

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет аграрних технологій та екології

(повне найменування факультету)

Кафедра екології

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»
Оцінка екологічної безпеки житлових територій
м. Нововолинськ у зоні, прилеглій до шахт**

спеціальність 101 Екологія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Екологія»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ЕОС-41

Пастор Володимир Павлович

(підпис)

Керівник: к.пед.н., доцент
Коробчук Людмила Іванівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту

«__» _____ 20__ р.

к.геогр.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Федонюк Віталіна Володимирівна

(підпис)

Луцьк – 2026 рік

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аграрних технологій та екології

Кафедра екології

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 10 Природничі науки

Спеціальність: 101 Екологія

Освітня програма: «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«___» _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ПАСТОРА Володимира Павловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Оцінка екологічної безпеки житлових територій м. Нововолинськ у зоні, прилеглий до шахт.

Керівник роботи: к.пед.н., доц. Коробчук Л.І.

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» лютого 2026 р. № 102/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Стратегія розвитку Волинської області на період до 2027 року; законодавча база; нормативно-правові акти; фондові матеріали; наукові праці.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Вступ.1. Комплексний аналіз та оцінка техногенного навантаження на довкілля при функціонуванні та закритті вугільних шахт. 2. Оцінка екологічного стану та ризиків у зоні впливу шахт м. Нововолинськ 3. Напрями покращення екологічного стану територій м. Нововолинськ у зоні впливу вугледобувних підприємств. Висновок.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 1. Актуальність теми. 2. Схема територіального розміщення шахт Нововолинського вугільного району. 3. Панорамний вигляд териконів шахт у м. Нововолинськ. 4. Сучасний стан шахт Нововолинського басейну та перспективи використання териконів. 5. Матриця парних порівнянь основних факторів ризику. 6. Кількісні показники екологічної небезпеки житлових територій у зоні впливу діючих та ліквідованих шахт м. Нововолинськ. 7. Схема шляхів покращення екологічного стану м. Нововолинськ у зоні впливу шахт. 8. Висновок.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>1-розділ</i>			
<i>2-розділ</i>			
<i>Висновки</i>			

7. Дата видачі завдання «28» лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Обґрунтування теми</i>	<i>Жовтень 2025</i>	Викон.
2	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	<i>Листопад-Грудень 2025</i>	Викон.
3	<i>Вступ, 1 розділ</i>	<i>Лютий 2026</i>	Викон.
4	<i>2-3 розділи</i>	<i>Березень-Квітень 2026</i>	Викон.
5	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>Квітень 2026</i>	Викон.
6	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>Травень 2026</i>	Викон.
7	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>Травень 2026</i>	Викон.
8	<i>Нормоконтроль</i>	<i>Травень 2026</i>	Викон.
9	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>До 01.06.2026</i>	Викон.
10	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>10.06.2026</i>	Викон.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

(Пастор В.П.)
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

(Коробчук Л.І.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Пастор В.П.: «Оцінка екологічної безпеки житлових територій м. Нововолинськ у зоні, прилеглий до шахт». Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «101» спеціальності Екологія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 3 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

У першому розділі роботи здобувачем проаналізовано техногенне навантаження на навколишнє природне середовище при діяльності та закритті вугільних шахт.

У другому розділі кваліфікаційної роботи проведено оцінку екологічного стану та можливих ризиків у зоні впливу шахт м. Нововолинськ.

Третій розділ присвячений розробці та пропозиціям поліпшення екологічного стану території м. Нововолинськ у зоні впливу вуглевидобувних підприємств.

Ключові слова: техногенне навантаження, вуглевидобування, екологічна безпека, дефляційні процеси, терикони, екологічний ризик, екологічний стан.

ABSTRACT

Pastor V.P.: «Assessment of the environmental safety of residential areas of the city of Novovolysk in the zone adjacent to the mines». Manuscript.

Bachelor's qualification work OP «101» specialty Ecology. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 3 chapters, conclusions and proposals, and a list of sources used (according to the structure of the qualification work approved by the department).

In the first section of the work, the applicant analyzed the man-made load on the environment during the operation and closure of coal mines.

In the second section of the qualification work, an assessment of the environmental condition and possible risks in the zone of influence of the mines of the city of Novovolynsk was carried out.

The third section is devoted to the development and proposals for improving the ecological condition of the territory of the city of Novovolynsk in the zone of influence of coal mining enterprises.

Keywords: technogenic load, coal mining, environmental safety, deflationary processes, waste heaps, environmental risk, environmental condition.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ ТА ЗАКРИТТІ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ.....	10
1.1. Передумови та фактори техногенного впливу вугледобувної галузі на довкілля.....	10
1.2. Формування екологічної небезпеки породних відвалів вугільних шахт та їх вплив на навколишнє середовище.....	14
1.2.1. Дефляційні процеси та їх вплив на ґрунтовий покрив у зонах розміщення териконів.....	18
1.2.2. Джерела та рівні забруднення атмосферного повітря у вугільних регіонах.....	20
1.2.3. Забруднення водного середовища стоками породних відвалів та їх вплив на біоту.....	21
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА РИЗИКІВ У ЗОНІ ВПЛИВУ ШАХТ М. НОВОВОЛИНСЬК.....	24
2.1. Природні умови та особливості розміщення гірничопромислових об'єктів.....	24
2.2. Фізико-хімічна характеристика ґрунтів і стічних вод як чинників екологічного ризику.....	28
2.3. Оцінка сучасного стану шахт і трансформації територій їх розміщення.....	31
2.4. Оцінка екологічних ризиків у зоні впливу шахт (методика та результати).....	35
РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЙ М. НОВОВОЛИНСЬК У ЗОНІ ВПЛИВУ ВУГЛЕДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	44
ВИСОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

ВСТУП

Актуальність теми. Україна має значні запаси кам'яного вугілля, тривала експлуатація яких зумовила формування потужних вугледобувних регіонів, зокрема на території Львівсько-Волинського басейну. Одним із ключових промислових центрів цього регіону є м. Нововолинськ, де тривалий час здійснювався інтенсивний видобуток вугілля, що призвело до суттєвих змін природного середовища.

Функціонування та подальша ліквідація шахт супроводжуються значним техногенним навантаженням на всі компоненти довкілля – атмосферу, гідросферу, літосферу та біоту. У межах міста сформувався комплекс порушених територій, до яких належать породні відвали, шламонакопичувачі, відстійники шахтних вод і деградовані земельні ділянки. У результаті відбувається трансформація природних ландшафтів у техногенні системи з підвищеним рівнем екологічної небезпеки.

Важливим наслідком гірничої діяльності є вилучення значних площ земель із господарського використання, у м. Нововолинськ це пов'язано з розміщенням промислових майданчиків шахт, накопиченням відходів гірничого виробництва та формуванням техногенного рельєфу, що обмежує подальший розвиток територій.

Особливої актуальності проблема набуває у зв'язку з процесами закриття шахт, які супроводжуються припиненням водовідливу, підняттям рівня ґрунтових і шахтних вод, підтопленням територій та активізацією геодинамічних процесів, зокрема просідань земної поверхні. Зони впливу таких процесів часто виходять за межі безпосереднього гірничого виробництва та охоплюють житлову забудову міста.

Додатковим чинником техногенного навантаження є забруднення атмосферного повітря внаслідок пилових виносів із териконів і процесів самозаймання порід, що негативно впливає на здоров'я населення та екологічний стан території.

Сучасний стан вугледобувної інфраструктури м. Нововолинськ характеризується переходом від активного видобутку до етапу часткової ліквідації та постіндустріальної трансформації територій. Це супроводжується накопиченням екологічних ризиків, що потребують системного аналізу та контролю.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває комплексна оцінка екологічного стану та рівня безпеки житлових територій м. Нововолинськ, розташованих у зоні впливу шахт, а також розроблення ефективних природоохоронних заходів.

Об'єкт дослідження – житлові території м. Нововолинськ, розташовані в зоні впливу вугледобувних підприємств та шахтних об'єктів.

Предмет дослідження – екологічний стан і рівень техногенного впливу шахтної інфраструктури на компоненти довкілля житлових територій м. Нововолинськ.

Мета дослідження – провести оцінку екологічної безпеки житлових територій м. Нововолинськ, прилеглих до шахт, визначити основні чинники техногенного впливу та обґрунтувати природоохоронні заходи щодо зниження екологічних ризиків.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати техногенне навантаження на НПС при діяльності та закритті вугільних шахт.
2. Провести оцінку екологічного стану та можливих ризиків у зоні впливу шахт м. Нововолинськ.
3. Розробити та запропонувати шляхи поліпшення екологічного стану території м. Нововолинськ у зоні впливу вуглевидобувних підприємств.

Методи дослідження: У процесі виконання роботи використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження. Метод спостереження використовувався для оцінки стану житлових територій, прилеглих до шахт, а також для аналізу впливу породних відвалів, техногенних водойм і деградованих земель на навколишнє середовище.

Порівняльний метод застосовано при зіставленні рівнів геомеханічного, гідрологічного та аерогенного впливів у межах території дослідження. Статистичні методи та методи узагальнення використовувалися для обробки отриманих результатів, аналізу показників екологічного стану та визначення рівня екологічних ризиків. Для оцінки рівня екологічної небезпеки використано метод експертного оцінювання та елементи методу аналізу ієрархій Сааті, що дозволило визначити вагомість основних факторів техногенного впливу на житлові території м. Нововолинськ та ін.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні комплексу природоохоронних заходів, спрямованих на зниження техногенного навантаження та покращення екологічного стану території м. Нововолинськ.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для оцінки екологічного стану урбанізованих територій, прогнозування техногенних ризиків у межах шахтних зон впливу, а також у навчальному процесі та подальших наукових дослідженнях.

Інформаційна база досліджень: законодавча база; нормативно-правові акти; фондові матеріали; наукові праці

Робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків; містить 62 сторінок тексту, 4 таблиць, 6 рисунків. Список літератури містить 60 найменувань літератури.

РОЗДІЛ 1. КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ ТА ЗАКРИТТІ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

1.1. Передумови та фактори техногенного впливу вугледобувної галузі на довкілля

Вугільна промисловість України є однією з ключових галузей національної економіки, оскільки забезпечує державу власними енергетичними ресурсами та сприяє підтриманню енергетичної безпеки. Вугілля тривалий час залишається важливим видом палива для енергетики та промислового виробництва.

Водночас існує й інша сторона цієї галузі, яка пов'язана з численними труднощами її функціонування. Видобуток вугілля часто здійснюється в складних гірничо-геологічних умовах, що ускладнює виробничі процеси та підвищує їх собівартість. Додатково ситуацію ускладнює застарілий технічний рівень багатьох підприємств, що знижує ефективність роботи та конкурентоспроможність на ринку.

У результаті вугільна галузь України має обмежені можливості для швидкої адаптації до сучасних ринкових умов господарювання. Це зумовлює її значну залежність від державної підтримки, яка є необхідною для забезпечення стабільного функціонування підприємств, модернізації виробництва та поступового підвищення їх економічної ефективності.

Окрім економічних аспектів, важливо враховувати й підвищену небезпечність видобутку вугілля в Україні, що зумовлена складними гірничо-геологічними умовами залягання пластів. Це безпосередньо впливає на рівень виробничого травматизму, який у галузі залишається високим, включаючи випадки з тяжкими та смертельними наслідками. Такі обставини свідчать про необхідність посилення заходів безпеки та модернізації технологічних процесів.

Не менш важливою проблемою є значний негативний вплив вугільної промисловості на довкілля. Процеси видобутку, переробки та подальшого використання вугілля супроводжуються забрудненням атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів. У порівнянні з іншими видами палива, вугілля має більш виражені екологічні ризики, що зумовлює потребу у впровадженні екологічно безпечніших технологій та поступовому переході до альтернативних джерел енергії.

На сьогодні вугільна промисловість України перебуває у складному, близькому до критичного стані. Починаючи з 1996 року в галузі тривають процеси реструктуризації, що супроводжуються, зокрема, поступовим закриттям вуглевидобувних підприємств. Водночас найбільш проблемними аспектами таких змін залишаються їх соціально-економічні та екологічні наслідки, які мають суттєвий вплив як на розвиток регіонів, так і на стан навколишнього середовища [55].

Функціонування вугільних шахт спричиняє просторові та часові порушення геомеханічної рівноваги, а також змінює природний стан прилеглих територій унаслідок видобутку корисних копалин і накопичення гірничих відходів. У процесі видобування та подальшої переробки вугілля відбувається інтенсивний вплив на всі складові довкілля.

Разом із цим негативні наслідки поширюються не лише на природне середовище, але й безпосередньо позначаються на стані здоров'я населення. З огляду на це, питання забезпечення екологічної безпеки проживання людей у районах, прилеглих до вугільних шахт, є однією з ключових проблем в Україні [15; 23-33; 42].

Окрім цього, діяльність підприємств вугільної галузі супроводжується суттєвими порушеннями природного ландшафту на відведених територіях. Загальна площа таких земель перевищує 20 тис га, оскільки значні ділянки зайняті породними відвалами, які істотно змінюють рельєф місцевості.

У зв'язку з вичерпанням експлуатаційних можливостей більшості існуючих відвалів виникає потреба в їх переформуванні, зокрема переході від конічної до більш пласкої форми [19].

Незважаючи на те, що зазначені негативні наслідки неодноразово ставали предметом наукових досліджень, проблема техногенного забруднення довкілля, пов'язаного з діяльністю та ліквідацією вугільних шахт, і досі залишається актуальною та остаточно не вирішеною. Вона потребує комплексного підходу, що передбачає всебічний аналіз наслідків техногенного навантаження, а також оцінку ризиків і ймовірності виникнення нових осередків забруднення.

Питання типізації породних відвалів гірничодобувної промисловості висвітлено у багатьох наукових працях. Зокрема, у роботі Лобова І. М. [45] відображено особливості розташування териконів відносно рельєфу місцевості – в низині, на рівнині, на височині, на схилі.

У науковій праці Сметана С.М. [56] запропоновано екологічну класифікацію техногенних ландшафтів, яка базується на принципах ієрархічної системної оцінки техногенної складової та фасетного підходу до визначення екологічно значущих показників.

Дослідженнями Войни І.М. [16] встановлено, що у процесі видобутку корисних копалин утворюються ландшафти, які відрізняються висотною диференціацією та біорізноманіттям. Зроблено висновок, що складна морфологія новоутворених ландшафтів зумовлює різноманітність місцевостей і урочищ, ярусність і ступінчастість їх територіальної структури, особливості рослинного і тваринного світу.

У роботі Киричка Л.С. [39] зроблено висновок, що класифікація териконів за ступенем стиглості до залісення значно спростить планування, проектування та вирощування захисно-декоративних лісостанів на териконах.

Водночас важливим є визначення ефективних напрямів покращення екологічного стану техногенно порушених територій і впровадження практичних заходів, спрямованих на зменшення та попередження негативного

впливу на навколишнє середовище. Реалізація таких підходів сприятиме досягненню принципів сталого розвитку, підвищенню якості життя населення та покращенню стану здоров'я людей, які проживають у промислово розвинених регіонах.

Вуглевидобувні території України належать до найбільш екологічно напружених регіонів, де істотних змін зазнали як природні, так і природно-господарські системи. У межах таких районів спостерігається значна трансформація ландшафтів, що зумовлена тривалим впливом гірничодобувної діяльності. Складна, а подекуди й критична геоекологічна ситуація характерна і для Нововолинського гірничо-промислового району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Станом на сьогодні тут повністю завершено видобуток вугілля на восьми із десяти шахт, що становить близько 80% від їх загальної кількості. Водночас у західній частині району триває завершальний етап будівництва нового шахтного підприємства № 10 «Нововолинська».

Очевидно, що процеси закриття збиткових шахт і водночас спорудження нових об'єктів супроводжуються суттєвими, а інколи й незворотними змінами природно-господарських систем у межах досліджуваної території, що потребує особливої уваги з екологічної точки зору.

На сьогодні зменшення негативного впливу гірничопромислових комплексів на довкілля здійснюється переважно шляхом очищення та знезараження шахтних стічних вод, скорочення атмосферних викидів, рекультивації порушених земель і часткової утилізації відходів. Проте більшість цих заходів спрямована насамперед на ліквідацію вже наявних наслідків функціонування існуючих технологій видобутку та переробки вугілля, а не на їх попередження через удосконалення самих виробничих процесів.

Як свідчить європейський досвід, виключно за рахунок створення природоохоронних об'єктів повністю розв'язати проблему захисту біосфери від негативного впливу промисловості неможливо. У зв'язку з цим екологічна ситуація в гірничопромислових районах залишається напруженою: триває

накопичення значних обсягів твердих відходів видобутку і збагачення вугілля, а токсичні речовини й надалі надходять у довкілля – через стічні води або у вигляді накопичень у відвалах вугільних шахт [10].

Дослідження геоекологічних проблем Нововолинського гірничопромислового району традиційно здійснювалися переважно фахівцями у галузі геології та геофізики, тоді як географічний підхід застосовувався значно рідше. Водночас на сучасному етапі існує об'єктивна потреба у проведенні комплексних геоекологічних досліджень цього регіону, що зумовлено тривалим і різноспрямованим впливом видобутку кам'яного вугілля на природно-господарські системи.

1.2. Формування екологічної небезпеки породних відвалів вугільних шахт та їх вплив на навколишнє середовище

Важливим наслідком видобування кам'яного вугілля є формування породних відвалів (териконів), які являють собою штучні насипи, утворені внаслідок складування «порожніх» гірських порід, вилучених під час підземної розробки вугільних родовищ.

У процесі тривалої промислово-господарської діяльності на території України накопичено значні обсяги відвальної маси, що обчислюються понад 1 млн м³. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема розроблення та впровадження ефективних технологій утилізації й переробки породних відвалів з метою зниження їх екологічного навантаження.

Залежно від застосованої технології формування відвалів виділяють конічні (терикони), хребтові та плоскі їх різновиди. Найбільш відчутний негативний вплив на природний ландшафт спричиняють саме конічні та хребтові відвали, висота яких у деяких випадках може сягати 110–120 м, що призводить до суттєвої трансформації рельєфу та порушення природних процесів [1; 8; 52]. З огляду на це доцільно більш детально розглянути та проаналізувати основні чинники небезпеки, пов'язані з наявністю відвалів вугільних шахт.

Основними небезпечними процесами породних відвалів є вітрова та водна ерозія, які спричиняють поширення пилу, забруднення повітря, ґрунтів і водних ресурсів.

Ще одним небезпечним процесом, характерним для териконів вугільних шахт, є самозаймання та тривале горіння породної маси. Важливу роль у цьому процесі відіграють мікроорганізми, оскільки вміст сірки у відвалах може досягати близько 10%, з яких значна частка припадає на сульфідну форму (до 85%). Окиснення таких сполук здійснюється за участю тіонових бактерій *Thiobacillus ferrooxidans*, які належать до автотрофних організмів і використовують вуглекислий газ як джерело вуглецю, отримуючи енергію в процесі окиснення сірки та її відновлених сполук. Дослідження показують, що ці мікроорганізми функціонують у широкому діапазоні температур і кислотності, добре пристосовуючись до кислих та вологих умов породної маси.

У процесі життєдіяльності ці мікроорганізми інтенсифікують окиснювальні реакції, які супроводжуються виділенням тепла та поступовим підвищенням температури всередині відвалу. За наявності достатнього доступу кисню це може призводити до самозаймання органічної частини вугілля і розвитку внутрішнього горіння терикону, що є небезпечним як з екологічної, так і з техногенної точки зору [2; 6; 44].

В Україні накопичено значні обсяги відходів, які оцінюються приблизно у 36 млрд тон, що в середньому перевищує 50 тис тон на 1 км² території. При цьому рівень їх утилізації залишається недостатнім: переробляється лише близько 30% промислових і приблизно 4% побутових відходів. Водночас показники утворення, розміщення, переробки та видалення відходів постійно уточнюються. Це пов'язано з удосконаленням критеріїв їх класифікації за видами та класами небезпеки, що дозволяє більш точно оцінювати масштаби проблеми та підходи до її вирішення [46; 54].

Окрім цього, у процесі окиснення виділяються газоподібні сполуки, зокрема вуглекислий газ і оксид нітрогену (IV), який при взаємодії з водою

утворює нітратну кислоту. За умов обмеженого доступу кисню в осередках горіння у складі парогазових викидів можуть бути присутні сірководень, вуглеводні, амоніак і оксид карбону (II), що підсилює їх токсичність.

Продукти реакцій на поверхні відвалів формують мінеральні нальоти та кірки, а частина окиснених сполук переходить в атмосферу, спричиняючи її забруднення [9].

Горіння та окиснення відвальних порід супроводжується виділенням широкого спектра летких речовин. Одним із основних компонентів є водяна пара, яка утворюється як унаслідок випаровування, так і під час вивільнення парової та кристалізаційної води безпосередньо з мінералів і гірських порід. Надалі ці сполуки можуть потрапляти в атмосферу та включатися в процеси атмосферних опадів.

Вода відіграє важливу роль у формуванні нових мінералів, виступаючи мінералоутворювальним середовищем для гідрокарбонатів, фосфатів, карбонатів і сульфатів. Водночас разом із парогазовими викидами з териконів у повітря можуть надходити сполуки токсичних елементів, зокрема миш'яку, кадмію та ртуті, що становить додаткову екологічну небезпеку. Крім того, підвищення температури в осередках окиснення спричиняє термічний розклад органічної частини вугілля, подібний до процесу піролізу. У результаті цього утворюються різноманітні органічні сполуки, серед яких феноли, моноетаноли, нафтопродукти та формальдегіди, що посилює негативний вплив на довкілля [11].

Підвищення вмісту кремнезему, глинозему та оксидів заліза зумовлене їх низькою рухомістю під час окиснення та горіння порід. Унаслідок вимивання більш рухомих компонентів породи поступово набувають пористої структури, а в порах накопичуються легкорозчинні сульфати й гідрокарбонати. На окремих ділянках формуються порожнини, що виникають у результаті вимивання мінеральних утворень та органічної речовини [5-7].

Існуючі терикони, характерні переважно для вугільних шахт, класифікують за їхнім станом і властивостями на кілька типів: негарячі та

нетоксичні; токсичні, що горять (зазвичай до 30 років) і сформовані з неантрацитових порід; а також токсичні антрацитові відвали з інтенсивним і тривалим горінням, яке може перевищувати 20 років.

Фізико-хімічні характеристики поверхневих шарів териконів відзначаються значною мінливістю. Верхній шар породи досить швидко піддається вивітрюванню та змиву атмосферними опадами. Водночас він містить більшість мінеральних елементів, необхідних для живлення рослин, зокрема підвищені концентрації фосфору та калію.

Породна маса териконів містить практично всі хімічні елементи, у тому числі й радіоактивні. Сам терикон являє собою складну природно-техногенну систему, що поєднує гірські породи та різноманітні живі організми - від мікроорганізмів до вищих рослин і тварин, які можуть заселяти його поверхню та схили.

Додаткову небезпеку становить самозаймання відвалів, що виникає під впливом хімічних процесів і діяльності мікроорганізмів та супроводжується викидами парникових газів. Окрім цього, можливе виділення та міграція радіоактивних газів і метану в атмосферу, що посилює екологічні ризики [58].

Науковці Іванов Є. А., Панас Р. М. та Попович В. В. [35; 51; 52] подають рекомендації щодо підвищення безпеки породних відвалів, зокрема: заборона глинистих і сланцевих основ, забезпечення міцної рівної підшви без виходів корисних копалин, пошарове укладання з ущільненням, організація дренажу, сумісне складування вугілля і порід для зниження самонагрівання, а також врахування рельєфу та напрямків вітру. Узагальнення цих підходів показує, що екологічна безпека відвалів забезпечується комплексним проєктуванням і експлуатацією, зокрема підготовкою основи, контролем маси, дренажем і запобіганням самозайманню.

Отже, негативний вплив породних відвалів у межах урбанізованих територій можна узагальнити та систематизувати за кількома основними напрямками:

- зміна гідрогеологічного режиму прилеглих територій, що проявляється у порушенні природного водного балансу;
- хімічне та радіологічне забруднення ґрунтів і стічних вод, а також порушення геологічної, фізичної й механічної рівноваги відвального масиву;
- поширення шкідливих компонентів унаслідок вітрового рознесення та водної ерозії, що призводить до деградації земель і зниження їх родючості;
- сумарний вплив кількох відвалів, особливо тих, що горять, при накладанні зон поширення продуктів горіння;
- негативний вплив на орні землі та кормові угіддя, що знижує їх господарську цінність.

Таким чином, вплив шахтних породних відвалів у межах урбанізованих територій є суттєво негативним для біоти та стану довкілля загалом.

1.2.1. Дефляційні процеси та їх вплив на ґрунтовий покрив у зонах розміщення териконів

Дефляція являє собою процес вітрового впливу, внаслідок якого з поверхні терикону відриваються та переносяться тверді частинки різного розміру. Характер їх переміщення в повітряному потоці, а також відстань осідання від підніжжя відвалу залежать від низки факторів, зокрема місця відриву частинки, її розміру та швидкості вітру.

Процес забруднення прилеглих територій породним матеріалом, що переноситься вітром з поверхні відвалів, доцільно розглядати як сукупність кількох складових. Виділяють три основні процеси: перенесення частинок під час формування відвалу, дефляцію поверхні в період насипання та подальше щорічне вітрове винесення після завершення його формування [7; 53].

Вивітрювання гірських порід супроводжується істотними змінами їхнього мінерального та хімічного складу. При цьому значна частина складових компонентів вилугується водними розчинами та мігрує в

навколишнє середовище, накопичуючись у прилеглих ґрунтах, рослинності, а також у водонасичених ділянках териконів вугільних шахт.

Крім того, процеси пилоутворення і виділення газоподібних шкідливих речовин в атмосферу значно посилюються у разі горіння породних відвалів, що істотно підвищує рівень їх негативного впливу на довкілля.

Негативні геофізичні процеси, пов'язані з наявністю териконів, проявляються у різних формах. Зокрема, значна маса породи створює додаткове навантаження на ґрунти основи, що спричиняє зміну їх фільтраційних властивостей і може впливати на водообмін у прилеглих товщах.

Отже, окрім земель, які безпосередньо втрачаються під відвалами, важливо враховувати й інженерно-геологічні аспекти впливу на прилеглі ґрунти, особливо з огляду на їх сільськогосподарське використання.

Викиди з териконів можуть поширюватися на значні відстані – до кількох сотень метрів, охоплюючи великі території, у тому числі й селітебні зони. Осідаючи на поверхні, компоненти цих викидів спричиняють забруднення ґрунтового покриву та формування так званих ореолів розсіювання.

Найбільшого рівня забруднення зазнають знижені та перезволожені ділянки рельєфу, зокрема заплави річок і балки. Результати екологічного моніторингу ґрунтів у районах, прилеглих до териконів, свідчать про підвищений вміст шкідливих речовин, який нерідко перевищує гранично допустимі концентрації кадмію, арсену, ртуті, свинцю та сульфат-іонів. Основним джерелом такого забруднення виступають численні викиди з породних відвалів [6;13].

Самі терикони, а також сформовані навколо них ореоли розсіювання забруднювачів у ґрунтах виступають джерелами вторинного забруднення водного середовища, зокрема сульфатами та іншими токсичними компонентами. У результаті цього відбувається погіршення якості як поверхневих, так і підземних вод.

1.2.2. Джерела та рівні забруднення атмосферного повітря у вугільних регіонах

Основним джерелом викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є діючі породні відвали, зокрема пласкі негорючі терикони. Безперервна міграція глибинних газів до поверхні супроводжується рухом підземних вод, що зумовлює формування у вугленосних товщах вертикальної газової та пов'язаної з нею гідродинамічної зональності.

У процесі дослідження газоносності та експлуатації вугільних родовищ зазвичай виділяють дві основні газові зони: зону неметанових газів (газового вивітрювання), де переважають гази атмосферного походження, зокрема азот і вуглекислий газ, та зону метанових (вуглеводневих) газів. Для антрацитових родовищ характерним є також виділення зони вуглекислих газів, яка формується внаслідок перетворення метану.

Водночас, поряд із процесами вивітрювання, що відбуваються переважно на поверхні териконів, у їх внутрішніх частинах створюються умови, сприятливі для окиснення порід і подальшого самозаймання, що підсилює негативний вплив на атмосферне середовище.

У цілому природні гази вугленосних відкладень являють собою складні багатокомпонентні суміші, до складу яких входять як вуглеводні (переважно ряду алканів (C_nH_{2n+2})), так і неуглеводневі сполуки - азот, вуглекислий газ, сірководень, інертні гази (передусім гелій і аргон), водень, а в окремих випадках навіть пари ртуті.

За межами зони газового вивітрювання основним компонентом таких газових сумішей є метан, частка якого коливається в межах 70–99%. Окрім нього, можуть бути присутні важкі вуглеводні (від незначних кількостей до 15–20%), азот (від 1–5 до 25–30%) та вуглекислий газ, вміст якого зазвичай не перевищує 1,5–2,0% [34; 37].

Зі збільшенням глибини в межах метанової зони на більшості вугільних родовищ спостерігається зростання частки метану – приблизно від 70 до 90–95%. Водночас на ще більших глибинах його вміст дещо знижується (до 80–

85%), що пояснюється підвищенням частки важких вуглеводнів у складі газової суміші.

Концентрації азоту та вуглекислого газу зазвичай зменшуються з глибиною, тоді як підвищений вміст гелію пов'язують із зонами неглибокого залягання кристалічного фундаменту і тектонічними розломами, а водню – з порушеними структурами та магматичними процесами [3].

1.2.3. Забруднення водного середовища стоками породних відвалів та їх вплив на біоту

В Україні значна увага приділяється дослідженню екологічного стану стічних вод, що формуються на територіях породних відвалів вугільних шахт. Такі дослідження передбачають оцінку їх фізико-хімічних, фізико-механічних і водно-фізичних характеристик, що дозволяє більш повно визначити рівень їх впливу на довкілля.

Загалом виробнича діяльність підприємств вугільної галузі, зокрема шахт, розрізів і теплоелектроцентралей, чинить суттєвий негативний вплив на природне середовище та порушує екологічну рівновагу. Наслідками цього є виснаження і забруднення підземних вод, річок та інших водойм, розташованих поблизу відвалів, а також підтоплення і заболочування прилеглих територій. Крім того, спостерігається значне засолення ґрунтів, що з часом призводить до втрати їх родючості та поступового вилучення земель із сільськогосподарського використання.

Забруднення поверхневого стоку зумовлене вилуговуванням розчинних сульфатів із поверхні відвалів і прилеглих ґрунтів. Водночас підземні води зазнають негативного впливу внаслідок інфільтрації атмосферних опадів, забруднених продуктами вивітрювання та окиснення породної маси. Як свідчать дослідження, у межах міських територій такі води характеризуються підвищеною мінералізацією (понад 2 г/л), значною жорсткістю (більше 15 мг-екв/л) та переважанням сульфатно-натрієвого хімічного складу [12; 14].

Скидання забруднених стічних вод має вкрай негативний вплив на водні ресурси, особливо на малі річки, екологічний стан яких у багатьох випадках наближається до критичного. Водотоки біля відвалів здебільшого є «брудними» або «дуже брудними» через перевищення ГДК забруднювачів.

Результати обстежень, проведених санітарно-епідеміологічними службами, свідчать про незадовільний стан відкритих водойм: понад 60% відібраних проб не відповідають гігієнічним вимогам за хімічними показниками, а майже 40% – за бактеріологічними. Це підтверджує високий рівень антропогенного навантаження на водні екосистеми та потребу у впровадженні ефективних природоохоронних заходів.

Стічні води відвалів мають високу мінералізацію (2–10 г/л, інколи >20 г/л), містять зважені речовини, нафтопродукти, важкі метали та інші токсичні сполуки, тому потребують обов'язкового очищення [17].

Інформація про компонентний склад стічних вод, що утворюються на технологічних відвалах, є важливою для обґрунтованого вибору методів їх очищення, а також для прогнозування можливих змін стану навколишнього середовища під їх впливом. Водночас підбір оптимальної схеми очищення таких вод залишається складним завданням, оскільки значною мірою визначається мінеральним складом води та вмістом механічних домішок.

На більшості вугільних підприємств України стічні води перед скиданням у річки проходять лише базове очищення від завислих частинок і бактеріальних домішок. Загальна потужність таких очисних споруд перевищує 900 млн. м³ на рік.

Висновки до розділу 1:

1. Наслідки гірничодобувної діяльності проявляються у трансформації компонентів довкілля, які безпосередньо формують середовище життєдіяльності населення.

2. Терикони (вид твердих промислових відходів) не лише займає значні площі, але й виступає комплексним джерелом негативного впливу на навколишнє середовище.

3. Вугільна промисловість в Україні має також і негативну сторону – вплив на складові навколишнього природного середовища.

РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА РИЗИКІВ У ЗОНІ ВПЛИВУ ШАХТ М. НОВОВОЛИНСЬК

2.1. Природні умови та особливості розміщення гірничопромислових об'єктів

Нововолинськ – місто обласного значення у Волинській області України, розташоване на південному заході регіону, поблизу державного кордону з Польщею (близько 15 км) та на відстані приблизно 90 км від кордону з Білоруссю. Площа міста становить близько 17 км², а чисельність населення згідно даних Нововолинської міської територіальної громади станом на 2025 рік перевищує 50 тис осіб [50]. Місто має вигідне транспортне положення, зокрема через близькість до залізничної станції Іваничі на лінії Червоноград-Володимир.

Територія Нововолинська розташована в межах Малого Полісся Західноукраїнської лісостепової фізико-географічної провінції. Рельєф переважно хвилясто-рівнинний із загальним нахилом у північному напрямку. Для регіону характерна значна заболоченість, наявність численних понижень рельєфу, а також ділянок із близьким заляганням ґрунтових вод. У цілому природні умови відзначаються підвищеною вологістю та слабкою дренаваністю території.

Клімат району помірно-континентальний із відносно м'якою зимою, тривалою вологою весною, нежарким і дощовим літом та теплою, порівняно сухою осінню. Середньорічна температура становить близько 4,1 °С, опадів – до 648 мм. Переважають атлантичні повітряні маси, що зумовлюють високу вологість, часті опади та нестійку погоду.

Кліматичні умови значною мірою впливають на екологічний стан території, зокрема на інтенсивність міграції забруднюючих речовин. Рівень забруднення атмосфери визначається напрямком і швидкістю вітру, умовами

розсіювання домішок, сонячною радіацією та кількістю опадів, що сприяють їх вимиванню з повітря.

Додатковий екологічний вплив пов'язаний із гірничопромисловою діяльністю регіону. На території Нововолинського гірничопромислового району значну роль відіграють процеси взаємодії атмосферних опадів із породними відвалами вугільних шахт. Дощові та талі води спричиняють хімічні реакції між гідрокарбонатами та сульфатами, що активізує міграцію забруднюючих компонентів. Встановлено, що з одного породного відвалу підтериконові стічні води можуть вимивати понад 400 т/рік небезпечних речовин, що суттєво підсилює техногенне навантаження на довкілля [57].

Гідрологічна ситуація в регіоні також є складною. Болота та перезволожені землі займають близько 650 га території. На окремих ділянках спостерігається підняття рівня ґрунтових вод до поверхні, а інколи навіть формування водного дзеркала, яке за рівнем може бути нижчим або співставним із рівнем вод у місцевих річках, таких як Рата та Солокія. Це ускладнює природне водовідведення та сприяє розвитку процесів підтоплення.

Наслідком таких умов є деградація значних площ земель. Близько 40 га підтоплених територій уже трансформовано у водні об'єкти (озера), а ще приблизно 260 га характеризуються просіданням ґрунтів і стійким високим рівнем ґрунтових вод поблизу поверхні. Таким чином, орієнтовно 300 га земель у межах досліджуваного району є фактично непридатними для подальшої рекультивації, що свідчить про значний рівень антропогенної трансформації ландшафтів [38].

На стан атмосферного повітря додатково впливають як природні, так і техногенні фактори. Відсутність великих водних об'єктів у регіоні також зумовлює значні добові та сезонні коливання температури.

Таким чином, клімат м. Нововолинськ формується як результат взаємодії кількох ключових чинників: положення на Східно-Європейській рівнині, що не створює природних бар'єрів для повітряних мас, вільного

проникнення арктичного та тропічного повітря, а також активної циклонічної діяльності з боку Атлантики і Середземномор'я. У сукупності це зумовлює нестійкість погодних умов, часту зміну повітряних мас, підвищену вологість і значну мінливість кліматичних показників протягом року.

Розташування шахт Нововолинського гірничопромислового району представлено на рис. 2.1.



Рисунок 2.1– Схема територіального розміщення шахт Нововолинського вугільного району (побудовано автором на основі:

<https://volyn.2ua.org/lutsk/mapa/google/>)

Аналіз карти показує, що вугледобувні підприємства зосереджені переважно в межах південно-західної частини території та формують відносно компакту просторову структуру. Їх розміщення зумовлене геологічною будовою району, зокрема поширенням вугленосних пластів, а також особливостями транспортної інфраструктури.

Простежується групування шахт поблизу м. Нововолинськ і прилеглих територій, що сприяє формуванню локальних зон підвищеного техногенного

навантаження. Взаємне розташування підприємств обумовлює кумулятивний вплив на компоненти довкілля, зокрема атмосферне повітря, ґрунти та водні ресурси.

У межах Нововолинського гірничопромислового району розташовано 24 терикони. Кліматичні умови формуються під впливом зазначених повітряних мас і характеризуються нестійкою погодою, високою вологістю та значним рівнем опадів. Дослідження териконів (рис.2.2–2.5) показали, що підтериконові стічні води негативно впливають на стан біоти, що свідчить про суттєвий екологічний тиск породних відвалів на довкілля.



Рисунок 2.2 – Панорамний вигляд териконів шахти № 9 у м. Нововолинськ
(Подано за: <https://surl.li/fxtapm>)



Рисунок 2.3 – Панорамний вигляд териконів шахти № 2 у м. Нововолинськ
(Подано за: <https://surl.li/fxtapm>)



Рисунок 2.4 – Панорамний вигляд териконів шахти № 4 у м. Нововолинськ
(Подано за: <https://surl.li/fxtapm>)



Рисунок 2.5 – Панорамний вигляд териконів шахти № 6 у
м. Нововолинськ (Подано за: <https://surl.li/fxtapm>)

У сукупності природно-кліматичні та техногенні чинники формують складну екологічну ситуацію в межах Нововолинського гірничопромислового району, що потребує системного підходу до оцінки стану довкілля та впровадження заходів із мінімізації негативного впливу [5-7].

2.2. Фізико-хімічна характеристика ґрунтів і стічних вод як чинників екологічного ризику

Фізико-хімічні дослідження субстратів у межах Нововолинського гірничопромислового комплексу [36] показали, що вміст оксидів заліза є найбільшим у середніх (елювіальних) горизонтах і зменшується до материнської породи, що зумовлено процесами опідзолювання. Розподіл важких металів у ґрунтах є нерівномірним через порушення генетичних горизонтів, зміну кислотності та техногенний вплив. Низька поглинаюча

здатність і висока пористість ґрунтів сприяють вимиванню важких металів у глибші шари.

На сьогодні фізико-хімічні властивості стічних вод із відвалів Нововолинського гірничопромислового району досліджені недостатньо. Водночас встановлено, що водна ерозія сприяє розширенню площ відвалів, а самі стічні води характеризуються високою мінералізацією (2–10 г/л, інколи понад 20 г/л), бактеріальним забрудненням, значним вмістом завислих речовин (20–500 мг/л), нафтопродуктів і важких металів. Такий склад унеможливорює їх використання без спеціального очищення та демінералізації [17]. Наразі на більшості підприємств шахтні води очищаються лише від механічних і бактеріальних домішок, що є недостатнім.

Водночас у межах Нововолинського гірничопромислового району забруднені шахтні води й надалі скидаються у річки Західний Буг і Студянка, а накопичення відходів на їх берегах змінює гідрохімічний і гідродинамічний режими. Вода характеризується підвищеною кислотністю (рН 2,3–3,1), високим вмістом сполук заліза, сульфатів і кремнію. Тривалий скид неочищених вод знижує здатність водойм до самоочищення, сприяє накопиченню намулу та утворенню небезпечних хімічних сполук.

Однією з ключових властивостей едафотопів промислових відвалів, що ускладнює заселення їх рослинністю, є фітотоксичність породної маси. У териконах Нововолинського гірничопромислового району вона зумовлена насамперед засоленням і високою концентрацією водорозчинних солей, тісно пов'язаних із рівнем рН. Основним показником засоленості є вміст сульфат-іонів (SO_4^{2-}). Додатково фітотоксичність посилюється значною кількістю розчинних сполук і грубим, кам'янистим гранулометричним складом, що створює несприятливі умови для росту рослин [20].

Ситуація набуває особливої актуальності з огляду на те, що Львівсько-Волинський вугільний басейн розташований поблизу Головного Європейського вододілу. Саме тут формуються річкові системи, що належать до басейнів Чорного та Балтійського морів, зокрема бере початок річка

Західний Буг. Позабалансові запаси кам'яного вугілля в регіоні перевищують 0,4 млрд т, а серед основних родовищ виділяють Міжріченське, Забузьке, Волинське, Сокальське, Тягловське та Карівське [20].

За даними наукових досліджень [40], стічні води з технологічних відвалів Нововолинського гірничопромислового району характеризуються високим вмістом солей, насамперед сульфат-іонів. Підвищена мінералізація формується внаслідок руху води до водозбірників та її взаємодії з породами відвалів. У процесі фільтрації вона збагачується продуктами руйнування гірських порід і вугілля, зокрема сульфатами та солями лужноземельних елементів. Проходячи відпрацьовані простори та накопичуючи мінеральні й механічні домішки, така вода набуває нових фізико-хімічних властивостей, що суттєво впливають на стан довкілля.

При загальній характеристиці стічних вод із технологічних відвалів Нововолинського гірничопромислового району важливо враховувати кислотно-лужний показник (рН), який суттєво визначає їх фізико-хімічні властивості. Експериментальні дані щодо мінеральних солей дозволяють обґрунтовано обрати ефективні методи очищення та прогнозувати вплив стічних вод на довкілля. [43].

На початковому етапі освоєння Нововолинського гірничопромислового району річкові води характеризувалися низькою мінералізацією та незначним вмістом завислих речовин. За хімічним складом вони належали до гідрокарбонатно-кальцієвого та гідрокарбонатно-натрієво-кальцієвого типів із мінералізацією 0,4–0,6 г/дм³. У складі переважали гідрокарбонати (близько 300 мг/дм³) при незначному вмісті сульфатів (до 30 мг/дм³), а сезонні коливання показників не виходили за межі ГДК. Води були близькими до нейтральних (рН $\approx$ 7), помірно жорсткими, з підвищеним вмістом барію та заліза і низькою концентрацією фтору.

У період будівництва шахт найбільші обсяги водоприпливу спостерігалися на шахтах №9 (до 70 м³/год), №4 (40 м³/год) та №2 (30 м³/год). Обводнення гірничих виробок формувалося за рахунок підземних вод із

глибин понад 10–15 м, а також вод, що надходили із затоплених старих виробок [6; 47; 52].

Нині можна стверджувати, що від початку видобутку кам'яного вугілля в Нововолинському гірничопромисловому регіоні екологічний стан істотно погіршився. Це зумовлено формуванням масштабних породних відвалів, накопиченням значних обсягів відходів, недостатнім моніторингом порушених земель і процесами закриття шахт.

Відвальні породи містять значну кількість мінеральних компонентів, здатних до самозаймання, що спричиняє низку негативних наслідків: ускладнення рекультивації через загибель рослинності, розвиток зсувних процесів, локальне підвищення температури та інтенсивні викиди пилу і твердих частинок в атмосферу.

Аналіз екологічної ситуації, пов'язаної з поширенням підтериконових стічних вод у біосферу від породних відвалів шахт № 2, 4 та 9, свідчить про наявність суттєвого техногенного навантаження на довкілля. Наразі на цих підприємствах відсутня повноцінна зливово каналізація, тому дощові та талі води з поверхонь відвалів і промислових майданчиків безперешкодно стікають у понижені ділянки рельєфу, потрапляючи на сільськогосподарські угіддя та у поверхневі води басейну річки Західний Буг.

Для шахт Нововолинського гірничопромислового району також характерні значні водоприпливи до основних і підготовчих гірничих виробок, що зумовило необхідність організації збору та часткового відведення стоків по периметру відвалів за допомогою водовідвідних каналів [6; 9; 59].

2.3. Оцінка сучасного стану шахт і трансформації територій їх розміщення

У м. Нововолинськ історично сформувався потужний вуглевидобувний комплекс, до складу якого входила низка шахт, розташованих у межах міста та на прилеглих територіях. Упродовж останніх років більшість із них припинили видобуток або перебувають на етапі ліквідації, що суттєво змінило

як функціонально-планувальну структуру міста, так і екологічний стан прилеглих територій.

Відомості щодо функціонування, сучасного стану та просторового розташування шахт Нововолинського вугільного району, а також перспектив подальшого використання териконів узагальнено та систематизовано у вигляді таблиці (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 – Сучасний стан шахт Нововолинського басейну та перспективи використання териконів*

№ п/п	Шахта	Сучасний стан та околиці (територія навколо шахти)	Рік припинення видобутку вугілля	Дата ліквідації, виконані роботи	Перспективи териконів шахт у майбутньому
1	2	3	4	5	6
1.	«Бужанська»	діюча, с. Бужанка, розташована у 8-9 км від житлових районів м. Нововолинськ	-	-	-
2.	№ 1	нефункціонуюча та перебуває у занедбаному стані, житловий масив м. Нововолинськ	2016	2023, більшість споруд зруйновані або демонтовані, терикони нерекультивована, поступово заростають самосівом	-
3.	№ 2	нефункціонуюча, житловий масив та промислова зона м. Нововолинськ	2000	2015, повністю ліквідована, терикони нерекультивована, поступово заростають самосівом	майданчик для нових індустріальних об'єктів або сонячних електростанцій
4.	№ 3	нефункціонуюча, інфраструктура використовується для відкачування шахтних вод, щоб запобігти затопленню сусідніх діючих шахт (№9 та «Бужанської») та просіданню ґрунту в місті. житловий масив та інфраструктурні об'єкти	1998	офіційно не ліквідована через необхідність підтримання водовідливних систем для всього вугільного басейну, поступово заростають самосівом	майданчик для індустріального парку

1	2	3	4	5	6
5.	№ 4	нефункціонуюча, промислова зона м. Нововолинськ	1999	2012, нерекультивована, поступово заростають самосівом	-
6.	№ 5	нефункціонуюча, більшість промислових споруд уже знесено, але зберігся характерний закинутий адмінкорпус, житловий район с. Грибовиця розташована у 8-9 км від житлових районів м. Нововолинськ	2015	2020, стабілізовано без рекультивації	терикон шахти розглядався, як потенційна сировинна база для виробництва цементу
7.	№ 6	нефункціонуюча, наземні споруди прийшли в занепад, терикон розташований на відстані менше 300-400 метрів від житлових будинків район с. Грибовиця – с. Благодатне, розташована у 8-9 км від житлових районів м. Нововолинськ	1997	2012, часткова технічна рекультивація, присутнє природнє заростання	надання у користування з метою переробки техногенних родовищ (виявлено підвищений вміст рідкісного металу — галію)
8.	№ 7	нефункціонуюча, будівлі перебувають у напівзруйнованому або законсервованому стані, житловий район с. Литовеж, розташована у 8-9 км від житлових районів м. Нововолинськ	1997	2013, нерекультивована, поступово заростають самосівом	у 2021 році передано приватній фірмі для подальшої утилізації та вилучення корисних компонентів
9.	№ 8	нефункціонуюча, розташована в 1-1,5 км від житлових районів м. Нововолинськ	2003	2010, нерекультивована, поступово заростають самосівом	розглядається можливість включення териконів до туристичних маршрутів як "візитівок" вугільного краю
10.	№ 9 Нововолинська	діюча, перебуває в процесі підготовки до приватизації або передачі майна громаді, с. Литовеж, розташована у 8-9 км від житлових районів м. Нововолинськ	-	передбачається рекультивація	частковий демонтаж для використання породи в будівництві доріг
11.	№ 10	на етапі будівництва понад 35 років, включено до переліку на приватизацію, с. Поромів, розташована у 6 км від житлових районів м. Нововолинськ	-	-	-

*Сформовано автором за джерелами [6–8; 11; 14; 16; 19; 35; 36; 41; 47; 50; 58]

Аналіз даних таблиці 1.1 свідчить про те, що станом на сьогодні фактично діючі повноцінні шахти безпосередньо в межах міста відсутні. Серед об'єктів, які умовно можна віднести до «живих», варто виділити шахту №9 «Нововолинська», яка територіально розташована поблизу села Литовеж. Вона формально існує, однак перебуває на стадії закриття або консервації та фактично є «замороженим» об'єктом. Також відносно стабільним підприємством залишається шахта «Бужанська», розташована в районі села Бужани, хоча й там стикаються з економічними труднощами.

Основна частина шахтного фонду представлена закритими або ліквідованими підприємствами. До них належать шахти №1-№8 «Нововолинські», більшість з яких повністю припинили роботу, частково затоплені або пройшли неповну рекультивацію. Окремо варто виділити шахту №10 «Нововолинська», розташовану поблизу селища Благодатне, яка є недобудованим об'єктом із проблемним статусом. Особливістю просторового розміщення є те, що значна частина старих шахт (№1–№8) сьогодні фактично опинилася в межах міської забудови внаслідок її розширення.

Для ліквідованих шахт № 4 (вплив на промислові території) та №№ 6, 7 (вплив на сільськогосподарські угіддя) характерний середній рівень екологічного навантаження. Інтенсивність впливу породних відвалів на промислові зони значною мірою визначається специфікою виробничих процесів, станом інфраструктури, метеорологічними умовами регіону та дотриманням вимог охорони праці. У цьому контексті слід відзначити потенційні ризики для здоров'я працівників, які перебувають у зоні впливу протягом значного часу (приблизно 40–50 годин на тиждень).

Сільськогосподарські угіддя, як об'єкти екологічного аналізу, мають особливе значення, оскільки вони безпосередньо пов'язані з виробництвом харчової продукції для населення та кормів для тваринництва.

Сучасний стан територій ліквідованих шахт характеризується значною трансформацією. Більшість із них представлені частково зруйнованими виробничими спорудами, зарослими промисловими майданчиками або

використовуються під склади, станції технічного обслуговування та малі підприємства. Окремі ділянки залишаються занедбаними пустирями. Водночас інфраструктура шахти №3 виконує важливу функцію відкачування шахтних вод, що дозволяє запобігати затопленню суміжних територій і виробок.

2.4. Оцінка екологічних ризиків у зоні впливу шахт (методика та результати)

Для кількісного визначення рівня екологічної безпеки житлових територій, що знаходяться в зоні впливу вугледобувних підприємств Волинського басейну, використаємо підхід, заснований на розрахунку інтегрального показника екологічного ризику (R_{int}). Такий показник дозволяє комплексно оцінити сукупний вплив різних факторів на стан довкілля та умови проживання населення.

Методика розрахунку базується на поєднанні експертної інтерполяції в межах характерних зон впливу шахт із застосуванням методу аналізу ієрархій (MAI) Т. Сааті, що дає можливість визначити вагомість окремих чинників і підвищити обґрунтованість отриманих результатів [60].

Комплексна оцінка небезпеки формується шляхом підсумовування окремих компонентів ризику, кожен з яких характеризує специфічний напрям антропогенного навантаження на екосистему регіону за формулою 2.1:

$$R_{int} = \omega_g \cdot R_g + \omega_w \cdot R_w + \omega_a \cdot R_a \quad (2.1.) [60]$$

де R_g (геомеханічний ризик) – імовірність деформації земної поверхні, утворення мильд осідання та пошкодження будівельних конструкцій;

R_w (гідрологічний ризик) – імовірність підтоплення підвальних приміщень та забруднення підземних водоносних горизонтів мінералізованими шахтними водами;

R_a (аерогенний ризик) – імовірність пилового забруднення від териконів та неконтрольованої міграції шахтних газів (метану).

ω_g , ω_w , ω_a – вагові коефіцієнти відповідних чинників.

Ключові фактори впливу для м. Нововолинськ доцільно згрупувати у три основні домени, які формують рівень ризику для населення:

1. Геомеханічний ризик (осідання поверхні) для м. Нововолинськ цей показник є одним із визначальних, оскільки значна частина житлової забудови розташована в межах або поблизу відпрацьованих шахтних полів, що підвищує ймовірність деформацій земної поверхні.

2. Гідрологічний ризик (якість води та підтоплення) характеризується погіршенням якості водних ресурсів, зокрема підвищеною мінералізацією шахтних вод, яка в окремих випадках перевищує нормативні значення у 2–5 разів (за вмістом сульфатів, хлоридів, сполук заліза). Додаткову небезпеку становить ризик підтоплення територій, що оцінюється за рівнем підйому ґрунтових вод, особливо у разі припинення роботи водовідливних систем.

3. Газохімічний та аерогенний ризик пов'язаний із пиловим забрудненням атмосферного повітря та можливими процесами самозаймання породної маси у териконах. Зокрема, для шахти № 6 відстань до житлової забудови становить лише 280–410 м, що обумовлює підвищену небезпеку та потребує врахування високого вагового коефіцієнта при оцінці ризику. Важливим індикатором також є метан, який може накопичуватися у підвальних приміщеннях, особливо в межах тектонічно порушених зон.

Крім того, відповідно до проведених у даній роботі досліджень, для розрахунку екологічних ризиків доцільно зазначити специфічні показники, характерні для м. Нововолинськ:

- мінералізація шахтних вод для регіону типовим є сульфатно-хлоридний склад вод (у разі перевищення рівня 2,5–3,0 г/дм³ коефіцієнт ризику R_w переходить у категорію високого значення, що свідчить про суттєву загрозу для водного середовища);
- кути зсування порід для Волинського вугільного басейну вони мають свої особливості, зумовлені підвищеною обводненістю надр (у

результаті зона впливу, так звана мульда осідання, є ширшою порівняно з умовами сухих масивів);

- стан териконів, більшість відвалів у межах міста частково озеленені, що сприяє зниженню пилового навантаження (зменшенню показника R_a), водночас вони залишаються джерелом вторинного засолення ґрунтів та інших негативних впливів.

Розрахунок екологічних ризиків для окремих шахт м. Нововолинськ за методом експертної інтерполяції передбачає поєднання фактичних техногенних показників із відповідними ваговими коефіцієнтами. При цьому кожен показник оцінюється за шкалою від 0,0 (безпечний стан) до 1,0 (критичний рівень ризику).

Застосування методу аналізу ієрархій (MAI) Т. Сааті дозволяє формалізувати експертні оцінки шляхом перетворення їх у кількісні ваги, що використовуються в моделі ризику для м. Нововолинськ. З огляду на те, що у гірничо-екологічних дослідженнях геомеханічні та гідрологічні чинники вважаються найбільш значущими для житлових територій, доцільно сформувати матрицю парних порівнянь для трьох ключових критеріїв, використовуючи шкалу Сааті від 1 до 9, де 1 означає рівнозначність, а 9 – абсолютну перевагу одного чинника над іншим.

Для побудови матриці парних порівнянь за методом Сааті приймаємо такі співвідношення між основними факторами ризику:

- геомеханічний ризик (R_g) порівняно з гідрологічним (R_w): геомеханічний чинник має дещо більшу вагу з огляду на прямий вплив на стійкість будівель і споруд – приймається значення 2;
- геомеханічний ризик (R_g) порівняно з аерогенним (R_a): геомеханічний вплив є значно важливішим, оскільки пов'язаний із деформаціями земної поверхні – приймається значення 5;
- гідрологічний ризик (R_w) порівняно з аерогенним (R_a): вплив водного фактора переважає над пиловим забрудненням – приймається значення 3.

На основі цих оцінок сформуємо матрицю парних порівнянь, яку надалі використаємо для розрахунку вагових коефіцієнтів у моделі екологічного ризику (табл.2.1).

Таблиця 2.2 – Матриця парних порівнянь основних факторів ризику*

Критерій	Геомеханіка (R_g)	Гідрологія (R_w)	Аерогенний вплив (R_a)
Геомеханіка	1	2	5
Гідрологія	0,5	1	3
Аерогенний вплив	0,2	0,33	1
Сума	1,7	3,33	9

*Розраховано автором

Гідроекологічні ризики (підтоплення) у м. Нововолинськ є значними, однак геомеханічні процеси (провали, деформації) становлять більшу пряму загрозу для населення, тому гідрологічний ризик є менш вагомим.

Водночас у ширшому екологічному контексті вплив гідрологічного чинника є більш масштабним, ніж аерогенний. Забруднення підземних вод і особливості шахтного водовідливу можуть мати значні наслідки для екосистем, зокрема спричиняти поширення забруднень за межі регіону, наприклад у басейні річки Західний Буг. У зв'язку з цим гідрологічний фактор приймається приблизно у три рази більш значущим порівняно з повітряним впливом.

Аерогенний чинник у досліджуваному регіоні є відносно найменш критичним. Це пояснюється тим, що більшість териконів у місті є старими та частково озелененими, що сприяє природній стабілізації поверхні та зменшенню інтенсивності пиловиділення. Крім того, шахти басейну характеризуються нижчою газоносністю (зокрема за метаном) у порівнянні з іншими вуглевидобувними регіонами. Аерогенний вплив переважно має хронічний характер, тоді як геомеханічні та гідрологічні процеси можуть спричиняти раптові небезпечні ситуації (просідання, підтоплення), тому аерогенний фактор оцінюється як найменш вагомий.

Після виконання нормування матриці парних порівнянь кожен елемент стовпця ділиться на суму відповідного стовпчика, після чого для кожного рядка визначається середнє арифметичне значення. Таким чином отримуються вагові коефіцієнти (ω_i), що відображають відносну значущість кожного з факторів у загальній моделі ризику. Отримані результати розрахунку мають такий вигляд:

- ω_g – (геомеханічний ризик) $\approx 0,58$;
- ω_w – (гідрологічний ризик) $\approx 0,31$;
- ω_a – (аерогенний ризик) $\approx 0,11$.

Перевірка показує, що сума вагових коефіцієнтів становить:

$$0,58 + 0,31 + 0,11 = 1,00$$

що підтверджує коректність виконаного нормування та розрахунків.

Отримані значення вагових коефіцієнтів відповідають експертно заданим парним порівнянням та є узгодженими.

Для виконання розрахунків показників R_g , R_w , R_a використовується метод експертної інтерполяції, який базується на узагальненні фактичного стану гірничих виробок, гідрогеологічних умов та просторового розміщення об'єктів відносно житлової забудови м. Нововолинськ, розглянутих у межах даного дослідження, що узагальнено представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Оцінка складових екологічного ризику для шахт м. Нововолинськ*

Шахта	Короткий опис згідно проведеного дослідження та аналізу	R_g	R_w	R_a
1	2	3	4	5
Бужанськ а	Максимальне значення. Пов'язане з активним очисним вийманням вугілля, що спричиняє динамічні зсуви гірських порід та формування мульд осідання в реальному часі.	0,85		
	Помірний ризик. Водовідлив працює стабільно, але великі обсяги мінералізованої води постійно скидаються в поверхневі водойми.		0,50	
	Високий рівень пилоутворення через активну роботу сортувальних комплексів та транспортування вугілля.			0,60

1	2	3	4	5
№1	Низький ризик. Основні процеси зсування порід завершилися понад 10 років тому, масив перебуває у стані відносної рівноваги.	0,25		
	Високий ризик. Підйом шахтних вод до природних рівнів спричиняє підтоплення фундаментів будівель у прилеглих районах та зміну хімічного складу ґрунтових вод.		0,70	
	Низький ризик. Терикон повністю озеленений, пиловий вплив практично відсутній.			0,20
№2	Ризик просідання низький, але через старість виробок (середина ХХ ст.) можливі локальні деформації в місцях виходу стволів на поверхню.	0,25		
	Дуже високий ризик. Розташована в межах міської забудови, підйом шахтних вод призводить до затоплення комунікацій та підвалів.		0,80	
	Ризик відсутній.			0,00
№3	Ризик просідання низький, але через старість виробок (середина ХХ ст.) можливі локальні деформації в місцях виходу стволів на поверхню.	0,30		
	Дуже високий ризик. Розташована в межах міської забудови, підйом шахтних вод призводить до затоплення комунікацій та підвалів.		0,75	
	Ризик відсутній.			0,00
№4	Стабільний стан, оскільки шахтне поле розташоване переважно за межами багатоповерхової забудови.	0,25		
	Помірний вплив на ґрунтові води.		0,70	
	Вплив відсутній.			0,00
№5	Помірний ризик. Вище, ніж на №1, через наявність природних розломів, які можуть активізуватися під впливом води.	0,35		
	Дуже високий ризик. Шахта знаходиться в зоні інтенсивного водообміну; існує пряма загроза забруднення джерел питного водопостачання		0,80	
	Помірний ризик. Через тектонічні порушення можлива міграція залишків метану на поверхню (у підвали житлових будинків).			0,35
№6	Дещо вищий показник через складну структуру відпрацьованих пластів під промисловою зоною.	0,35		
	Ризик незначний.		0,20	
	Це найвищий показник серед усіх ліквідованих шахт. Її терикон розташований на відстані менше 300-400 метрів від житлових будинків. Це створює постійне пилове навантаження та ризик міграції газів з тіла терикона.			0,65
№7	Станом на сьогодні це одна з найбільш «спокійних» шахт. Вона розташована на периферії, а її вплив на екосистему міста встиг мінімізуватися за десятиліття після закриття.	0,10		
			0,10	
				0,00
№8	Ризик незначний.	0,10		
	Шахта розташована в географічно низьких відмітках. При затопленні шахтного поля вода накопичується саме тут, що створює загрозу «витискання» сильномінералізованих вод у поверхневі джерела та колодязі мешканців навколишніх сіл.		0,85	
	Ризик відсутній.			0,00

1	2	3	4	5
№9 Нововол инська	Високий ризик. Хоча активний видобуток згортається, масив залишається нестабільним, а старі виробки під містом продовжують деформуватися.	0,75		
	Підвищений ризик. Головна загроза — критичний стан насосного обладнання та борги за електроенергію, що створює ризик раптового затоплення.		0,65	
	Середній ризик. Зменшення обсягів видобутку знижує запиленість, але терикон залишається активним джерелом впливу.			0,45

*Розраховано автором

Такий підхід передбачає врахування реальних техногенних і природних умов території та дозволяє отримати узгоджені оцінки рівнів ризику для кожного з досліджуваних факторів у контексті сформованої екологічної ситуації.

Інтегральний екологічний ризик для шахт м. Нововолинськ розраховується шляхом підстановки визначених вагових коефіцієнтів у узагальнену модель, що дозволяє врахувати внесок кожного з основних чинників впливу:

$$R_{int} = 0,58 \cdot R_g + 0,31 \cdot R_w + 0,11 \cdot R_a$$

Отримані значення інтегрального екологічного ризику для об'єктів вуглевидобутку, розраховані на основі методу аналізу ієрархій Т. Сааті та експертної інтерполяції, узагальнено наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. – Кількісні показники екологічної небезпеки житлових територій у зоні впливу діючих та ліквідованих шахт м. Нововолинськ*

Шахта	Інтегральний показник екологічного ризику, R_{int}	Ступінь ризику
Бужанська	0,714	високий
№1	0,384	середній
№2	0,393	середній
№3	0,407	середній
№4	0,362	середній
№5	0,490	середній
№6	0,337	середній
№7	0,089	низький
№8	0,322	середній
№9 Нововолинська	0,686	високий

*Розраховано автором

Розраховані ризики інтегрального екологічного ризику свідчать про суттєву диференціацію шахт за рівнем впливу на довкілля. До групи з високим рівнем ризику віднесено шахти Бужанська ($R_{int} \approx 0,714$) та №9 «Нововолинська» ($R_{int} \approx 0,686$), що обумовлено поєднанням інтенсивних геомеханічних деформацій та підвищеної гідрологічної небезпеки. Дані об'єкти характеризуються найбільш критичним впливом на стан навколишнього природного середовища та потребують першочергового екологічного моніторингу.

Більшість досліджуваних шахт (№1–№6 та №8) віднесено до середнього рівня екологічного ризику, що вказує на наявність локальних техногенних впливів, які, однак, не формують критичної екологічної ситуації. Найнижчий рівень ризику зафіксовано для шахти №7 ($R_{int} \approx 0,089$), що пояснюється тривалим періодом після припинення її експлуатації та частковою природною стабілізацією техногенно порушених територій.

Висновки до розділу 2:

1. У результаті дослідження встановлено, що Нововолинський гірничопромисловий район характеризується складними природно-географічними умовами, зокрема підвищеною вологістю, заболоченістю та нестійкими ґрунтово-гідрологічними процесами, що підсилює чутливість території до техногенного впливу.

2. Аналіз структури шахтного фонду показав, що більшість підприємств є ліквідованими або перебувають у стані закриття, при цьому значна їх частина розташована поблизу житлової забудови, що формує локальні зони екологічного ризику.

3. Встановлено погіршення фізико-хімічного стану ґрунтів і шахтних вод, зокрема підвищену мінералізацію, кислотність та вміст забруднюючих речовин. Породні відвали є джерелом пилового навантаження, засолення ґрунтів і ерозійних процесів.

4. Розрахунок інтегрального екологічного ризику на основі методу Сааті показав домінування геомеханічних і гідрологічних чинників. Найвищий рівень ризику характерний для шахт, розташованих у межах або поблизу житлової забудови, тоді як для віддалених і давно законсервованих об'єктів ризик є нижчим.

5. Узагальнюючи, можна стверджувати, що екологічна ситуація в Нововолинському гірничопромисловому районі формується під впливом кумулятивної дії геомеханічних, гідрологічних та аерогенних факторів, що потребує системного моніторингу, поетапної рекультивації територій та впровадження заходів зі зниження техногенного навантаження.

РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЙ М. НОВОВОЛИНСЬК У ЗОНІ ВПЛИВУ ВУГЛЕДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Діяльність вугледобувних підприємств Нововолинського гірничодобувного району супроводжується значним техногенним навантаженням на навколишнє природне середовище та призводить до порушення його екологічної рівноваги. У результаті формується порушений техногенний рельєф, що обмежує подальше використання територій у сільському господарстві та інших сферах.

Суттєві зміни відбуваються і в гідрогеологічному середовищі. У межах м. Нововолинськ спостерігається виснаження та забруднення підземних і поверхневих вод, порушення природного водообміну, а також зміни гідрохімічного режиму. На окремих ділянках, що зазнали впливу гірничих робіт, розвиваються процеси підтоплення та заболочування територій, що супроводжуються деградацією ґрунтового покриву, включаючи засолення та зниження їх родючості.

Додатковим фактором негативного впливу є деформації земної поверхні, зумовлені підрубкою територій, а також накопичення відходів гірничого виробництва, що створює потенційну загрозу вторинного забруднення довкілля. У комплексі це призводить до порушення природних екосистем, зниження біорізноманіття та погіршення умов проживання населення.

Особливої актуальності екологічні проблеми набули у зв'язку із закриттям шахт Нововолинського гірничодобувного комплексу. Припинення водовідливу спричиняє підняття рівня шахтних і ґрунтових вод, що призводить до підтоплення територій та подальших змін гідрогеологічних умов. Також характерними є забруднення підземних вод і ґрунтів, а зона

впливу цих процесів часто значно перевищує межі безпосереднього ведення гірничих робіт.

На частині порушених територій відбувається природне самовідновлення у вигляді спонтанної рекультивації та формування нових природно-антропогенних ландшафтів. Водночас ці процеси є повільними і не забезпечують повного відновлення екологічної рівноваги без додаткових природоохоронних заходів.

Дослідження екологічного стану територій Нововолинського вугільного басейну дає можливість виділити ряд основних чинників негативного впливу, що сформувалися внаслідок тривалої експлуатації та подальшого закриття вугільних шахт. Одним із найбільш поширених і водночас небезпечних явищ є підтоплення територій, яке виникає через припинення роботи систем водовідливу після ліквідації шахт.

Згідно з даними Державної служби геології та надр України [21] та Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [49], такі процеси супроводжуються підвищенням рівня ґрунтових вод, затопленням підвальних приміщень житлових і господарських будівель, а також розвитком заболочування територій. Найбільш інтенсивно ці явища проявляються в зонах, прилеглих до шахт №1–№4.

Суттєвим геодинамічним чинником у межах Нововолинського гірничодобувного району є просідання земної поверхні, яке виникає внаслідок поступового руйнування та обвалення підземних гірничих виробок після їх відпрацювання і ліквідації.

Деформаційні процеси пов'язані з перерозподілом напружень у масиві гірських порід і призводять до нерівномірних деформацій (осідань) земної поверхні, що становить підвищену небезпеку для житлової забудови та інженерної інфраструктури. Найбільш інтенсивно ці явища проявляються в межах старих шахтних полів (№1, №3, №4), де тривала експлуатація та значні глибини гірничих робіт зумовлюють підвищену ймовірність їх прояву.

Вагомим чинником техногенного впливу на довкілля в межах Нововолинського гірничодобувного району є забруднення атмосферного повітря, основними джерелами якого виступають терикони, пилові виноси з породних відвалів і процеси самозаймання гірських порід, що супроводжуються виділенням продуктів горіння.

Унаслідок цього в атмосферному повітрі зростає концентрація зважених частинок і шкідливих газів. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я [18], підвищений вміст пилу та газоподібних домішок, зокрема діоксиду сірки (SO_2) та оксиду вуглецю (CO), негативно впливає на органи дихання та загальний стан здоров'я населення. Найбільш відчутний вплив цих факторів спостерігається в районах, прилеглих до шахти №6.

Значну екологічну загрозу для територій Нововолинського гірничодобувного району становить забруднення підземних і поверхневих вод, зумовлене надходженням шахтних вод із підвищеною мінералізацією. Такі води формуються в процесі експлуатації та ліквідації шахт і характеризуються складним гідрохімічним складом. За даними Державного агентства водних ресурсів України [4; 22], у них можуть міститися сульфати, сполуки заліза та важкі метали, що призводить до погіршення якості джерел питного водопостачання, а також негативно впливає на ґрунтовий покрив, спричиняючи його деградацію та засолення. Вказані процеси мають поширений характер і охоплюють практично весь гірничодобувний комплекс регіону.

Окрему небезпеку становлять газодинамічні прояви, зокрема виділення метану з підземних гірничих виробок і його подальше накопичення у підвальних приміщеннях будівель. Такі явища пов'язані з порушенням герметичності масиву гірських порід та змінами гідрогеологічних умов після припинення гірничих робіт. Накопичення метану створює підвищений ризик виникнення вибухонебезпечних ситуацій і становить загрозу для населення. Подібні випадки підтверджуються результатами досліджень у галузі

промислової екології та безпеки гірничих робіт [48], зокрема для територій, прилеглих до шахти №5.

Усі зазначені вище фактори негативного впливу характерні для діючих вугледобувних підприємств Нововолинського гірничодобувного району, зокрема шахт «Бережанська» та №9 «Нововолинська». Їх функціонування супроводжується комплексним техногенним навантаженням на довкілля, що проявляється у порушенні гідрогеологічного режиму, забрудненні природних компонентів та формуванні потенційно небезпечних зон впливу.

З точки зору екологічної безпеки найбільш проблемним об'єктом є шахта №9 «Нововолинська». У зв'язку з незавершеністю її будівництва та значними порушеннями гідрогеологічної структури масиву порід вона формує довготривалий ризик для навколишнього середовища. Основними загрозами є можливе підтоплення прилеглих територій, міграція забруднених шахтних вод, а також винесення у водоносні горизонти солей і сполук важких металів.

Підвищений рівень екологічного ризику також характерний для шахти №1, яка розташована безпосередньо в межах міської забудови. Тут існує ймовірність розвитку просідань земної поверхні, підтоплення підвальних приміщень житлових будівель, а також виділення шахтних газів, що безпосередньо впливає на безпеку та комфорт проживання населення.

До групи об'єктів із середнім рівнем екологічної безпеки відносяться шахти №2–№5, які функціонують або розташовані в межах міської агломерації та характеризуються значним фізичним зношенням гірничих виробок і недостатнім рівнем рекультиваційних заходів. Для них типовими є локальні прояви забруднення ґрунтів, підвищене пилове навантаження від териконів, а також наявність занедбаних техногенно небезпечних територій.

Шахта №10 на сучасному етапі характеризується відносно нижчим рівнем негативного впливу на довкілля, однак у довгостроковій перспективі не виключається її перехід до категорії потенційно небезпечних об'єктів у разі погіршення технічного стану або припинення експлуатації.

Окремо слід зазначити шахту «Бужанська», яка наразі залишається відносно стабільною завдяки діючому режиму експлуатації та системі екологічного контролю. Водночас у разі її закриття можливе суттєве зростання екологічних ризиків, аналогічних тим, що характерні для інших ліквідованих шахт регіону.

Окрім відходів у вигляді пустої породи, що складається у відвали, на підприємствах вугільної промисловості також утворюється значна кількість шламів, які накопичуються у спеціальних шламонакопичувачах. Поряд із виробничими відходами (порода, шлам) у процесі діяльності вуглевидобувних підприємств формуються також тверді побутові відходи.

Відходи III класу небезпеки, як правило, передаються спеціалізованим стороннім організаціям для подальшої переробки та утилізації, тому їх обсяги є незначними порівняно з відходами IV класу небезпеки, які становлять основну масу накопичень.

У зв'язку з цим для умов Нововолинського гірничодобувного району одним із пріоритетних природоохоронних завдань є розроблення та впровадження ефективних заходів щодо зменшення обсягів утворення відходів гірничого виробництва. Особливого значення набуває питання раціонального поводження з породними відвалами та шламами, а також максимальне залучення вторинних матеріальних ресурсів у господарський обіг. Це дозволить знизити техногенне навантаження на довкілля регіону та підвищити рівень екологічної безпеки територій, порушених вугільною промисловістю.

Сучасний стан шахтного комплексу Нововолинського гірничодобувного району характеризується частковою ліквідацією шахт і постіндустріальною трансформацією територій, що супроводжується порушенням гідрогеологічного режиму, деградацією довкілля та зростанням техногенного навантаження.

У сукупності зазначені процеси формують складну та багатокомпонентну екологічну ситуацію в межах басейну, яка має як

локальний, так і регіональний характер впливу. Це зумовлює необхідність постійного екологічного моніторингу, детальної оцінки ризиків та впровадження комплексних природоохоронних і рекультиваційних заходів відповідно до сучасних екологічних вимог і стандартів управління техногенно зміненими територіями.

Для зниження екологічної напруженості необхідне впровадження системного підходу, що включає оцінку ризиків, рекультивацію, екологічний моніторинг і раціональне використання відновлених територій, що сприятиме оздоровленню довкілля та покращенню умов проживання населення.

Щодо рекультивації териконів, враховуючи, що більшість із них поступово заростає самосівною рослинністю, доцільно застосовувати такі підходи:

- орієнтувати рекультивацію териконів на природне лісовідновлення як екологічно стабільний напрям, що забезпечує поступову інтеграцію техногенно порушених територій у природні екосистеми;
- відмовитися від планування та вирівнювання териконів давнього відсіпання, оскільки це призводить до руйнування сформованого рослинного покриву, порушення стійкості відвальної маси та зміни природних водовідвідних процесів;
- створення лісових культур здійснювати на окремих ділянках з урахуванням еколого-біологічних властивостей деревних порід та морфологічної структури відвалів, що сприятиме підвищенню приживлюваності насаджень;
- обов'язково враховувати сформовані водотоки на поверхні териконів та уникати їх засипання, оскільки це може призвести до активізації ерозійних процесів, утворення ярів і локального підтоплення територій;
- при формуванні штучного ґрунтового шару на ділянках зі скельними породами або потенційним вмістом важких металів доцільно попередньо наносити шар ґрунтосумішей (карбонатні суглинки), а за необхідності – здійснювати ізоляцію токсичних горизонтів глинами;

– після підготовки субстрату слід здійснювати створення лісових культур протиерозійного та санітарно-екологічного призначення, що забезпечить стабілізацію відвалів та зниження екологічного навантаження на територію.

У межах дослідження екологічної безпеки житлових територій м. Нововолинськ, розташованих у зоні впливу шахт, заходи щодо покращення екологічного стану розглядаються як важлива складова зниження техногенного навантаження та мінімізації ризиків для населення. У цьому контексті шляхи покращення екологічного стану м. Нововолинськ наведено на рисунку 3.1.

Покращення екологічного стану Нововолинського гірничодобувного району потребує впровадження комплексного підходу, спрямованого на мінімізацію наслідків тривалої вуглевидобувної діяльності та стабілізацію природно-техногенних процесів. Основні заходи мають охоплювати гідрогеологічні, геомеханічні, водоохоронні та організаційно-управлінські аспекти.

Першочерговим напрямом є організація системи постійного моніторингу гідрогеологічного стану територій, що включає контроль рівнів підземних вод та аналіз їх гідрохімічного складу. Це дозволить своєчасно виявляти тенденції підтоплення та забруднення водоносних горизонтів і запобігати їх негативному розвитку.

Важливим заходом є вдосконалення системи управління шахтними водами як на діючих, так і на ліквідованих об'єктах. Контрольований водовідлив та впровадження ефективних очисних технологій сприятимуть зменшенню ризиків затоплення територій і зниженню рівня забруднення поверхневих та підземних вод.

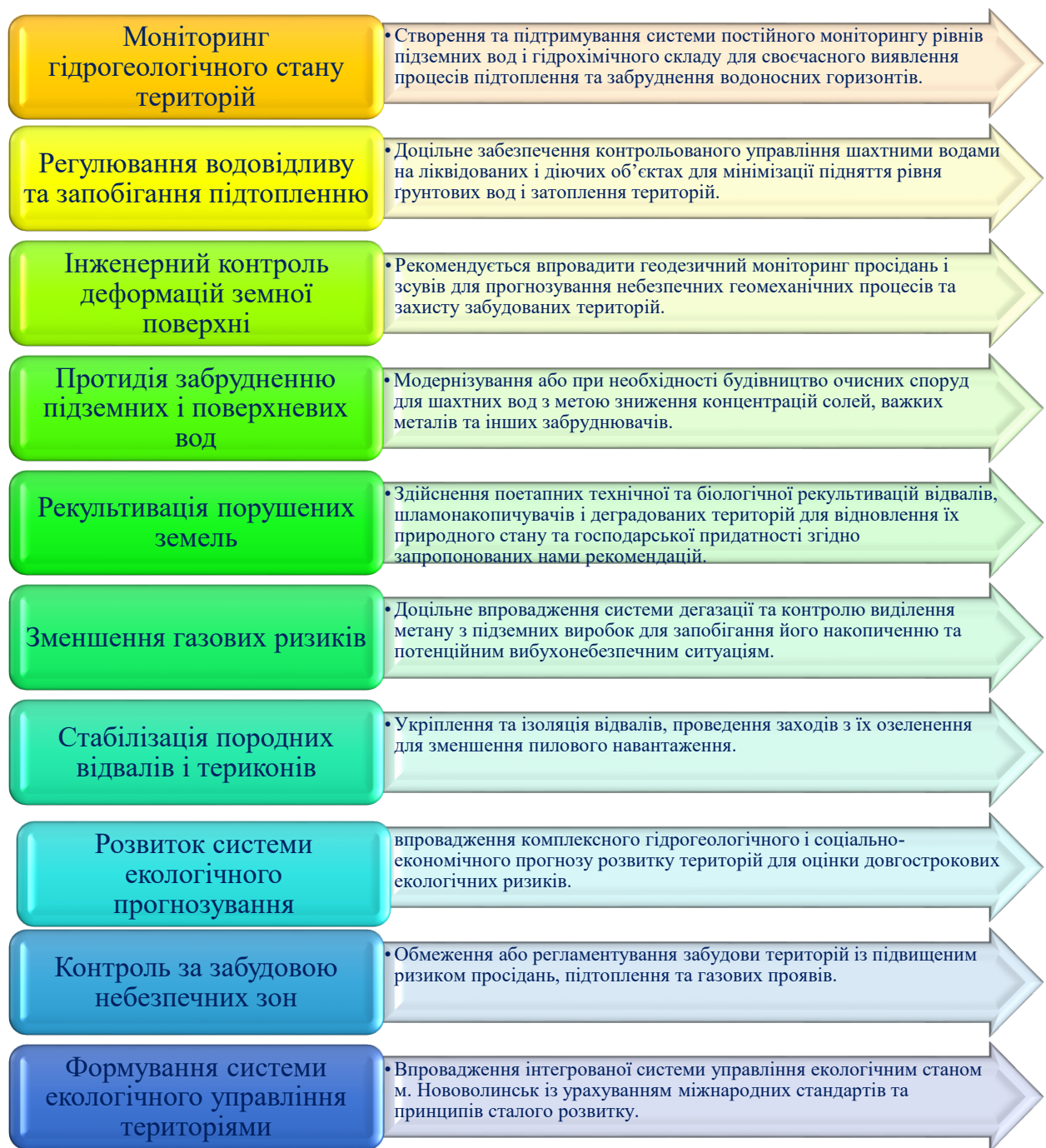


Рисунок 3.1– Схема шляхів покращення екологічного стану

м. Нововолинськ у зоні впливу шахт

(побудовано автором за джерелами [4; 18; 21; 22; 48; 49])

Необхідним є також інженерно-геологічний контроль деформацій земної поверхні. Впровадження геодезичного моніторингу дозволить прогнозувати просідання, зсуви та інші геомеханічні процеси, що становлять загрозу для житлової забудови та інфраструктури.

Окрему увагу слід приділити зменшенню рівня забруднення водних ресурсів шляхом модернізації або будівництва сучасних очисних споруд для шахтних вод. Це забезпечить зниження концентрацій солей, важких металів та інших токсичних компонентів у водному середовищі.

Важливим напрямом є рекультивація порушених земель, зокрема відвалів, шламонакопичувачів та деградованих ділянок. Поєднання технічної та біологічної рекультивації сприятиме відновленню природних властивостей ґрунтів і поверненню частини територій до господарського використання.

З метою зниження газової небезпеки доцільно впроваджувати системи дегазації та контролю виділення метану з підземних виробок, що дозволить мінімізувати ризики його накопичення та виникнення аварійних ситуацій.

Стабілізація породних відвалів і териконів є ще одним важливим заходом, який передбачає їх укріплення, ізоляцію та озеленення, що одночасно зменшує пилове навантаження і ризик самозаймання.

Крім того, необхідно розвивати систему екологічного прогнозування розвитку територій, що дозволить оцінювати довгострокові наслідки техногенного впливу та планувати заходи з їх мінімізації.

Також важливим є регулювання використання територій із підвищеним рівнем екологічного ризику, зокрема обмеження забудови зон можливих просідань, підтоплення та газових проявів.

Узагальнюючи, ефективне покращення екологічного стану Нововолинського гірничодобувного району можливе лише за умови впровадження інтегрованої системи екологічного управління, що базується на принципах сталого розвитку та відповідності сучасним природоохоронним стандартам.

ВИСНОВКИ:

У результаті проведеного дослідження виконано оцінку екологічної безпеки житлових територій м. Нововолинськ, розташованих у зоні впливу вуглевидобувних підприємств, визначено основні чинники техногенного навантаження та обґрунтовано комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на зниження екологічних ризиків і стабілізацію стану довкілля.

Установлено, що тривала експлуатація та подальше закриття шахт Нововолинського гірничодобувного району спричинили формування складної природно-техногенної системи, для якої характерні порушення гідрогеологічного режиму, деформації земної поверхні, забруднення атмосферного повітря, деградація ґрунтів і погіршення якості поверхневих та підземних вод. Унаслідок цього відбувається трансформація природних ландшафтів у техногенні, що негативно впливає на умови проживання населення та екологічну рівновагу території.

Встановлено, що найбільш небезпечними факторами техногенного впливу є підтоплення територій, просідання земної поверхні, забруднення шахтними водами, пилогазові викиди від породних відвалів і териконів, а також газодинамічні прояви, пов'язані з виділенням метану. Особливої актуальності ці процеси набувають у межах житлової забудови та на територіях, прилеглих до ліквідованих шахт.

На основі аналізу природно-географічних умов визначено, що підвищена вологість, заболоченість територій та нестійкі ґрунтово-гідрологічні умови підсилюють чутливість району до техногенного впливу. Припинення водовідливу після закриття шахт спричиняє підняття рівня ґрунтових і шахтних вод, розвиток підтоплення та заболочування, що супроводжується деградацією ґрунтового покриву й погіршенням санітарно-екологічного стану територій.

У процесі дослідження встановлено, що породні відвали є комплексним джерелом негативного впливу на довкілля. Вони спричиняють пилове навантаження, ерозійні процеси, забруднення вод і ґрунтів, а в окремих випадках – самозаймання порід із виділенням токсичних газів. Значна кількість накопичених відходів гірничого виробництва формує довготривалий ризик вторинного забруднення навколишнього середовища.

Проведена оцінка інтегрального екологічного ризику методом Сааті показала, що домінуючими чинниками небезпеки для житлових територій є геомеханічні та гідрологічні процеси, тоді як аерогенний вплив має переважно довготривалий хронічний характер. Найвищий рівень ризику характерний для шахт, розташованих у межах або поблизу житлової забудови, зокрема шахт №1 та №9 «Нововолинська».

Водночас встановлено, що на окремих порушених територіях спостерігаються процеси природного самовідновлення у вигляді спонтанної рекультивації та формування природно-антропогенних ландшафтів. Однак ці процеси є тривалими та недостатніми для повного відновлення екологічної рівноваги без реалізації цілеспрямованих природоохоронних заходів.

У роботі обґрунтовано необхідність впровадження комплексної системи екологічного управління територіями Нововолинського гірничодобувного району, яка повинна включати постійний моніторинг гідрогеологічного стану, контроль деформацій земної поверхні, очищення шахтних вод, дегазацію підземних виробок, рекультивацію порушених земель, стабілізацію териконів та раціональне поводження з відходами гірничого виробництва.

Запропоновано, що одним із найбільш перспективних напрямів рекультивації териконів є орієнтація на природне лісовідновлення, яке забезпечує поступову інтеграцію техногенно порушених територій у природні екосистеми та сприяє зниженню пилового навантаження, ерозійних процесів і ризику самозаймання порід.

Отже, екологічна ситуація в межах Нововолинського гірничодобувного району характеризується комплексним і багатокомпонентним техногенним

впливом, що має як локальний, так і регіональний характер. Підвищення рівня екологічної безпеки житлових територій можливе лише за умови реалізації системного підходу до управління техногенно зміненими територіями, впровадження сучасних природоохоронних технологій та дотримання принципів сталого розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Амоша О. І. Стан, основні проблеми і перспективи вугільної промисловості України: наукова доповідь / О. І. Амоша, Л. Л. Стариченко, Д. Ю. Череватський. *Інститут економіки промисловості НАН України*. Донецьк. 2013. С. 44.
2. Бабаджанова О. Ф. Чинники пожежної небезпеки породних відвалів вугледобування / О. Ф. Бабаджанова, Ю. Г. Сукач, Р. Ю. Сукач. *Збірник наукових праць ЛДУ БЖД*. 2012. С. 137–143.
3. Батугін А. С., Мусіна В. Р., Пономарьов В. С. Аналіз геодинамічних умов самозаймання вуглепородних відвалів. *Праці міжнародного наукового симпозиуму «тиждень Гірника – 2018»*. 1 (Спеціальний випуск). 2018. С. 283–293.
4. Бондаренко С. П. Гідрогеологічні наслідки ліквідації шахт // *Гірничий журнал*. 2021. № 5. С. 60–66.
5. Босак П. В., Попович В. В. Антропогенний вплив відвалів вугільних шахт в межах Малого Полісся. Міжнародна науково-практична конференція *Подільські читання: Екологія, охорона довкілля, збереження біотичного та ландшафтного різноманіття: наука, освіта, практика*. м. Хмельницький. 10-12 жовтня 2019 року. С. 7–9.
6. Босак П. В., Попович В. В. Вплив відвалів шахтних териконів Нововолинського гірничопромислового району на ґрунт. 6 Міжнародний конгрес *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване Природокористування*. м. Львів. 23-25 вересня 2020 року. С. 54.
7. Босак П. В., Попович В. В. Вплив стічної води з відвалів вугільних шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну на довкілля. Матеріали III 160 Міжнародної науково-технічної конференції *Водопостачання і*

водовідведення. *Проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг*. м. Львів. 23–25 жовтня 2019 року. С.165–166.

8. Босак П. В. Екологічна небезпека шахтних породних відвалів в умовах урбанізованого середовища. Міжнародна наукова практична конференція *Сучасний стан і перспектива розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації. З нагоди 80-ліття від дня народження професора В.П. Кучерявого*. м. Львів. 4–5 квітня 2019 року. С. 212–214.

9. Босак П. В. Фізико-хімічні властивості стічних вод з технологічних відвалів Нововолинського гірничопромислового району. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2018. С. 117–124.

10. Босак П. В., Попович В. В., Стокалюк О. В. Фітотоксичність териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. Міжнародний науковий симпозіум «*Сталий розвиток – стан та перспективи*». Львів-Славське. 12–15 лютого 2020 року. С. 158–160.

11. Босак П. В. Характеристика Нововолинського вуглепромислового району. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції *Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи*. Львів: ЛДУБЖД. 2018. С. 18–19.

12. Бузило В. І. Екологічні та техногенні наслідки ліквідації вугільних шахт / В. І. Бузило, А. В. Павличенко. *Розробка родовищ*. 2014. С. 535–540.

13. Бучацька Г. М. Гідрогеологічні умови та гідрогеохімічна зональність Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Вісник Львівського університету. Серія геологічна*. 2009. С. 175–183.

14. Висоцький С. П. Контроль екологічного стану породних відвалів / С. П. Висоцький, Д. А. Козир. *Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури*. Харків. 2018. 3 (131). С. 12–18.

15. Водний кодекс України, редакція від 18 грудня 2017 р. № 213/95-ВР/ Відомості Верховної Ради України. 1995. № 24. С. 189. URL :

https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2025/03/Zvit_SEO_OP_Vodnoyi-strategiyi.docx (дата звернення: 07.05.2026)

16. Война І.М. Особливості ландшафтного різноманіття гірничопромислових ландшафтів у зв'язку з їх висотною диференціацією / ЕМ. Война // *Вісник Вінницького педуніверситету : зб. наук, праць. Сер. Географія*. Вінниця : Вид-во ВПУ. 2013. Вип. 25. С. 40–47.

17. Войтович С. П. Геохімічні особливості підземних та шахтних вод вугільних басейнів України (на прикладі Червоноградського гірничопромислового району і Центрального Донбасу). *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2015. 2 (146). С. 23–30.

18. Всесвітня організація охорони здоров'я. Air quality guidelines. Geneva, 2021. URL : <https://surl.li/anvonz> (дата звернення: 17.03.2026)

19. Гавриленко В. А. Формування механізму організації обліку результатів екологічної діяльності вуглевидобувних підприємств / В. А. Гавриленко, О. В. Бичкова. *Економіка: реалії часу*. 2014. 3 (13). С. 87–93.

20. Генік Я. В. Ревіталізація антропогенно порушених екосистем: методологічні та технологічні аспекти. *Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць*. Львів. НЛТУ України. 2016. 26.8. С. 180–185.

21. Державна служба геології та надр України. Стан і використання мінерально-сировинної бази України. Київ, 2022. URL : <https://surl.lt/krhcam> (дата звернення: 1.03.2026)

22. Державне агентство водних ресурсів України. Щорічний звіт про стан водних ресурсів України. Київ, 2023. URL : <https://surl.li/ylocuj> (дата звернення: 17.03.2026)

23. Закон України «Про відходи» редакція від 01 травня 2019 р. № 187/98-ВР/ Відомості Верховної Ради України. 1998. № 36-37. С. 242. URL : https://zakononline.ua/documents/show/196852___569634 (дата звернення: 18.03.2026)

24. Закон України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» від 265

21.04.2011 № 3268-VI / Відомості Верховної Ради України, 2011. № 44. С. 457.
URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text> (дата звернення: 19.03.2026)

25. Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» від 8 червня 2000 р. № 1809-III / Відомості Верховної Ради України, 2000. № 40. С. 337. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1809-14/comp20000608> (дата звернення: 17.03.2026)

26. Закон України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» від 13 липня 2000 р. № 1908-III / Відомості Верховної Ради України, 2000. № 42. С. 348. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1908-14#Text> (дата звернення: 19.03.2026)

27. Закон України «Про національну безпеку України» від 21 червня 2018 р. № 2469-VIII / Відомості Верховної Ради України, 2018. № 31. С. 241. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text> (дата звернення: 20.03.2026)

28. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» від 18 січня 2001 р. № 2245-III / Відомості Верховної Ради України, 2001. № 15. С. 73. URL : https://zakononline.ua/documents/show/209543___588844 (дата звернення: 18.03.2026)

29. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28 лютого 2019 р. № 2697-VIII/ Відомості Верховної Ради України, 2019. № 16. С. 70. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 18.03.2026)

30. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» редакція від 18 грудня 2017 р. № 2707-XII/ Відомості Верховної Ради України, 1992. № 50. С. 678. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text> (дата звернення: 17.03.2026)

31. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 р. № 1264-XII / Відомості Верховної Ради

України, 1991. № 41. С. 546. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 14.03.2026)

32. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23 травня 2017 р. № 2059-VIII/ Відомості Верховної Ради України, 2017. № 29. С. 315. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 15.03.2026)

33. Земельний кодекс України, редакція від 07 лютого 2019 р. № 2768-III/ Відомості Верховної Ради України, 2002. № 3-4. С. 27. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 19.03.2026)

34. Зубова Л. Г. Терикони: Монографія. Луганськ, 2015. 712 с.

35. Іванов Є. А. Геоекологічна ситуація в межах Нововолинського гірничопромислового району та шляхи її покращення / І. П. Ковальчук, Є. А. Іванов, О. С. Терещук. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій. Луцьк: Волинський національний університет ім. Лесі Українки*, 2010. С. 3-10.

36. Іванов Є., Ковальчук І., Терещук О. Геоекологія Нововолинського гірничопромислового району: монографія. Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2009 р.

37. Ігішев В. Г. Виділення індикаторних пожежних газів при окисленні вугілля на стадіях самонагрівання і беспламенного горіння / В. Г. Ігішев, П. А. Шлапаков. *Вісник Наукового центру з безпеки робіт у вугільній промисловості*, 2015. 4. С. 55-59.

38. Карабин В. В., Пиріжок С. В. Сезонна мінливість вмісту головних іонів у водах річки Західний Буг. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства». Львів: ЛДУ БЖД, 2012. С. 118-120.

39. Киричок Л.С. Типологія териконів вугільних шахт Донбасу за лісорослинними умовами / Л.С. Киричок // *Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць*. Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 2003. Вип. 13.3. С. 123-127.

40. Коваленко А. А. Дослідження міграційної активності важких металів на територіях розміщення породних відвалів / А. А. Коваленко, А. В.

Павличенко. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 2013. 40. С. 167-173.

41. Ковальчук В. В. Вплив гірничих виробок на деформацію земної поверхні // *Геоecологія і надрокористування*, 2019. № 2. С. 33-39.

42. Кодекс України «Про надра» редакція від 04 квітня 2018 р. № 132/94-ВР/ Відомості Верховної Ради України, 1994. № 36. С. 340. URL : https://zakononline.ua/documents/show/162413___593981 (дата звернення: 29.03.2026)

43. Козир Д. А. Процеси окиснення в зонах ерозії відвалів вугільних шахт. *Збірник праць Міжнародної наукової конференції «Проблеми екологічної безпеки»*. Кременчук, 2014. С. 60-62.

44. Кузік І. М. Вплив породних відвалів шахт на компоненти довкілля та визначення можливостей щодо його зменшення. *Екологія та природокористування: збірник наукових праць*, 2012. 15. С. 31-35.

45. Лобов І.М. Функціонально-планувальна реабілітація забудови порушених територій (на прикладі Донецько-Макіївської агломерації) : автореф. дис. канд. арх. : спец. 18.00. К., 2002. С. 20.

46. Луньова О.В. (2020) Наукові основи управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. К.: ДЕА, 2020. № 1 (28) С. 50-59. URL : <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.8> (дата звернення: 28.03.2026)

47. Манько А. Львівсько-Волинський вугільний басейн як промисловий район. *Вісник Львівського університету. Серія географія*. 2008. 35. С. 233-238.

48. Мельник Л. Г. Основи промислової екології. Київ: Центр навчальної літератури, 2018. С. 312.

49. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. Київ, 2023. URL : <https://surl.li/uswsyc>

50. Офіційний сайт Нововолинської міської громади. URL : <https://innv.com.ua/hromada/> (дата звернення: 03.02.2026)

51. Панас Р. М. Рекультивация земель: навч. посібн. Львів: Новий світ - 2000, 2005. С. 24.
52. Попович В. В. Про порушення гідрогеологічного режиму гірничодобувних територій унаслідок закриття шахт. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. 18 (6). С. 87-93.
53. Радченко В. В. Стан породних відвалів вітчизняних вугільних шахт / В. В. Радченко, В. А. Куліш, Є. В. Чепіга, В. С. Сторожчук. Вугілля України. 2013. 12. С. 44-45.
54. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» від 08.11.2017 № 820-р.
55. Рудько Г.І. Екологічна безпека вугільних родовищ України /Г.І. Рудько, О.І. Бондар, Є.О. Яковлев, О.А. Машков, С.А. Плахотній, В.М. Єрмаков: монографія. Київ Чернівці: Букрек, 2016. С. 608.
56. Сметана С.М. Екологічна класифікація техногенних ландшафтів гірничодобувних регіонів / С.М. Сметана // *Екологія і природокористування : зб. наук, праць*. Дніпропетровськ. 2008. Вип. 11. С. 30-41.
57. Стратегія розвитку Волинської області на період до 2027 року.: URL : <https://voladm.gov.ua/category/strategiya-rozvitku-volinskoyi-oblasti-na-period-do-2027-roku1/1/> (дата звернення: 08.02.2026)
58. Терещук О. С. Вплив відвалів гірничодобувної промисловості на навколишнє середовище Нововолинського гірничопромислового району. *Вісник Львівського університету*. Серія Географічна. 2007. 34. С. 279-285.
59. Grime J. P. та ін. The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents. *Journal of Vegetation Science*. 2004. Vol. 15. P. С. 295–304.
60. Saaty T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 2008. <https://www.rafikulislam.com/uploads/resources/197245512559a37aadea6d.pdf> (дата звернення: 07.05.2026)