеси первинного окиснення аліфатичних і ароматичних вуглеводнів, переводячи їх у більш доступні для подальшого розщеплення форми. Важливо, що мікроорганізми здатні здійснювати повну мінералізацію токсичних компонентів до вуглекислого газу, води та нетоксичної біомаси, що робить процес екологічно безпечним і самодостатнім.

У практиці сучасної біоремедіації широкого застосування набувають мультиштамові консорціуми, сформовані на основі поєднання різних бактерій-деструкторів, а також грибів та дріжджів, які підсилюють метаболічну активність один одного. Такі системи дозволяють суттєво збільшити швидкість біодеструкції, розширити діапазон забруднювачів та підвищити стійкість мікробних угруповань до високих концентрацій нафтопродуктів. Особливого значення набуває використання автохтонних мікроорганізмів, адаптованих до місцевих умов та специфіки забруднення, що зменшує ризики екологічного дисбалансу.

Не менш важливу роль відіграє фіторемедіація – використання рослинних організмів для поглинання, трансформації або стабілізації нафтопродуктів у ґрунтах. Перевага даного напрямку полягає у його довготривалому та екосистемному характері, адже рослини не лише впливають на забруднювачі, а й сприяють відновленню структури, повітропроникності та



біологічної активності ґрунтів. Серед перспективних культур відзначають *Miscanthus × giganteus*, *Phalaris arundinacea*, *Festuca arundinacea*, *Trifolium pratense*, які проявляють високу толерантність до нафтових токсикантів та здатні формувати розгалужену кореневу систему, що забезпечує активний контакт із забрудненою фазою ґрунту. Фіторе mediaційний потенціал значною мірою підсилюється завдяки утворенню рослинно-мікробних асоціацій, у складі яких важливу роль відіграють мікоризні гриби родів *Glomus* та *Rhizophagus*. Мікориза підвищує доступність елементів живлення, сприяє стійкості рослин до стресових умов та активізує мікробні процеси деструкції у ризосфері.

Ефективність біотехнологічних методів значною мірою залежить від параметрів середовища, тому важливим елементом є біостимуляція – регулювання умов, що сприяють розвитку мікроорганізмів-деструкторів. Внесення азотних і фосфорних добрив, органічних речовин, поверхнево-активних сполук, а також біопрепаратів-активаторів дозволяє підвищити біологічну доступність вуглеводнів та пришвидшити процеси їхнього окиснення. Біостимуляція особливо ефективна на територіях, де природна мікрофлора зазнала деградації внаслідок токсичної дії нафти.

Серед технологічних рішень важливими є методи біовентиляції та біопромивання. Біовентиляція забезпечує штучну аерацію ґрунту, що підвищує інтенсивність аеробних процесів, тоді як біопромивання дозволяє видаляти розчинні фракції нафтопродуктів із ґрунту та підґрунтових вод за допомогою водних або слабколужних розчинів із додаванням мікроорганізмів та ПАВ. У разі глибокого та важкодоступного забруднення застосовують іммобілізацію мікроорганізмів на природних і штучних носіях (біочар, торф, полімерні матриці, біоплівки), що продовжує їх життєздатність у токсичних умовах та забезпечує стабільне функціонування мікробних біоцинозів протягом тривалого періоду.

У сучасній практиці екологічної інженерії все частіше використовують комбіновані технології, які поєднують фізико-хімічні та біологічні методи. Такі підходи передбачають попереднє механічне вилучення нафти, застосування сорбентів, флокулянтів або теплових методів для зниження концентрації токсикантів, після чого запускаються біологічні механізми глибокої детоксикації. Комбіновані системи дозволяють скоротити час ремедіації та забезпечити майже повне відновлення екосистемних функцій.

Економічні переваги біотехнологічних рішень є вагомими: вони вимагають мінімальних енерговитрат, не потребують складного технічного обладнання та в середньому у 2–5 разів дешевші за класичні фізико-хімічні методи очищення. Крім того, біоремедіація мінімізує ризики вторинного забруднення та сприяє формуванню стійких, самовідновлюваних екосистем, що є ключовою умовою екологічної реабілітації територій, забруднених нафтовими продуктами.

Загалом біотехнологічні рішення для детоксикації нафтово забруднених територій демонструють високу результативність, екологічну безпечність та економічну доцільність, що робить їх стратегічно важливими у системі сучасного природоохоронного менеджменту. Подальший розвиток цієї галузі пов'язаний із удосконаленням методів мікробної інженерії, оптимізацією рослинно-мікробних систем та впровадженням інноваційних технологій, які здатні забезпечити ефективне та комплексне відновлення техногенно порушених територій.

КІБЕРБЕЗПЕКА В ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Чупак Олег Петрович, студент 4 курсу

Науковий керівник: викладач Вагилевич Тетяна Вікторівна

ВСП «Івано-Франківський фаховий коледж ЛНУП»

Цифровізація освітнього процесу відкриває нові можливості для формування екологічної свідомості молоді. У статті розглядаються сучасні інноваційні методи



екологічної освіти для студентів, такі як цифрові платформи, інтерактивні симуляції, гейміфікація та проєктне навчання. Досліджується їхній вплив на розвиток екологічної компетентності, відповідальної поведінки та практичної участі у природоохоронних ініціативах.

Екологічна свідомість студентів є ключовим фактором розвитку сталого суспільства. Сучасні виклики, такі як зміни клімату, забруднення навколишнього середовища та виснаження ресурсів, потребують активної участі молоді у вирішенні екологічних проблем. Цифрова епоха відкриває нові можливості для екологічної освіти: онлайн-курси, інтерактивні платформи, віртуальні лабораторії та симуляції дозволяють поєднати теоретичні знання з практичною діяльністю, підвищуючи ефективність навчання.

Інноваційні підходи в екологічній освіті:

1. Цифрові платформи та онлайн-курси. Вони забезпечують доступ до сучасних екологічних досліджень, відкритих баз даних та інтерактивних навчальних матеріалів. Студенти можуть аналізувати реальні екологічні проблеми, моделювати наслідки забруднення або зміни клімату, розробляти стратегії збереження ресурсів.

2. Інтерактивні симуляції та гейміфікація. Використання ігор, симуляційних моделей та віртуальної реальності дозволяє студентам візуалізувати екологічні процеси, експериментувати з різними сценаріями та спостерігати наслідки своїх рішень у безпечному цифровому середовищі.

3. Проєктне навчання (Project-Based Learning). Студенти створюють власні екологічні проєкти: організація шкільних чи університетських суботників, розробка зелених зон, реалізація ініціатив з енергозбереження. Такий підхід стимулює практичну участь і відповідальне ставлення до довкілля.

4. Використання соціальних мереж та цифрових кампаній. Студенти можуть поширювати екологічні знання через блоги, пости, відео та флешмоби, що дозволяє залучати широку аудиторію та підвищувати рівень громадської екологічної свідомості.

Вплив інноваційних підходів на свідомість студентів

Дослідження показують, що інтеграція цифрових інструментів та практичних проєктів у навчальний процес підвищує:

- екологічну компетентність — знання про причини і наслідки забруднення, методи охорони природи;
- мотивацію до практичної дії — сортування відходів, участь у природоохоронних акціях, енергозбереження;
- ціннісне ставлення до природи — формування відповідальної поведінки та соціальної відповідальності.

Важливо, що поєднання теорії та практики формує стійкі навички, які студенти переносять у повсякденне життя та професійну діяльність.

Інноваційні підходи до екологічної освіти, особливо в умовах цифрової епохи, є ефективним інструментом формування екологічної свідомості студентів. Використання цифрових платформ, інтерактивних симуляцій, проєктного навчання та соціальних кампаній дозволяє поєднувати знання, навички та цінності. Такий підхід сприяє розвитку відповідальної поведінки, практичної участі у збереженні довкілля та формуванню екологічної культури, що є основою сталого розвитку суспільства.

Список використаної літератури:

1. Писаренко В.М., Піщаленко М.А. Інноваційні технології навчання в екологічній освіті // *Матеріали 54-ї науково-методичної конференції «Вища освіта в контексті глобальних викликів»*. — Полтава, 2023. — С. 45–53.

2. Карук І. Інноваційні технології екологічної освіти дітей: європейський досвід // *Збірник матеріалів VII Міжнар. наук.-практ. конференції*. — Вінниця, 2023. — С. 112–119.



3. Чистякова Л. Сучасні освітні технології у розвитку екологічної культури майбутніх учителів // *Молодь і ринок*. — 2020. — № 4. — С. 76–84.

IMPROVING THE OCCUPATIONAL SAFETY OF FIREMEN DURING FIRE SUPPRESSION BY ENHANCING THE HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF WATER FIREFIGHTING SYSTEMS

Shymanska A. V., (St.),

Perkun I. V., Ph.D. (Tech.), Pogrebnyak V.G., Prof., Dr. Sci. (Tech.),

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Introduction. Fire suppression, especially at oil and gas complex facilities, is one of the most hazardous types of professional activity. Fire is a powerful ecological factor that has a destructive impact on the environment. For SES employees who are directly involved in firefighting, this involves risks to life and health due to high temperatures, toxic combustion products, and the threat of structural collapse. In this context, improving the efficiency of firefighting systems is not only a technological task to reduce biosphere pollution but also a key factor in enhancing the level of occupational safety for rescuers. Water-based firefighting systems remain the most common and economically viable. Thus, any improvement in their operation directly affects the safety of personnel.

Problem Analysis and Solution Methods

One of the most promising ways to increase the efficiency of water firefighting is to reduce the hydrodynamic frictional drag in fire hoses. This can be achieved through the artificial modification of the flow's boundary layer. Among the known methods, a practically unique one with significant practical results is the method of introducing small additives of high-molecular-weight polymer solutions into the water.

Studies confirm that the introduction of small amounts of polyethylene oxide (PEO) or polyacrylamide (PAA) into the extinguishing liquid (water or aqueous solutions of surfactants) allows for a significant reduction in hydrodynamic resistance – up to 75%.

Impact of the Technology on the Occupational Safety of SES Employees

The practical consequences of this effect for SES units can hardly be overestimated. A reduction in resistance up to 75%, with other hydraulic system parameters (pump, hose diameter) remaining unchanged, provides a number of critically important advantages for safety and operational efficiency:

–*Increased supply of the extinguishing agent:* The capacity of firefighting systems increases by 1.5-2 times. This means that a significantly larger volume of water is delivered to the fire source in the same amount of time, which speeds up localization and suppression. This directly reduces the time rescuers spend in the hazardous zone.

–*Increased operating distance:* The technology allows for increasing the length of fire hose lines by 3-5 times. This is a key occupational safety factor, as it enables personnel to work from a much safer distance, outside the zone of intense thermal radiation or possible structural collapse.

–*Reduced load on equipment and personnel:* The effect allows for reducing the energy consumption of pumping stations by 60-70%. In practical terms, this means a lower operating pressure in the system, which reduces the reactive load on the nozzle operator (back pressure), decreases physical fatigue, and lowers the risk of injury.

–*Improved mobility:* It becomes possible to use pipelines (hoses) of a smaller diameter (by 15-20%) without loss of productivity. Lighter hoses are much more mobile, which speeds up deployment and facilitates the work of teams in difficult conditions (e.g., in high-rise buildings or rubble).

– *Enhanced extinguishing capability:* In addition to the hydrodynamic effect, the polymer additives themselves have been proven to significantly improve the fire-extinguishing properties



of water and surfactant solutions.

Investigation of the Conditions for Effect Implementation

However, for the practical implementation of this technology, it is not enough to simply add the polymer to the water. The effectiveness of drag reduction critically depends on the *method* of introducing the polymer into the flow.

In this work, the patterns and manifestations of elastic deformations of the polymer flow were studied under conditions close to real flows in fire hoses. The research was conducted on a special hydrodynamic stand, which allowed achieving water flow velocities in the channel up to 35 m/s. The channel length was 8.5 m. Openings for pressure measurement and friction force sensors were located on the bottom wall of the channel. The polymer injection system consisted of a dosing unit and a sub-slot chamber. The key element was that the chamber design allowed for creating different deformation conditions for the polymer solution at the slot entrance (by changing the entry angle). The angle between the injected polymer jet and the wall remained unchanged.

During the experiments, the following characteristics were varied: the slot opening angle (entry angle), the concentration of the injected polymer solution, the injection speed, the molecular weight and grade of the polymer, and the velocity of the main extinguishing liquid (water) flow.

Results and Their Interpretation

The research results showed that the effectiveness of the polymer additive directly depends on the conditions of its injection. When the polymer solution is introduced onto the inner surface of the fire hose at *small entry angles* to the slot, a drop in tangential shear stress (i.e., the desired effect) is observed almost immediately after the injection point.

Conversely, if the polymer solution is introduced into the boundary layer through a chamber with a *large entry angle*, a significant *delay in the development of the hydrodynamic activity* of the polymer molecules occurs.

Visualization of the polymer solution flows in the sub-slot chamber showed that the entry conditions affect the reduction of hydrodynamic resistance only when flow instability occurs. As shown earlier, this is caused by the formation of dynamic supramolecular structures that sharply increase the flow's dissipativity (energy loss).

Practical conclusion for occupational safety: An improperly designed polymer injection system can lead to a *reduction in the polymer solution's effectiveness by up to 25%*. In real fire conditions, this means that a rescuer, counting on a 3-5 fold increase in jet range, will receive a significantly lower figure, which may force them to approach the fire source dangerously close.

Furthermore, it was established that increasing the water flow velocity (e.g., when the pump is operating at full capacity) leads to an *expansion of the zone with reduced hydrodynamic activity* of the polymer.

Conclusions

The obtained data indicate that when solving the problem of reducing resistance in fire hoses by introducing polymer solutions, it is necessary to consider the possible effects of elastic deformations. To develop an optimal injection system, it is critically important to understand that the reduction of the effect when introducing the polymer into the boundary layer is associated with a combination of deformation effects of the hydrodynamic field (in the injection system) and the molecular-concentration characteristics of the solution itself.

Thus, optimizing the design of polymer injection systems allows for the full realization of the technology's potential. This, in turn, directly increases the efficiency of firefighting systems, leading to a reduction in fire suppression time, a decrease in the negative impact on the environment, and, most importantly, a fundamental improvement in the level of occupational safety for SES employees.



УСВІДОМЛЕНЕ СПОЖИВАННЯ ЯК СКЛАДОВА ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ МОЛОДІ

Щер'бюк Мирослав Мирославович, студент групи ТЗ-23-1

К.х.н., доцент кафедри ТЗБП Фомічова Ольга Володимирівна

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

На сьогоднішній день екологізація споживання є одним з елементів збереження ресурсів та формування екологічної культури. Зменшити проблему екологічної кризи можна змінивши ставлення людини до системи споживання. Необхідною умовою вирішення екологічної проблеми є формування екологічної культури на всіх рівнях: від тих, хто приймає рішення на державному рівні, до рядового споживача.

Сучасне суспільство характеризується такою системою цінностей, де споживання реалізується заради споживання, а марнотратство, технократизм і прагматизм приваляють. Все це спостерігається на тлі вичерпаності природних ресурсів, глобальних екологічних проблем: бідності та голоду. В цьому зв'язку актуальними стають питання теоретичного пояснення феномену споживання.

В світі екологічної моди існують два ключових поняття: органічне напрямок і «стійкий» (sustainable). Поняття «сталий» одяг охоплює ширший спектр, ніж органічна мода. Обидва напрями мають спільні риси, але й суттєво різняться. Органічний одяг походить із практик органічного землеробства, тоді як «сталий» одяг сформувався як частина екологічного руху, спрямованого на зменшення впливу на довкілля. Попри різні підходи, їх поєднує спільна мета — екологічна відповідальність. Якщо органічність акцентує на збереженні ґрунтів і дбайливому природокористуванні, то сталість ґрунтується на принципах повторного використання, продовження життєвого циклу й переробки матеріалів. [1].

Суспільство, у якому великого значення набуло індивідуальне споживання, з початку 60-х рр. минулого століття почали називати «суспільством споживання» або «суспільством споживачів». І, перш за все, воно асоціюється з американським суспільством адже саме там найвищий рівень життя та споживання. Деякі американські дослідники порівнюють споживачтво зі страшною епідемією, яка вражає мозок і душу їхніх співвітчизників. «Affluenza» (гібрид слів «багатство», «достаток» та «грип») – це хворобливий стан пересиченості та обтяженості боргами, стан тривоги та спустошеності, який є результатом гонитви за новими і новими набутками, який передається всередині суспільства. Симптоми цього захворювання – «купівельна лихоманка», «висипка банкрутств», «стрес нестриманості», «індустріальна діарея», «виразки суспільства».

Все більшої розповсюженості набуває активне індивідуальне споживання (консьюмеризм). Консьюмеризм визначає характер сучасного культурного виробництва та споживання, проголошуючи: «Бути – це значить мати, користуватись і насолоджуватись». Консьюмеризм характеризується масовим споживанням матеріальних благ, формуванням системи цінностей та установок, що полягає в споживачьому ставленні до речей, людей, соціуму. Одним з проявів консьюмеризму є так зване «демонстративне споживання». Термін «синдром демонстративного споживання» був використаний ще у 1899 р. американським економістом і соціологом Торстеном Вебленом.

Демонстративне споживання вважають «агресивною показушністю» котра формується значною мірою завдяки механізму моди та реклами, які є невід'ємними складовими масової культури. Саме консьюмеризм сприяє формуванню «брендової реальності», для якої нормою стає підміна в свідомості споживача товару як власне споживчої вартості його маркою або брендом [2].

Протягом порівняно короткого часу в Україні відбулась трансформація у свідомості та поведінці людей у бік не лише суспільства споживання, а й іміджевого, престижного споживання. Так, на основі соціологічних досліджень практики споживання в Україні було



з'ясовано, що: «Досить великій частині населення притаманні типові ознаки споживчого суспільства» [3]. Похідними від демонстративного споживання деякі дослідники називають гіперспоживання, терапевтичне споживання та контркультурне споживання.

Протягом порівняно короткого часу в Україні відбулася трансформація у свідомості та поведінці людей у бік не лише суспільства споживання, а й іміджевого, престижного споживання. Масова культура, реклама, розвиток швидкої моди та соціальних мереж формували орієнтацію на зовнішні атрибути успіху — бренди, часту зміну речей, демонстративне споживання. Такий підхід певний час здавався природним наслідком економічного зростання й відкритості до глобальних трендів.

Проте **повномасштабна війна суттєво змінила систему цінностей українців**. На перший план вийшли безпека, взаємодопомога, стійкість і відповідальність. Те, що раніше було символом статусу, почало втрачати свою вагу на тлі реальних загроз і втрат. Помітно зросла увага до того, наскільки речі є функціональними, якісними й довговічними. Молодь та дорослі стали замислюватися про те, чи варто витратити кошти на зайве, коли країна потребує ресурсів і підтримки.

Паралельно з цим формується нова хвиля усвідомленого споживання: люди дедалі частіше обирають вітчизняних виробників, підтримують малий бізнес, купують менше, але якісніше. Зростає інтерес до вторинного використання речей, обміну, переробки та благодійності. Така трансформація є не лише економічною необхідністю, а й проявом **переосмислення особистої відповідальності перед суспільством і державою**, що особливо важливо в умовах воєнного стану.

У результаті війна стала каталізатором переходу від культури надмірного споживання до моделі, де цінується практичність, етичність, екологічність та солідарність. Це не просто зміна поведінки — це зміна світогляду, яка впливає на формування екологічної культури й відповідального ставлення до ресурсів.

Ретроспективний аналіз теорій споживання показує, що споживання чинить значний вплив на суспільне життя, а також є причиною значних дисфункцій. Таке споживання здійснює задоволення раціональних потреб, поєднує потреби індивіда з потенційними можливостями суспільства.

Як висновок можна сказати, що назріла необхідність формування нової системи цінностей, яка сприяла б гармонійному співіснуванню людини і природи, визначаючи пріоритет якості життя над кількістю споживаних благ. Звідси випливає дуже важливий напрям екологізації сучасного суспільства - екологізація споживання, що означає розумне скорочення споживання, поширення норм екологічно споживання, повернення до речей тривалого споживання.

Список використаної літератури:

1. Тоффлер Э. Шок будущего. Future Shock, 1970. - М.: АСТ, 2008. – 560с.
2. Baudrillard J. La société de consommation. Russian edition: Bodriyyar Zh. Obshchestvo potrebleniya. Ego mify i struktury. / Zhan Bodriyyar; per. s fr. poslesloviye i primechaniya E. A.Samarskoy. — М.: Respublika; Kulturnaya revolyutsiya. 2006. — S. 240.
3. Моніторинговий звіт «Цілі сталого розвитку». Україна, 2024.
<https://stat.gov.ua/uk/datasets/tsili-staloho-rozvytku>

КІБЕРБЕЗПЕКА В ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Яремечко Христина Петрівна, студентка 4 курсу

**Науковий керівник: викладач Вагилевич Тетяна Вікторівна,
ВСП «Івано-Франківський фаховий коледж ЛНУП»**

Стрімкий розвиток цифрових технологій суттєво трансформує сферу екологічного моніторингу та природоохоронної діяльності. Інтелектуальні сенсорні мережі,



автоматизовані станції вимірювання, супутникові системи спостереження, електронні карти забруднення, «розумні» енергетичні мережі — всі ці інновації створюють величезний інформаційний простір, який підтримує ухвалення рішень у сфері екологічної безпеки. Проте зростання рівня цифровізації водночас підвищує вразливість цих систем до кібератак. Саме тому питання кібербезпеки стає не просто технічним аспектом, а критично важливим елементом національної та глобальної екологічної безпеки.

Екологічні технології сьогодні використовуються у ключових сферах: моніторинг атмосферного повітря, контроль якості води, управління відходами, моделювання кліматичних змін, оптимізація використання природних ресурсів. Дані від екологічних сенсорів часто передаються в режимі реального часу, формуючи інтерактивні системи, що дозволяють прогнозувати розвиток ситуації та швидко реагувати на можливі небезпеки.

Проте така залежність від цифрових інфраструктур означає, що порушення їхньої роботи може спричинити значні екологічні та соціальні наслідки. Вразливими залишаються як локальні системи (станції очищення стічних вод, сміттєпереробні підприємства), так і національні моніторингові мережі.

Кіберзагрози в екологічному секторі мають свою специфіку. Серед найбільш поширених:

– **Маніпуляція екологічними даними** — підміна інформації щодо рівня забруднення повітря, води чи ґрунтів, що може приховати реальні небезпеки або вплинути на державні рішення.

– **Атаки на інфраструктурні об'єкти** — втручання в роботу очисних споруд, насосних станцій, систем керування відходами.

– **Блокування доступу (DDoS-атаки)** до серверів екологічного моніторингу, що призводить до втрати можливості аналізувати поточний стан довкілля.

– **Злам «розумних» екосистем** — наприклад, мереж Smart Grid, що регулюють виробництво та споживання енергії.

– **Перехоплення даних дронів та супутникових систем** під час екологічних досліджень.

– **Шкідливе програмне забезпечення**, яке виводить із ладу критичні екологічні датчики.

Будь-яка така дія може спричинити масштабні екологічні, економічні або навіть гуманітарні проблеми.

Для підвищення рівня безпеки у сфері екотехнологій сьогодні активно застосовуються такі інструменти:

– **Шифрування даних** — забезпечує захист інформації, що передається між датчиками та серверами.

– **Блокчейн** — дозволяє зберігати екологічні дані у незмінному вигляді, що значно знижує ризик їх підробки.

– **Штучний інтелект** — використовується для прогнозування кібератак, виявлення аномальної поведінки систем і автоматичного реагування.

– **Zero Trust-архітектура** — обмежує доступ навіть для внутрішніх користувачів і пристроїв.

– **Захищені хмарні сервіси** для екологічних даних, що мінімізують ризики локальних атак.

– **Системи резервування та відновлення** — дозволяють швидко відновити роботу екологічних станцій у разі збою.

Кібербезпека в екологічних технологіях — це не лише технічна необхідність. Вона напряму пов'язана з:

- довірою населення до екологічних даних;
- прозорістю екологічного контролю;
- захистом здоров'я громадян, які залежать від якісної інформації про стан довкілля;



– **національною безпекою**, оскільки атаки можуть вплинути на критичну інфраструктуру;

– **міжнародними природоохоронними зобов'язаннями**, які базуються на достовірних даних.

Фактично кібербезпека стає основою ефективної природоохоронної політики.

Цифровізація екологічних технологій відкриває великі можливості, але водночас створює нові виклики. Для стабільної та безпечної роботи екологічних систем необхідно впроваджувати сучасні механізми кіберзахисту, розвивати міжнародні стандарти та підвищувати рівень цифрової грамотності фахівців екологічної сфери. Лише комплексний підхід дозволить забезпечити надійність екологічних даних, захистити критичні природоохоронні системи та підтримати сталий розвиток суспільства.

Список використаної літератури:

1. Олійник, Я., Платоненко, А., Черевик, В., Ворохоб, М., Шевчук, Ю. Методи захисту інформації в технологіях IoT // *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. — 2025. — Т. 3, № 27. — С. 100–108. csecurity.kubg.edu.ua
2. Паливода, А., Касимбеков, А. Інтелектуальна система для розміщення міських станцій екологічного моніторингу // *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. — 2025. — Т. 3, № 27. — С. 304–319. csecurity.kubg.edu.ua
3. Летичевський, О. О. Сучасні наукові проблеми кібербезпеки // *Вісник Національної академії наук України*. — 2023. — № 2. visnyk-nanu.org.ua
4. Гуржій, С. В. Особливості використання штучного інтелекту у питаннях забезпечення кібербезпеки // *Інформація і право*. — 2023. — Т. 4(47).

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ: МАЙБУТНЄ ВЖЕ СЬОГОДНІ

Баліцка Анастасія Русланівна, учениця 9 класу

Науковий керівник: Мудреїко Ірина Юріївна, керівник гуртка екологія
Івано-Франківська міська дитяча екологічна станція

Проблема забруднення водних ресурсів щороку загострюється через індустріалізацію, сільське господарство, побутові стоки та погіршення стану довкілля. У багатьох регіонах світу спостерігається нестача якісної питної води, що становить пряму загрозу здоров'ю населення. Тому пошук і впровадження інноваційних технологій очищення води є важливим завданням сучасного суспільства.

Робота висвітлює найперспективніші технології очищення води та їх можливості для практичного застосування. Матеріал підкреслює важливість оновлення комунальних і промислових систем водопідготовки, сприяє поширенню наукових знань про сучасні методи очищення та стимулює інтерес до екологічних рішень.

Однією з найперспективніших сучасних методик є мембранне розділення. Технологія зворотного осмосу дає змогу видаляти до 99,5% розчинених солей, важких металів, бактерій і вірусів. Системи на основі мембран застосовуються як на промислових об'єктах, так і у побутових фільтрах для води.

Прикладом сучасного рішення є технологія BWT Bestaqua ROC, яка забезпечує високу якість очищення води та може працювати навіть у мобільних станціях. Це дозволяє ефективно забезпечувати питною водою лікарні, ресторанний бізнес, приватні домогосподарства та громади.

Нанотехнології в очищенні води

Наступна важлива група рішень — нанотехнології. Наноматеріали мають здатність вилучати з води ультрамалі частинки: пестициди, фармацевтичні сполуки, органічні токсини та залишки важких металів.



Використовуються різні наноматеріали, серед них:

- металічні наночастинки, що нейтралізують токсичні речовини;
- вуглецеві нанотрубки, які діють як високоефективні фільтрувальні мембрани;
- біоактивні наноматеріали, що поєднують властивості нанотехнологій і біологічного

очищення.

Це дозволяє отримувати воду, яку практично неможливо очистити традиційними методами.

Біоочищення та мембранні біореактори

Сучасні станції водоочищення дедалі частіше застосовують біоаугментацію — додавання спеціальних корисних мікроорганізмів, які розкладають забруднювальні сполуки природним шляхом.

Мембранні біореактори (MBR) поєднують біологічний метод із мембранною фільтрацією, що забезпечує:

- екологічність процесу;
- ефективне очищення від органічних забруднень;
- отримання води, яку можна повторно використовувати.

Інтелектуальні цифрові системи управління водою

Важливим напрямком є цифровізація водних мереж. Завдяки IoT-технологіям, датчикам контролю якості, SCADA-системам та Smart Water-платформам стає можливим:

- дистанційний контроль тиску і складу води;
- оптимізація витрат і зниження втрат у мережах;
- вчасне реагування на аварії та забруднення.

Автономні очисні споруди

Для приватних домогосподарств та малих громад сьогодні доступні автономні системи очищення стічних вод, зокрема на біологічній технології VFL, що використовується в очисних спорудах компанії AQUATEC. Вони компактні, енергоефективні, не потребують складного обслуговування та забезпечують високу якість очищеної води.

Отже, інноваційні технології очищення води відкривають шлях до формування безпечного майбутнього. Серед провідних напрямків:

- мембранні фільтрувальні системи,
- нанотехнології,
- біологічні методи очистки,
- цифрові системи управління,
- автономні водоочисні комплекси.

Ці рішення дають змогу зробити воду доступною для всіх, зберегти екосистеми планети та підтримати здоров'я людей.

Інвестиції в інноваційні системи водоочищення — це інвестиції у життя.

Лише поєднуючи науку, технології та відповідальне ставлення до водних ресурсів, ми зможемо подолати водну кризу та забезпечити чисту воду для нинішніх і прийдешніх поколінь.

ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА: ЯК ЗРОБИТИ ПЕРЕРОВКУ ВІДХОДІВ ПРИВАБЛИВОЮ ДЛЯ МОЛОДІ

Білякевич Тимофій Валерійович, студент групи І СМ

Науковий керівник: викладач природничих наук, Дмитрів Віра Ярославівна

Фаховий коледж культури і мистецтв м. Калуш

Переробка відходів — одна з найактуальніших проблем сучасності. Щороку у світі утворюється понад 2 млрд тон сміття, і більшість із нього не переробляється, завдаючи шкоди ґрунту, воді та повітрю. Молодь — ключ до змін, адже саме вона формує нові звички



та культурні тренди. Але часто переробка відходів здається молоді далеким, нецікавим, дорослим. Щоб це змінити, потрібно зробити екологічну освіту живою, творчою і близькою до повсякденного життя молоді й тому важливо не лише навчати сортуванню, а й робити цей процес цікавим, модним та вигідним.

Актуальність проблеми

- Критичне перенасичення українських сміттєзвалищ створює екологічні та економічні збитки.

- Переважна більшість відходів (пластик, папір, скло) — цінні ресурси, які ми безповоротно втрачаємо.

- Традиційні методи освіти та сортування не мотивують молодь, бо вони складні й нецікаві.

Креативні рішення для залучення молоді

1. *Еко-челенджі* - TikTok та Instagram-челенджі: наприклад, «7 днів без пластику». Це можуть бути конкурси між школами, коледжами чи університетами, де буде наявність системи балів та відзнак. До прикладу, у Швеції молодіжні еко-челенджі залучають тисячі школярів до сортування та збору відходів, а в Україні існує проєкт «No Waste Ukraine», що організовує різноманітні флешмоби й відеочеленджі.

2. *Гейміфікація* - мобільні додатки, які працюють за принципом: здаєш відходи → отримуєш бали → обмінюєш на знижки чи подарунки. Наприклад, додаток «Recycle&Win» у Львові дозволяє школярам і студентам накопичувати бали за здачу пластику та картону, які потім обмінюють на бонуси в кафе та магазинах.

3. *Мода з відходів (Upcycling)* - одяг і аксесуари з перероблених матеріалів, еко-покази моди, фотосесії. До слова, наші українські бренди Not Silent Brand, Tserkovnij, Spogad, Omelia створюють колекції з матеріалів, які інакше потрапили б на смітник, і проводять еко-покази для молоді.

4. *Еко-арт* - скульптури, інсталяції з перероблених матеріалів, виставки, фотозони, арт-фести. Наприклад, у Києві фестиваль «Зроблено з відходів» показав, як з пластикових пляшок і металобрухту створюють арт-об'єкти, що приваблюють підлітків і дорослих.

5. *Музика і відео* - пісні та кліпи про екологію, флешмоби у соцмережах. До прикладу, у Львові гурт The Ukrainians записав кліп із використанням перероблених матеріалів для сценографії, який став популярним серед молоді.

Як зацікавити молодь ще більше:

- **Колаборації з блогерами та відомими амбасадорами:** вони популяризують екоініціативи серед підлітків та студентів.

- **Еко-бренди + молодіжні фестивалі:** наприклад, бренди можуть організовувати екозони на музичних або спортивних фестивалях, де молодь вчиться сортувати відходи або створює арт-об'єкти.

- **Система «еко-бонусів» у кафе та магазинах:** за здачу пластику, скляних пляшок чи картону можна отримати знижки або подарунки, що робить екологічну поведінку вигідною та мотивуючою.

- **Мережеві платформи та додатки:** створення рейтингів шкіл, студентських команд або міст за активністю у переробці, що додає елемент конкуренції і соціального визнання.

І щоб молодь дійсно була зацікавлена обов'язково потрібно:

По-перше, показати результат. Коли з пластикових пляшок створюють лавки, з макулатури — нові зошити, а зі старого одягу — модні сумки, це викликає захоплення. Молодь любить бачити, що її дії мають конкретний ефект.

По-друге, важливо створювати спільноти. Молодь любить працювати у командах, ділитися ідеями, змагатися. Еко-клуби, волонтерські ініціативи, участь у місцевих акціях з прибирання дають відчуття причетності та гордості.

Роль кожного або «все розпочинається з тебе»:

- Сортуй відходи вдома.

- Використовуй багаторазові сумки та пляшки.



- Долучайся до еко-івентів та флешмобів.

Висновки

1. Проблема не у смітті, а в застарілому підході до освіти та сортування: традиційні методи нецікаві й не мають прямої вигоди.

2. Рішення — трансформація екологічної поведінки у цифровий, вигідний і стильний процес: від абстрактного обов'язку до персонального бонусу.

3. Три ключові інновації для залучення молоді: Гейміфікація, Монетизація (еко-бонуси) та Upscaling-культура.

Переробка відходів — це не лише обов'язок, а й можливість бути креативними, створювати нові тренди і робити екологічність модною. І тоді ми отримаєм покоління, яке не лише мріє про зелену планету, а й реально її створює.

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАВАЮЧИХ ФІТООСТРОВІВ ТА СОНЯЧНОЇ АЕРАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МІСЬКОГО ОЗЕРА М. ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

Галюк Павло Олегович, ліцеїст 13 групи, Івано-Франківський науковий природничо-математичний ліцей імені Івана Пулюя

Науковий керівник: Галюк Мар'яна Ярославівна. – вчитель хімії, ліцею №11 Івано-Франківської міської ради

Міське озеро Івано-Франківська є важливим водним об'єктом громади, але його стан погіршується через антропогенний тиск і зміну клімату. Так, франківські екологи відзначають, що кліматичні зміни та урбанізація призвели до зменшення стоку річки Млинівки та висихання джерел, які живлять озеро – через це сповільнився обмін води та погіршилась якість води Міського озера [4].

Зміни рівня та складу води у озері вже спостерігались: наприклад, у березні 2025 р. зафіксовано вилив помаранчевої рідини у водойму з нез'ясованих джерел [4]. Таким чином, існує потреба у природоорієнтованих технологіях відновлення чистоти водойми. Плаваючі фітоострови (штучні платформи з водними рослинами) та сонячні аератори – перспективні рішення для очищення водойм, оскільки вони використовують природні біологічні процеси і відновлювальну енергію. Ці технології вже довели свою ефективність: за даними досліджень, на штучних фітоостровах рослини та мікроорганізми забезпечують високе вилучення поживних речовин – наприклад, до 90% нітрогену та фосфору в очищуваних водах [1], а також ефективно розкладають органічні забруднювачі [1].

Плаваючі острови одночасно підвищують привабливість міського ландшафту і є «екологічно дружнім» засобом очистки води [1]. Сонячні аератори, що живляться енергією сонця, забезпечують розчинення кисню у воді без додаткових витрат електроенергії і підвищують аерацію водойм [2]. Встановлення таких систем у паркових і міських водоймах показує очевидний ефект – поповнення запасів кисню та поліпшення циркуляції води [2].

Отже, оцінка та впровадження плаваючих фітоостровів разом із сонячними аераторами є актуальними для відновлення екологічних функцій Міського озера та поліпшення якості води у місті.

Було проаналізовано наукові статті про очищення водойм за допомогою плаваючих островів [1], технічні описи сонячних аераторів [2], [6].

Комбінація фітоостровів і сонячних аераторів показала високу ефективність у вилученні поживних речовин з води (до 90% N і P) [1] та підвищенні рівня кисню у водоймах [2], [6]. Плаваючі острови сприяють очищенню та покращують біорізноманіття водойм [3].

Отже, застосування плаваючих фітоостровів разом із сонячними аераторами є доцільним рішенням для очищення води Міського озера м. Івано-Франківська.



Список використаної літератури:

1. Qin, S., Liu, J., Wang, J., Zhang, Y., & Chen, Y. Roles of Floating Islands in Aqueous Environment Remediation: Water Purification and Urban Aesthetics. *Water* (MDPI), 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15061123>
2. Shinde, A., & Kenghe, J. Utilization of a Solar Aerator to Increase Dissolved Oxygen Level. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vol. 9, Issue 7, 2022.
3. Lubnow, F. S. Floating Wetland Islands. *National Wetlands Newsletter*, 2014.
4. Мамчур, О. Як франківські науковці рятують річки, які живлять міське озеро. *Pravda.if.ua*, 02.04.2024.
5. Міцкевич, А. У міське озеро Івано-Франківська витекла невідома помаранчева рідина. *ZAXID.NET*, 27.03.2025.
6. VEICHI Electric Co. Solar Aerator System: Technical Description. Офіційна технічна документація, 2025.

**ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УРБАНІЗАЦІЇ: МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ
ДЛЯ ЛІЦЕЮ №11 М. ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА**

Горудько Василь Васильович, учень 9-Б класу

**Науковий керівник: Галюк Мар'яна Ярославівна. – вчитель хімії
Ліцей №11 Івано-Франківської міської ради**

Сучасні міста стикаються з низкою екологічних викликів — забрудненням повітря, зменшенням зелених зон, перегрівом територій та збільшенням кількості відходів. За даними Методичних рекомендацій МОН України (2023) [1], одним зі стратегічних напрямів розвитку закладів освіти є впровадження екологічних технологій та формування екосвідомості учнів. У цьому контексті запровадження зелених технологій є ключовим підходом до формування стійкого й екологічно безпечного міського середовища. Для Ліцею №11 м. Івано-Франківська такі рішення мають важливе значення, адже навчальні заклади є осередками екологічної освіти та прикладом для місцевої громади.

Одним із найефективніших інструментів урбаністичної екологізації є створення зелених дахів на шкільних корпусах. Згідно з European Green Campus Initiative (2022) [2], такі покрівлі здатні зменшувати температуру будівлі на 2–4 °С, покращувати теплоізоляцію та збільшувати поглинання CO₂. Крім того, зелені дахи утримують дощові води, знижують шумове забруднення й формують мікроосередки біорізноманіття. Для ліцею можливе впровадження екстенсивної зеленої покрівлі з використанням седумів, молодила та низькорослих злаків.

Важливою складовою є вертикальне озеленення, яке може бути розміщене на фасадах або внутрішніх двориках ліцею. За даними Wright L. (2021) [3], зелені стіни здатні зменшувати концентрацію пилу у повітрі до 20% та створюють бар'єр від шуму. До встановлення рекомендовано рослини — плющ, дикий виноград, клематис, декоративний хміль.

Значну роль відіграють зелені навчальні зони: міні-ботанічні ділянки, теплиці, екостежки, навчальні городи. Як зазначає О. Бойко (2022) [4], такі простори сприяють розвитку міждисциплінарних компетентностей та формують у школярів практичне розуміння екологічних процесів. На території ліцею можна облаштувати куточок лікарських рослин, зону для вивчення ґрунтів, компостер для органічних відходів.

Серед ключових зелених технологій урбанізації виділяється також система збору та повторного використання дощової води. Відповідно до Екологічного паспорта Івано-Франківська (2024) [5], проблема навантаження на міську каналізацію є актуальною.



Використання дощової води зменшує споживання питної води та сприяє ощадливому управлінню ресурсами.

Комплексне впровадження зелених технологій у Ліцеї №11 сприятиме покращенню мікроклімату, зниженню екологічного навантаження, підвищенню енергоефективності та формуванню екологічної свідомості учнів. Це забезпечить створення сучасного, здорового й продуктивного освітнього середовища, що відповідає принципам сталого розвитку міста.

Список використаної літератури:

1. Міністерство освіти і науки України. Методичні рекомендації щодо впровадження екологічних технологій у закладах освіти. Київ, 2023.
2. European Green Campus Initiative. Green Technologies for Schools. Brussels, 2022.
3. Департамент екології Івано-Франківської міської ради. Екологічний паспорт міста, 2024.
4. Wright L., Urban Eco-Solutions. Sustainable School Infrastructure. New York, 2021.
5. Бойко О. М. Екологізація міського середовища: інновайні підходи. Київ: Екопрес, 2022.

БЕЗПЕЧНА ДОСТАВКА ВОДИ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІНОПЛАСТОВИХ ФОРМ

Іванів Роман Іванович, учень 10 класу

Науковий керівник: *учитель географії Мальон Наталія Євгенівна
Тростянецький ліцей, Долинської міської ради*

Забезпечення військових підрозділів питною водою в умовах активних бойових дій є критично важливим завданням. Традиційні методи доставки можуть бути небезпечними через обстріли, мінування територій чи віддаленість позицій. Використання дронів значно зменшує ризики для особового складу, однак потребує спеціального захисту вантажу. Пляшки з водою є крихкими при падінні та ударах, тому необхідні легкі, амортизуючі й індивідуально адаптовані форми, сумісні з транспортними системами дронів. Пінопластові форми дозволяють вирішити ці проблеми та підвищити рівень безпеки доставки.

Розробити технологію виготовлення індивідуальних пінопластових форм для безпечного транспортування пляшок води дронами та оцінити їхню ефективність і практичне застосування.

Методи дослідження

- аналіз літературних джерел щодо сучасних технологій захисту вантажів, матеріалів для амортизації та способів безпечного транспортування;
- вивчення технічних характеристик дронів, які використовуються для логістики у військовій сфері;
- порівняльний аналіз матеріалів (пінопласт, картонні осередки, полімерні вставки) за параметрами легкості, екологічності, амортизаційних властивостей та вартості;
- моделювання конструкції пінопластової форми з урахуванням стандартних розмірів пляшок та вимог до її фіксації під час доставки;

Результати дослідження

Аналіз літературних джерел показав, що для безпечного транспортування вантажів широко використовуються амортизуючі матеріали та інноваційні конструктивні рішення. Виявлено ефективні підходи до захисту рідких продуктів, зокрема води, під час доставки дронами у військовій сфері.

Вивчення технічних характеристик дронів засвідчило, що сучасні безпілотники здатні переносити вантажі до певної маси та габаритів, що накладає обмеження на розмір і вагу контейнера для води.



Порівняльний аналіз матеріалів (пінопласт, картонні осередки, полімерні вставки) показав:

пінопласт вирізняється легкістю та хорошими амортизаційними властивостями;
картонні осередки — економічні та екологічні, але менш стійкі до вологи;
полімерні вставки — довговічні, але важчі та дорожчі.

Моделювання конструкції пінопластової форми дозволило розробити проект, що враховує стандартні розміри пляшок та забезпечує надійну фіксацію під час транспортування дронами.

Крім того, технологія може бути адаптована для гуманітарних місій, доставки медикаментів, харчових наборів та інших вантажів у кризові райони.

Власні спостереження

Навіть падіння з висоти до 5 м не спричинило пошкодження пінопластової форми. Вага самої форми становить 10–20 г, що практично не впливає на вантажопідйомність дронів. Пінопласт навіть частково зберігає температуру води у спекотну пору. Собівартість однієї форми є низькою порівняно з іншими захисними матеріалами. Звичайно, що потрібно використано пінопласт, який піддається переробці та не містить токсичних компонентів. Є можливість виготовлення форм під різні типи пляшок і різні системи кріплення дронів.

Висновки

Розроблена технологія виготовлення пінопластових форм для транспортування води дронами є ефективним та практичним рішенням для безпечної доставки ресурсів у зонах ризику. Вона забезпечує високу амортизацію, легкість, низьку собівартість та екологічність. Впровадження цієї розробки може значно покращити логістику військового забезпечення й зменшити ризики для персоналу. Технологія має потенціал масштабування та подальшої оптимізації.

Список використаної літератури:

1. Бондаренко О.І., Транспортування небезпечних і чутливих вантажів: теорія і практика. Київ: Логістика, 2020. 256 с.
2. Ковальчук М.В., Матеріалознавство для інженерів: амортизаційні та конструкційні властивості сучасних матеріалів. Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. 312 с.
3. Петренко С.П., Інноваційні технології безпечного транспортування вантажів у військовій логістиці. Харків: ХНУ, 2021. 198 с.



Рисунок 1. – Концепт пінопластової форми



ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА: ІННОВАЦІЇ ДЛЯ СТАЛОГО МАЙБУТНЬОГО. МАСОВЕ ВИМИРАННЯ ВИДІВ

Ковальчук Вікторія Вікторівна, студентка групи І СМ

Науковий керівник: викладач природничих наук, Дмитрів Віра Ярославівна
Фаховий коледж культури і мистецтв м. Калуш

Однією з найсерйозніших загроз для сучасного світу є масове вимирання видів — процес, який уже охопив майже всі екосистеми планети. За даними ООН, щодня зникають десятки видів рослин і тварин. Це не лише втрата краси природи, а й руйнування рівноваги екосистем, що безпосередньо впливає на життя людини — чисте повітря, воду, продовольство й здоров'я.

Метою нашої роботи є показати значення екологічної освіти та інноваційних технологій у подоланні проблеми масового вимирання видів і формуванні відповідального ставлення до природи серед молоді.

Сучасні екологічні виклики — зміна клімату, деградація екосистем, вимирання видів — потребують нових підходів до екологічної освіти. Молодь, яка живе у цифровому світі, сприймає інформацію через технології, візуальні формати й інтерактив. Тому завдання освіти — поєднати екологічну тематику з сучасними формами комунікації та інноваціями, щоб зробити її близькою, емоційною й дієвою.

Основними чинниками втрати біорізноманіття є:

- вирубка лісів, що знищує природні місця існування тварин і рослин;
- полювання та браконьєрство, через які зникають рідкісні види;
- зміна клімату, яка призводить до нагрівання планети та порушення природних ритмів;
- забруднення середовища — пластиком, хімікатами, нафтовими розливами;
- інвазивні види, які витісняють місцеву флору та фауну.

Масове вимирання видів має глобальні наслідки:

- руйнування харчових ланцюгів (зокрема зникнення запилювачів);
- зменшення біорізноманіття та зниження стійкості екосистем;
- підвищення ризику появи нових хвороб, які можуть передаватися людям;
- посилення кліматичних проблем через скорочення лісів та океанічних екосистем.

Сучасна екологічна освіта має стати майданчиком для творчих рішень. Серед інноваційних підходів можна виділити такі:

Одним із яскравих прикладів сучасних підходів є **віртуальний туризм** — альтернатива традиційному сафарі. За допомогою VR-технологій люди можуть подорожувати екосистемами світу, вивчаючи тварин без шкоди природі. Це ефективний інструмент як для навчання, так і для формування екологічної свідомості. В Україні вже є приклад такого проєкту: Virtual Ukraine створює VR-360° тури українськими об'єктами, включно з природними ландшафтами. Завдяки таким турами учні чи громадськість можуть «відвідати» екосистеми, наприклад гори, ліси, водоспади, навіть якщо фізично це складно чи заборонено. Таким чином зменшується тиск туризму на природу.

Мемі, комікси й відеоконтент про природу — сучасна форма комунікації з молоддю. Вони роблять складні теми доступними й емоційно привабливими. До прикладу, український проєкт enWAR_mental створив комікс про екозлочини під час війни в Україні, щоб залучити молодь до екологічних тем. Комікси та мемі — це формат, який подобається сучасній молоді: коротко, емоційно, візуально. Через них можна пояснити важкі теми (як у нашому випадку, вимирання видів) у доступному ключі.

Екоінфраструктура в зонах відпочинку — встановлення контейнерів для роздільного збору відходів, годівниць для птахів і дрібних тварин. Це практичне виховання екологічної культури через повсякденну діяльність. Наприклад, соціальна кампанія #ПакетНеПотрібен в Україні разом із програмою ООН і телеканалом ПЛЮСПЛЮС у дитячому середовищі



просувала зменшення використання пластикових пакетів та сортування відходів. Встановлення контейнерів для роздільного збору відходів, годівниць для птахів, облаштування екозон — це не лише інфраструктура, а й спосіб виховання екологічної культури через щоденну поведінку.

Освіта з раннього дитинства — формування любові до природи у дитсадках і школах через інтерактивні уроки, ігри, екопроекти. Всеукраїнська просвітницька кампанія «Креативні екоініціативи: як ідеї змінюють звичний світ» залучила молодь (8–18 років) до екологічних ініціатив через творчість, ідеї, екологічну відповідальність.

Відомі амбасадори природи — актори, музиканти, блогери, які популяризують екологічні цінності серед молоді. Коли відомі люди виступають за екологію — це підсилює вплив, мотивує молодь. Амбасадори можуть говорити простою мовою, бути прикладом. Наприклад, футболіст Олександр Зінченко підтримав кампанію #StopEcocideUkraine, яка підкреслює те, що екологічні злочини в Україні мають значення не лише для самої України, а й для всього світу.

Сучасні технології спостереження за тваринами — супутники, дрони, “розумні” нашійники й сенсори, що допомагають ученим відстежувати популяції та боротися з браконьєрством. До слова, проєкт WWF-Україна та партнери використали GPS-GSM нашійник для рідкісного рисі (lynx) у Поліссі (Україна) для постійного моніторингу, а компанія Saule Technologies розробила перовскітні фотоелектричні нашійники для моніторингу зубрів в Україні. Завдяки таким технологіям можна простежувати міграції тварин, вплив навколишнього середовища, попереджати браконьєрство. Це приклад реальної інновації для збереження видів.

Біотехнології — клонування та селекція для відновлення рідкісних видів, створення генетичних банків. Хоч в Україні поки що немає надто відомих прикладів клонування рідкісних видів, але існує робота з генетичними банками і відновленням рослинної біорізноманітності, наприклад Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка проводить заходи із збереження рідкісних рослин. Генетичні банки, селекція — це про довгострокову перспективу.

Масове вимирання видів — це не лише екологічна, а й моральна проблема людства. Лише поєднання інноваційних технологій, освіти та особистої відповідальності може зупинити руйнування природи. Молодь має стати рушійною силою змін: навчитися поважати природу, відповідально споживати ресурси та діяти свідомо. Якщо ми навчимося цінувати довкілля так само, як власне життя, — у нашої планети ще буде шанс на відродження.

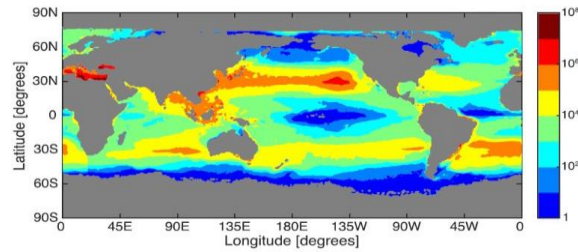
ОКЕАНІЧНІ ГОРИ, ДЕ НАКОПИЧУЄТЬСЯ ПЛАСТИК, ТА ІННОВАЦІЙНА СИСТЕМА ОЧИЩЕННЯ

Остан'як Ольга Назарівна, учениця 9 класу

Науковий керівник: Війтів Євгеній Павлович, вчитель географії

Радчанський ліцей Івано-франківської міської ради

Пластик, що плаває у воді, завдає шкоди, а його очищення має велике значення. За підрахунками, щохвилини в море потрапляє від 80 до 120 тонн відходів, значна частина яких — пластик [1]. Шляхи потрапляння пластику в океани можливі через різні природні та антропогенні процеси: річковий стік переносить відходи з міських і промислових територій у моря. Частина надходить із прибережних зон, судноплавства, рибальства та аквакультури. Під впливом морських течій і вітрів пластикові відходи поширюються по всій акваторії: найважчі уламки осідають на морському дні, легкі пластикові рештки переносяться течіями, збираючись і накопичуючись у субтропічних гирлах.



Карта забруднення океану

У морі пластик розпадається на мікрочастинки менші за 5 мм. Макропластики, схожі на здобич, накопичуються в шлунках китів, спричиняючи пошкодження та недоїдання. В той час мікропластики, які морські тварини ковтають ненавмисно, забруднюють харчовий ланцюг токсичними металами [2].

Морське сміття також завдає значних економічних збитків прибережним громадам, туризму, рибальству та малому бізнесу. Забруднення пляжів зменшує кількість туристів і доходи, а втрачене рибальське знаряддя спричиняє «примарне рибальство». Програма NOAA, яка підтримала проєкт у окрузі Санта-Клара, наглядно показує чудові результати у боротьбі із цим:

- усунули понад 1,4 мільйона одноразових предметів,
- запобігли утворенню 24 265 фунтів (≈ 11 тонн) відходів,
- зекономили в середньому 6 000 доларів на рік [3].

Дослідження показують, що пластикове забруднення океанів має масштабний екологічний та економічний вплив. Ефективне зменшення забруднення потребує комплексного підходу: регулярного прибирання узбереж, контролю антропогенних стоків та застосування технологій очищення океанів.

«Система 03» (The Ocean Cleanup) базується на використанні циркулюючих течій, які формують зони підвищеної концентрації пластику. Комп'ютерне моделювання визначає ці ділянки, де розміщуються плавучі системи, а алгоритми оптимізують процес збору. Модульна технологія дозволяє розширювати масштаби очищення — від дрібного мікропластику до великих рибальських сіток. Система обладнана засобами спостереження та контролю, які мінімізують ризики для морських організмів. Зібрані відходи перероблюються на нові вироби, що запобігатиме їх повторному потраплянню в океан. Розгортання систем у ключових океанічних вирях забезпечить ефективне очищення, зменшуючи витрати, викиди та екологічні ризики [4].

Поєднання локальних і глобальних заходів дозволить знизити надходження пластику в морські екосистеми та мінімізувати його негативний вплив. Такий підхід є необхідним для збереження морських ресурсів та стійкості океанічних екосистем у довгостроковій перспективі.

Список використаної літератури:

1. Plastic pollution at sea: the seventh continent - *Encyclopedia of the Environment*. TER HALLE Alexandra, PEREZ Emile. (07.02.2019). URL: <https://www.encyclopedie-environnement.org/en/water/plastic-pollution-at-sea-seventh-continent/> (date of access: 23.10.2025).
2. Munier B., Bendell L. I. *Macro and micro plastics sorb and desorb metals and act as a point source of trace metals to coastal ecosystems*. *PLOS ONE*. (14.02.2018). URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0191759> (date of access: 23.10.2025).
3. Marine Debris Program. *Economic-loss from marine debris*. (NOAA). (07.02.2023). URL: <https://marinedebris.noaa.gov/why-marine-debris-problem/economic-loss> (date of access: 23.10.2025).
4. Oceans | *The Ocean Cleanup*. (16.04.2021). URL: <https://theoceancleanup.com/oceans/> (date of access: 23.10.2025).

