МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин
Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту
«__»_____2025р.
Зав кафедри к. с-г. н., доцент
_____Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНА ОЦІНКА ГАЙВОРОНСЬКОГО РОДОВИЩА МІГМАТИТІВ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 21 м-ек
спеціальності 101 Екологія
освітньо-професійної програми
Екологія
Павло МЕЛЬНИЧЕНКО
Керівник: Ірина КРАВЦОВА

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП…….…….3
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури……..……..6
РОЗДІЛ 2. Характеристика об'єкта досліджень……...10
2.1. Фізико-географічна та геологічна локалізація……...10
2.2. Тектонічна позиція в структурі Українського кристалічного щита…….12
2.3. Географічне районування та ландшафтна чутливість……...13
2.4. Методика комплексного еколого-географічного дослідження Гайворонського родовища мігматитів……..17
2.4.1. Методи збору та обробки даних……...17
2.4.2. Алгоритм проведення дослідження……18
2.5. Охорона праці……..19
РОЗДІЛ 3. Еколого-географічна оцінка Гайворонського родовища мігматитів……..21
3.1. Аналіз антропогенного впливу на ландшафт регіону……..21
3.2. Вплив на водні ресурси……...26
3.3. Екологічні ризики……27
РОЗДІЛ 4. Перспективи рекультивації……31
4.1. Гідрогеологічна трансформація та створення водойми……..32
4.2. Інженерія схилів……..33
4.3. Створення лісопарку……...33
4.4. Відновлення фауни……34
4.5. Соціально-економічна інтеграція……. 34
ВИСНОВКИ……..……36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..38
ДОДАТКИ…….……43

ВСТУП

Актуальність теми. Гайворонське родовище мігматитів є ключовим об'єктом гірничодобувної промисловості та визначальним фактором антропогенної трансформації ландшафтів у західній частині Кіровоградської області. Його тривала експлуатація, що розпочалася ще в епоху індустріалізації (1938 рік), та значні масштаби видобутку зумовили глибокий кумулятивний екологічний вплив і повну трансформацію природних ландшафтів на значній території.

Особливої гостроти проблемі надає розташування об'єкта в межах вразливого геоекотону «Лісостеп-Степ», де антропогенний тиск посилюється регіональними кліматичними змінами, зокрема процесами аридизації. Поточні плани закриття родовища, що передбачають інерційний сценарій затоплення, несуть значні екологічні ризики, що вимагає розробки альтернативних стратегій рекультивації та ревіталізації території.

Об’єкт дослідження – Гайворонське родовище мігматитів як складна ландшафтно-технічна система, що функціонує в умовах тривалого техногенного навантаження.

Предмет дослідження – еколого-географічні наслідки розробки родовища, трансформація компонентів довкілля та шляхи оптимізації рекультиваційних заходів для забезпечення сталого розвитку регіону.

Мета роботи полягає у проведенні комплексної еколого-географічної оцінки Гайворонського родовища мігматитів, аналізі його впливу на навколишнє середовище та обґрунтуванні ефективних сценаріїв подальшої рекультивації та використання відпрацьованих просторів.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі **завдання**:

1. Проаналізувати нормативно-правовий статус та історію експлуатації родовища для оцінки кумулятивного ефекту впливу.

2. Охарактеризувати фізико-географічні та геологічні умови розташування об'єкта, зокрема його позицію в структурі Українського кристалічного щита та вразливому геоекотоні.
3. Здійснити оцінку антропогенної трансформації ландшафту, ідентифікувавши основні типи техногенних форм рельєфу (кар'єрні виїмки, відвали) за допомогою ГІС-аналізу.
4. Визначити вплив діяльності підприємства на водні ресурси (гідрологічні зміни, депресійна воронка) та атмосферне повітря (викиди забруднюючих речовин).
5. Проаналізувати існуючі плани закриття родовища та розробити пропозиції щодо комплексної рекультивації, яка включає інженерію схилів, відновлення біорізноманіття та соціально-економічну інтеграцію.

Методи дослідження. Методологічну основу роботи складає системний підхід. Для вирішення поставлених завдань використано комплекс методів:

- Аналіз нормативно-правової та фондової документації – для встановлення параметрів експлуатації та запасів корисних копалин.
- Картографічний метод та ГІС-аналіз (з використанням "Google Планета Земля" та "Topographic-map") – для моніторингу просторових змін, оцінки площ порушених земель та візуалізації динаміки ландшафтів.
- Метод гідрологічного моніторингу – для аналізу впливу водовідливу на водні ресурси та якості води.
- Статистичний метод – для обробки даних щодо викидів в атмосферу та якості води.
- Метод екологічного прогнозування та моделювання – для розробки сценаріїв рекультивації та оцінки ризиків аридизації.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків.

- У першому розділі здійснено огляд літератури та нормативної бази.
- У другому розділі наведено характеристику об'єкта досліджень, його геологічну та фізико-географічну локалізацію.
- Третій розділ присвячено безпосередній еколого-географічній оцінці впливу на ландшафт, водні та атмосферні ресурси.
- У четвертому розділі обґрунтовано перспективи та методи рекультивації родовища.

РОЗДІЛ 1
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Проблематика вивчення Гайворонського родовища мігматитів є мультидисциплінарною і охоплює спектр питань від геології до ландшафтного дизайну. Аналіз доступних джерел дозволяє сформувати комплексне бачення об'єкта як складної ландшафтно-технічної системи.

Нормативно-правовий та операційний статус. Базовим документом, що визначає параметри експлуатації родовища, є Спеціальний дозвіл на користування надрами № 375. Згідно з цим документом, родовище експлуатується ПАТ «Гайворонський спеціалізований кар'єр» з метою видобутку мігматитів для виробництва щебеню. Важливим фактом для розуміння масштабів антропогенного впливу є дата початку промислової розробки – 1938 рік, а також значний обсяг затверджених запасів (понад 18,6 млн м³) та термін дії дозволу до 2035 року [24].

Геолого-тектонічна позиція. Наукове підґрунтя для розуміння геологічної природи родовища закладено у працях, присвячених тектоніці Українського щита. Зокрема, у пояснювальній записці до Тектонічної карти України (Кирилюк В.П., 2007) територія родовища розглядається в контексті Бузько-Росинського (Дністровсько-Бузького) грануліт-амфіболітового мегаблоку. Це визначає специфіку кристалічних порід фундаменту, їхній вік та фізико-механічні властивості, що роблять їх цінною будівельною сировиною.

Соціально-економічний контекст. Роль родовища у формуванні регіональної економіки детально проаналізована у статті О.І. Ситника та В.П. Ніколаєвського (2019). Автори вводять поняття «Гайворонський старопромисловий район», визначаючи його як територію з історично сформованою сировинною спеціалізацією. Дослідники наголошують, що тривала експлуатація надр (з періоду перших п'ятирічок) призвела до формування специфічного соціально-економічного ландшафту, який потребує стратегій адаптації до сучасних умов.

Екологічний вплив та антропогенна трансформація. Найбільш ґрунтовний аналіз екологічних наслідків діяльності кар'єру представлений у роботі Г. Денисика, І. Кравцової та О. Ситника. Автори розглядають кар'єр як потужний фактор трансформації фізичної поверхні, що призвів до утворення кар'єрно-відвальних ландшафтів. Особлива увага приділяється гідрологічним змінам: зафіксовано значний сумарний водоприплив до кар'єрних виїмок (близько 2451 м³/добу), що вимагає постійного водовідливу та впливає на підземні води регіону. Дослідники також акцентують на розташуванні об'єкта в межах вразливого геоекотону «Лісостеп-Степ», де антропогенний тиск посилюється кліматичними змінами. Актуальність екологічних питань підтверджується включенням підприємства до плану комплексних державних перевірок на 2025 рік, що охоплюють сфери екології, надр та праці.

Перспективи рекультивації та геотуризму. Питання майбутнього використання відпрацьованих просторів родовища є предметом дискусій між офіційними планами та науковими пропозиціями. Офіційна позиція, відображена в повідомленнях про плановану діяльність, передбачає традиційну гірничотехнічну рекультивацію під водойму. Натомість наукова спільнота пропонує інноваційні підходи. У працях О. Ситника та О. Хлевнюк (2018) обґрунтовано високий потенціал Гайворонщини для розвитку геотуризму, де кар'єри розглядаються як атрактивні об'єкти для пізнавальних маршрутів. Найбільш прогресивна концепція представлена в статті І.В. Кравцової та С.П. Огілька (2025), де за допомогою інструментів штучного інтелекту змодельовано перетворення кар'єру на «Quarry Garden» (Кар'єрний сад). Автори пропонують моделі ревіталізації (зокрема, тип «Зіккурат»), що поєднують естетику, безпеку та екологічну стійкість. Основні джерела та їхній анотований зміст подано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Анотований зміст окремих літературних джерел з теми дослідження

Референція / публікація	Короткий опис:основні результати / зміст
The Hayvoron migmatite deposit as a constructively organized landscape-technical system (2023)	Це сучасне дослідження, яке розглядає родовище як «ландшафтно-технічну систему» у межах інтерзонального геоекотону «Лісостеп – Степ». Наведено геометричні характеристики родовища: середня довжина ~ 1100 м, ширина ~ 580 м, потужність від 70,4 до 90,8 м. Згідно з оцінкою на 2018 рік, балансові запаси – приблизно 18,987.7 тис. м³ мігматитів. Розглядаються також області використання породи (будівельний камінь, цегла/черепиця) та заходи з рекультивації.
Особливості речовинного складу і термодинамічні умови формування ендербітів Гайворонського комплексу (Mineralogy збірник)	Публікація присвячена дослідженню мінералогії й петрографії ендербітів (які іноді пов’язані або асоціюються з мігматитами/метаморфічними комплексами регіону) гайворонського комплексу. Автор(и) провели польові обстеження, лабораторні петрографічні, мінералогічні та геохімічні дослідження. Зокрема, описано мінералічний склад (кварц, плагіоклази, калішпат, піроксени, гранати, біотит, апатит, монацит тощо), виявлено дві генерації плагіоклазу й кварцу, а також за допомогою геотермометрів обчислено температурні умови метаморфізму – тобто дається глибоке уявлення про генезу порід.
Гайворонський спецкар’єр як об’єкт вивчення антропогенної морфоскульптури (UDPU)	У цій праці кар’єр і прилеглу територію аналізують з точки зору антропогенної трансформації ландшафтів: як змінилась поверхня, ґрунти, які площі були рекультивовані, як використовували землі після видобутку. Наприклад, зазначено, що за період 1974–1998 рр. під ріллю, пасовища й лісонасадження було передано 18 га, із використанням майже 100 тис. м³ родючого ґрунтового шару. Це дає корисні дані для

	розуміння впливу гірничої діяльності на довкілля та оцінки можливостей рекультивації.
Обґрунтування технології підготовки скельних гірських порід до виймання в умовах кар'єру Гайворонський спецкар'єр (2019, Дзіговський О.С.)	Звіт/дослідження, яке аналізує технологічні аспекти видобутку: обґрунтовує оптимальні параметри буропідривних робіт для ефективного виймання скельних порід у кар'єрі. Такий технічний підхід важливий як для розуміння індустріального використання мігматитів, так і для оцінки технологічного впливу на масив порід.
Офіційні новини / дані про незаконний видобуток (2025)	За даними ЗМІ й правоохоронців, у 2025 році виявлено незаконне вилучення приблизно 42 000 тонн мігматиту з Гайворонського родовища — що завдало збитків довкіллю на 43 млн грн. Це підкреслює сучасні правові, екологічні й соціальні проблеми, пов'язані з експлуатацією родовища і становить важливий контекст для досліджень з екології, сталого використання ресурсів і рекультивації.
Інформаційні / довідкові матеріали про історію і масштаби видобутку (наприклад, довідка на сайті громади)	Згадки, що промислова розробка мігматитів розпочалась у 1938 році; перші роботи здійснювались вручну (ломи, молоти, кирки), згодом – механізовано; кар'єр постачав матеріали також за межі регіону (включно з експортом). Дає історичну основу для розуміння початкових етапів освоєння родовища.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Фізико-географічна та геологічна локалізація

Гайворонське родовище мігматитів розташоване у Кіровоградській області, в межах Гайворонського району (нині Голованівський район), на відстані 0.5 км від південної околиці міста Гайворон. З погляду фізичної географії, об'єкт знаходиться в межах Побужжя, у зоні чутливої гідрографічної мережі басейну річки Південний Буг.

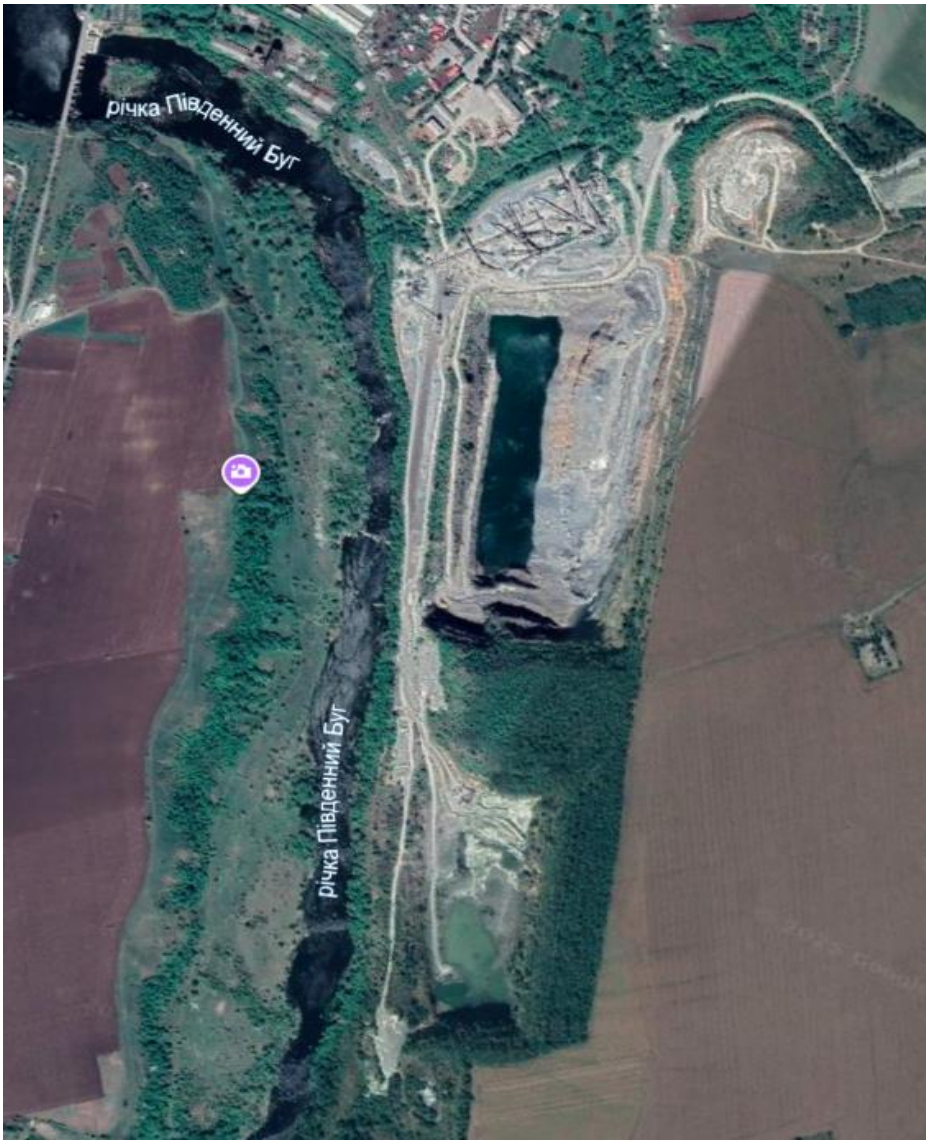


Рисунок 2.1. Гайворонське родовище мігматитів в ГІС "Google Планета Земля"

Геологічно родовище належить до кристалічних порід докембрійського Українського щита. Корисною копалиною є мігматити, зокрема гранатові мігматити, генезис яких є характерним для геологічної будови даного регіону Побужжя.

Родовище просторово складається з двох окремих ділянок, розташованих за 0,5 км на південь від міста Гайворон :

1. Північна ділянка: площею 14,4 га.
2. Південна ділянка: площею 34,33 га.

Загальна площа гірничого відводу становить 48,73 га. Наявність двох окремих, хоча й близько розташованих, виїмок, які історично були розділені глибокою балкою, створює складнішу антропогенну морфоструктуру та ускладнює інженерно-технічне управління, зокрема організацію водовідливу та логістику розкривних порід.

Балансові запаси мігматитів були переоцінені та затверджені протоколом Державної комісії України по запасах корисних копалин (ДКЗ України) № 3669 від 13 жовтня 2016 року. Загальний обсяг затверджених запасів, за категоріями, становить 18680,5 тис. метрів кубічних, з наступною деталізацією [25]:

- Категорія А: 10645,5 тис. метрів кубічних
- Категорія В: 5780,0 тис. метрів кубічних
- Категорія С1: 2255,0 тис. метрів кубічних

Гайворонське родовище має глибоку історію експлуатації; воно розробляється з 1938 року. Це має фундаментальне значення, оскільки воно безпосередньо пов'язує заснування кар'єру з періодом перших довоєнних радянських п'ятирічок та форсованою індустріалізацією. Таким чином, Гайворонський спецкар'єр є не просто одним із підприємств регіону, а історичним ядром, що сформувало Гайворонський старопромисловий район. Цей довготривалий (понад 85 років) і безперервний видобуток зумовив

глибокий кумулятивний екологічний вплив та повну трансформацію природних ландшафтів на значній території.

Еколого-географічна оцінка неможлива без розуміння фундаментальних природних умов, в яких функціонує об'єкт. Гайворонське родовище розташоване на перетині унікальних геологічних та ландшафтних структур, що, з одного боку, визначає його ресурсну цінність, а з іншого – зумовлює специфічні екологічні ризики та підвищену вразливість середовища.

2.2.Тектонічна позиція в структурі Українського кристалічного щита

Родовище розташоване на південно-західній окраїні Українського кристалічного щита – однієї з найдавніших (докембрійських) тектонічних структур Східноєвропейської платформи. Більш детально, воно належить до Дністровсько-Бузького мегаблоку.

Ця структура характеризується надзвичайно складною геологічною історією, що охоплює найбільш ранні етапи формування земної кори (еогей та протогей), та складена переважно гранулітовими та амфіболіт-гранітовими комплексами. Корисною копалиною родовища є мігматити – породи, що утворилися внаслідок процесів часткового плавлення (анатексису) первинних гнейсів та гранулітів в умовах екстремальних температур і тиску на значних глибинах. Саме цей глибинний генезис пояснює високі фізико-механічні властивості мігматитів як високоміцного будівельного матеріалу.

Геологічне положення родовища – є прямою причиною одного з його ключових ідентифікованих екологічних ризиків. Докембрійські кристалічні породи часто характеризуються природно підвищеним вмістом радіонуклідів. Це не припущення, а фактор, що відображений в офіційній дозвільній документації. Особлива умова №2 у Спеціальному дозволі № 375 вимагає від підприємства проведення «Щорічного радіаційного контролю видобутої

сировини... та продукції з неї на відповідність вимогам НРБУ-97»[25]. Таким чином, геологія родовища безпосередньо зумовлює постійний специфічний ризик, що вимагає безперервного моніторингу та державного нагляду.

2.3 Географічне районування та ландшафтна чутливість

З погляду географічного районування, територія родовища належить до Середньобузької височинної фізико-географічної області (в межах Західно-Придніпровської денудаційної височини) та Дністерсько-Дніпровського лісостепового краю.

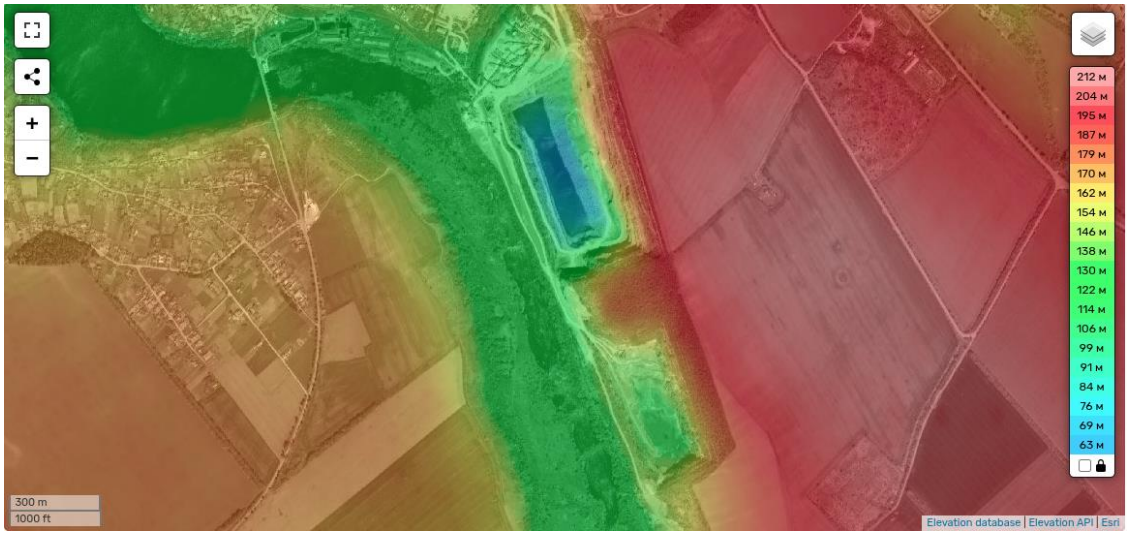


Рисунок 2.2. Гайворонське родовище мігматитів на карті висот над рівнем моря ГІС " Topogfaphic-map"

Ключовою та найбільш значущою для екологічної оцінки є характеристика родовища як ландшафтно-технічної системи , розміщеної в межах міжзонального геоекотону «Лісостеп-Степ»[23].

Геоекотони – це перехідні зони між різними ландшафтними типами, що відзначаються високою біологічною різноманітністю, але водночас і «нестійкою динамічною рівновагою ландшафтів». Вони є надзвичайно чутливими до будь-яких антропогенних втручань та першими реагують на

глобальні кліматичні зміни. Таблиця з обґрунтуванням кліматичних змін наведена в Таблиці 2.1.

Таблиця 2. 1

Характеристика окремих метеопоказників та кліматичних умов території дослідження

Показник	Зміни	Обґрунтування
Середньорічна температура	Стійке зростання	Згідно з довгостроковими спостереженнями, зокрема на метеостанції Кропивницький, зафіксовано підвищення середньорічних температур (від +7,5°C до +8,6°C і вище за період спостережень). Фіксуються найтепліші роки за всю історію спостережень за погодою.
Зимовий період	Скорочення та потепління	Зима стає помірно холодною та нестійкою. Середні зимові температури підвищуються, що скорочує тривалість періоду зі стійким сніговим покривом та спричиняє часті переходи температури через 0°C

		(явище «температурних перепадів»).
Літній період	Зростання температур та посухи	Середня температура повітря протягом літнього сезону перевищує кліматичну норму. Це збільшує ризик теплового стресу для біотичних компонентів екосистем та агросфери.
Опади	Нерівномірність розподілу	Середньорічна кількість опадів може залишатися в межах норми (499–582 мм), але їх розподіл стає вкрай нерівномірним. Спостерігаються аномально посушливі періоди та інтенсивні зливи (у липні).

Саме в цій вразливій зоні розміщено даний об'єкт гірничодобувної промисловості. Це створює фундаментальний еколого-географічний конфлікт.

Дослідження кліматичних змін у цьому регіоні вказують, що територія Гайворонщини вже охоплена стійкими процесами «аридизації та спустелювання».[23] На тлі цього регіонального висихання, потенційна діяльність кар'єру, що включає:

- Масивний примусовий водовідлив , що призводить до формування депресійної воронки та висушування прилеглих територій.

- Створення значних за площею відкритих водних поверхонь (затоплені частини кар'єрів), що збільшують непродуктивне випаровування.
- Генерацію пилу під час буропідривних робіт та роботи дробильно-сортувальних комплексів.

Таким чином, кар'єр діє як потужний локальний мультиплікатор аридизації, значно посилюючи негативні природні кліматичні тенденції. Географічне положення робить його сукупний екологічний вплив значно серйознішим, ніж якби аналогічний об'єкт знаходився в зоні надмірного зволоження.

Гайворонський спецкар'єр, заснований у 1938 році, є одним із системоутворюючих підприємств, що історично сформували Гайворонський район як старопромисловий район. Цей район характеризується як район «сировинного типу» [39].

Хоча для подібних обєктів загалом притаманні такі риси, як «відносно низький рівень технологічного розвитку» та «застаріле обладнання»[38] , аналіз поточної діяльності ПАТ «Гайворонський спеціалізований кар'єр» свідчить про те, що він активно управляється, підтвердженням цього є нещодавнє затвердження запасів (2016 р.) та оновлення спеціального дозволу (2019 р.) [25]. Підприємство забезпечує значний соціально-економічний вплив: створює робочі місця, постачає стратегічні будівельні матеріали для регіону та генерує стабільні податкові надходження. Це вказує на те, що економічна залежність Гайворонського району від кар'єру є не просто історичною спадщиною, а поточною та критичною реальністю.

2.4. Методика комплексного еколого-географічного дослідження Гайворонського родовища мігматитів

Теоретико-методологічні засади. Дослідження базується на системному підході, розглядаючи родовище як складну ландшафтно-технічну систему. Ключовим принципом є історизм, що дозволяє оцінити кумулятивний ефект впливу, оскільки родовище експлуатується з 1938 року

2.4.1. Методи збору та обробки даних

Аналіз нормативно-правової та фондової документації. Для становлення правового статусу та параметрів діяльності, було проведено вивчення документації, яка регламентує діяльність підприємства:

- Аналіз спеціальних дозволів на користування надрами (№ 375 від 1995 р., зміни від 2019 р.) для визначення термінів експлуатації та меж гірничого відводу.
- Вивчення протоколів ДКЗ України для оцінки балансових запасів та їх категорій А, В, С1.
- Огляд звітів з оцінки впливу на довкілля та дозволів на викиди.

Картографічний метод та ГІС-аналіз. Для оцінки техногенного впливу, особливостей геолокації, трансформації ландшафтів та моніторингу змін у часі, було використано інструментарій геоінформаційних систем "Google Планета Земля" та "Topographic-map":

- Порівняння супутникових знімків за часовий ряд для фіксації динаміки розвитку кар'єрних виїмок та відвалів.
- Визначення площ порушених земель та глибин кар'єру .

- Ідентифікація новоутворених антропогенних форм рельєфу (негативних, позитивних, нівельованих).

Метод гідрологічного моніторингу. Для оцінки впливу на водні ресурси (р. Південний Буг та підземні води) проведено аналіз обсягів водовідливу та депресійної воронки. Статистична обробка даних моніторингу якості води за фізико-хімічними показниками. Побудова графіків динаміки забруднення для виявлення трендів.

Аналіз техногенного навантаження на атмосферу. Класифікація джерел викидів на організовані (9 об'єктів) та неорганізовані (105 об'єктів). Розрахунок валових викидів забруднюючих речовин (пил, діоксид вуглецю, оксиди азоту) та побудова порівняльних діаграм.

Метод екологічного прогнозування та моделювання. Розробка сценаріїв рекультивації. Оцінка впливу кар'єру як мультиплікатора аридизації в умовах глобального потепління (аналіз температурних трендів та опадів). Порівняння "інерційного сценарію" [25] (затоплення) з пропонованим комплексним підходом (терасування, біоінженерія).Підбір стійких видів рослин для фітомеліорації кам'янистих схилів та літоземів.

2.4.2. Алгоритм проведення дослідження

1. Підготовчий етап: Збір первинної інформації, визначення меж дослідження, ідентифікація геологічних особливостей.
2. Польовий/Моніторинговий етап: Верифікація даних дистанційного зондування, аналіз поточних показників стану довкілля (вода, повітря).
3. Аналітичний етап: Обробка масивів даних, побудова графічних моделей, оцінка ризиків .

4. Проектний етап: Розробка рекомендацій щодо інженерії схилів та відновлення біорізноманіття.

2.5 Охорона праці

Експлуатація Гайворонського родовища відкритим способом пов'язана з комплексом небезпечних виробничих факторів, характерних для гірничодобувної промисловості. Забезпечення охорони праці регулюється НПАОП 0.00-1.24-10 «Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом»[26].

Згідно даного документу, можна виділити ключові специфічні ризики:

1. Пиловий фактор та ризик силікозу. Основною загрозою для здоров'я працівників є пил, що утворюється при бурінні, вибухових роботах, дробленні та транспортуванні мігматитів. Мігматити, як і граніти, містять значну кількість вільного діоксиду кремнію (SiO_2). Тривале вдихання такого пилу викликає незворотне професійне захворювання – силікоз (різновид пневмоконіозу), що характеризується фіброзом легеневої тканини. Заходи з охорони праці*:* Обов'язкове використання засобів індивідуального захисту органів дихання (респіраторів), застосування систем пилоподавлення (зрошення) на дробильно-сортувальних лініях та технологічних дорогах.
2. Небезпека від важкої механізації. Виробничий процес передбачає використання великогабаритної техніки: бурових верстатів, екскаваторів, а також 40-тонних автосамоскидів, що провокує ризики наїзду на персонал, перекидання техніки на уступах кар'єру, падіння гірської маси. Заходи з охорони праці: Суворе дотримання схем руху транспорту, справність звукової сигналізації, контроль за стійкістю бортів кар'єру та берм безпеки згідно з НПАОП 0.00-1.24-10.

3. Буропідривні роботи: Оскільки міцні скельні породи потребують розпушення вибухом, підприємство проводить буропідривні роботи. Це створює ризики, пов'язані з поводженням з вибуховими матеріалами, розльотом уламків породи та сейсмічною дією вибуху. Заходи з охорони праці: Зазначені роботи підлягають жорсткому державному нагляду з боку Держпраці.

РОЗДІЛ 3
ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНА ОЦІНКА ГАЙВОРОНСЬКОГО РОДОВИЩА МІГМАТИТІВ

3.1. Аналіз антропогенного впливу на ландшафт регіону

Видобуток корисних копалин відкритим способом є одним із найбільш інтенсивних видів антропогенного впливу, що кардинально перебудовує вертикальну та горизонтальну структуру ландшафту. На території Гайворонського родовища сформувалася складна сукупність техногенних факторів, що утворила специфічний «антропогенно-гірничопромисловий ландшафт» також відомий як «кар'єрно-відвальний тип ландшафту» [22].

Масштаби геоморфологічної трансформації є тотальними. Антропогенний вплив не обмежується простою "виїмкою" [21] породи, а включає повну перебудову рельєфу на площі понад 48 га, створюючи нову техногенну морфоскульптуру, що складається з трьох основних типів форм:

- **Негативні форми:** Це дві основні кар'єрні виїмки (Північна та Південна ділянки), що є домінуючими елементами. Їхня проектна глибина сягає 140 метрів по вертикалі.
- **Позитивні форми:** Це відвали розкривних порід, що утворюють нові пагорби в ландшафті. Розкривні породи складуються у «відвали зовнішнього розташування» на північ від кар'єру, які формуються ярусами заввишки 10,0 м. Важливою особливістю є диференційоване поводження з породами: верхні шари (суглинки) складуються окремо і транспортуються на відстань 3,2 км до цегельного заводу як сировина, що є елементом раціонального природокористування та промислового симбіозу.
- **Нівельовані форми**: Природна глибока балка, що розділяла Північну та Південну ділянки, була повністю засипана відвалами розкривних порід і

рекультивована. Це є прикладом незворотної трансформації рельєфу – повного знищення та поховання природної форми та її заміни техногенною нівельованою поверхнею.

Цей новостворений техногенний комплекс функціонує як єдина геоморфологічна система, що має власні, відмінні від природних, процеси (ерозія бортів кар'єру та відвалів, осідання, суфозія).

Як доказ незворотнього техногенного впливу можна використовувати супутникові знімки ГІС “Google Планета Земля”. Яка чітко візуалізує зміни ландшафту в різні роки :

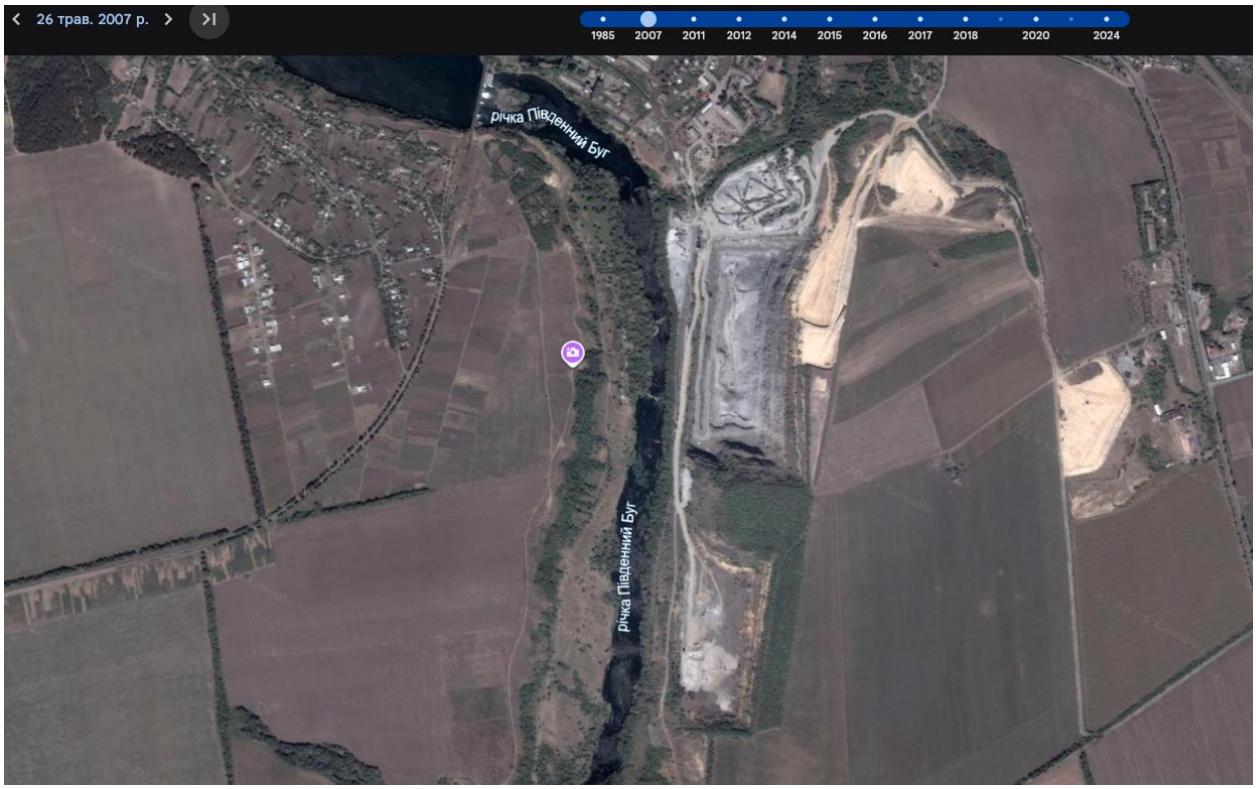


Рисунок 3.1. Супутниковий знімок родовища на 26 травня 2007 року

Супутникові знімки Гайворонського родовища документують не просто локальне втручання, а повну заміну м’якої природної морфоструктури Побужжя на агресивну техногенну геометрію. Замість плавних ліній лісостепу



Рисунок 3.2. Супутниковий знімок родовища на 10 жовтня 2012 року

на поверхні проступають чіткі концентричні кола глибоких терасованих кар'єрних виїмок, що сягають 140 метрів углиб, тоді як колись існуюча глибока балка повністю стерта з мапи та похована під масивами відвалів, які утворили нові, чужорідні для цієї рівнини рукотворні височини. Цей візуальний контраст, де сірі, геометрично правильні плями промислової зони різко врізаються в зелений масив біля русла Південного Бугу, свідчить про створення автономного антропогенного ландшафту, в якому первинний рельєф було безповоротно інвертовано – природні заглиблення стали насипами, а стабільна земна кора перетворилася на систему гігантських штучних кратерів.



Рисунок 3.3. Супутниковий знімок родовища на 9 жовтня 2014 року

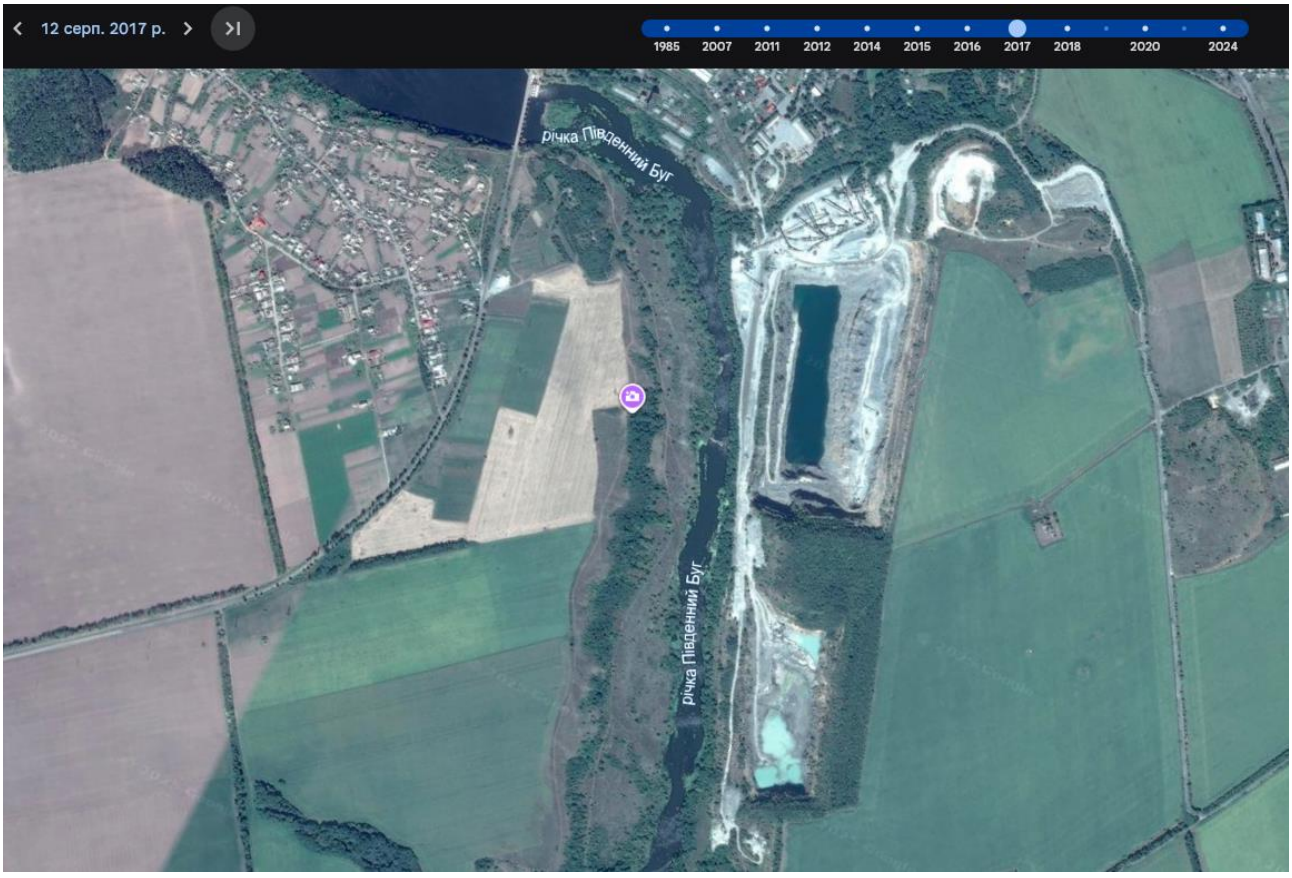


Рисунок 3.4. Супутниковий знімок родовища на 12 серпня 2017 року

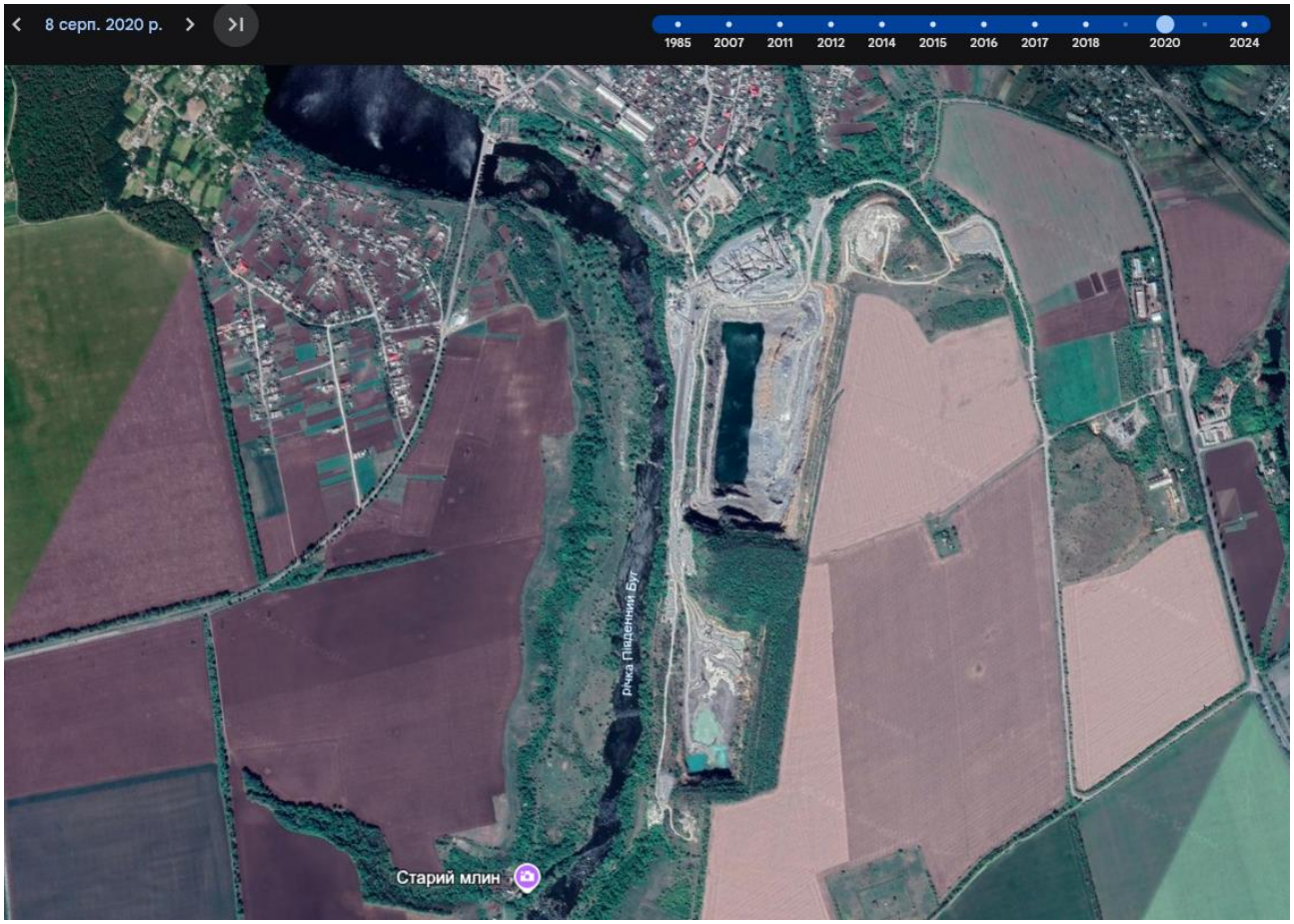


Рисунок 3.5. Супутниковий знімок родовища на 8 серпня 2020 року

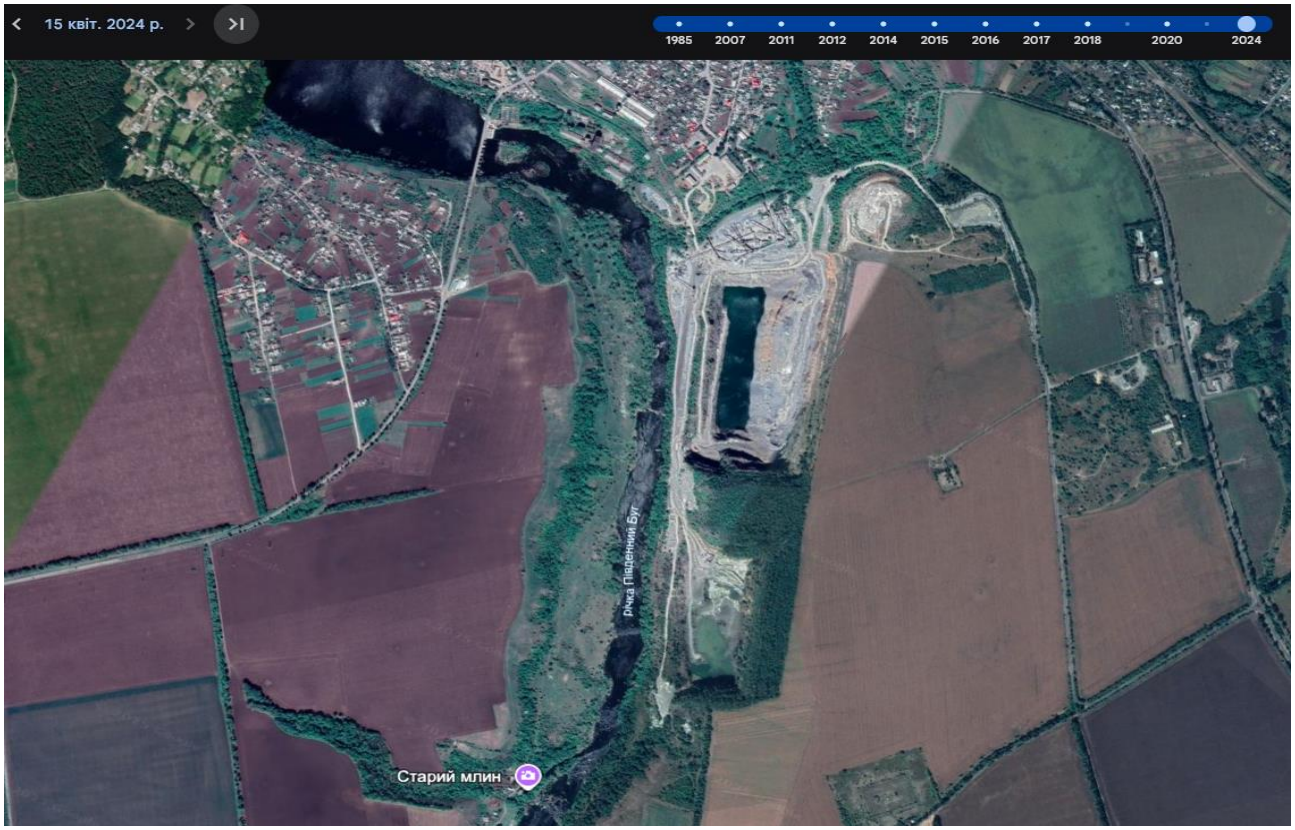


Рисунок 3.6. Супутниковий знімок родовища на 15 квітня 2025 року

3.2 Вплив на водні ресурси

Діяльність кар'єру кардинально перебудовує «характер розподілу поверхневих і підземних вод». Північна та Південна ділянки, що є відкритими виїмками, функціонують як гігантські дренажні системи, перехоплюючи атмосферні, ґрунтові та підземні води [10].

Зафіксовано надзвичайно високий сумарний водоприплив в обидві ділянки, що складає 2451 кубометрів/добу (з них 1249 кубометрів/добу на Північну та 1202 кубометрів/добу на Південну ділянку).

Цей масивний приплив підземних вод вимагає постійного примусового водовідливу для забезпечення можливості ведення гірничих робіт. Водовідлив, за потреби, здійснюється насосним обладнанням (насоси Д-320) продуктивністю до 300 кубометрів/годину. Таке інтенсивне відкачування води неминуче формує регіональний конус депресії, що призводить до осушення прилеглих територій та зниження рівня ґрунтових вод, посилюючи вже згадані процеси аридизації в чутливому геоекотоні.

У зоні депресії зменшується доступність вологи для кореневих систем рослин, що є критичним для цього геоекотону («Лісостеп – Степ»), де водний баланс і так є чутливим.

Змінюється видовий склад рослинності, відбувається зміна мезофільних видів на ксерофільні (більш посухостійкі), що може призвести до деградації або повного зникнення прирічкових та заплавних біоценозів річки Південний Буг.

Осушення земель у прилеглій зоні може знизити врожайність сільськогосподарських культур, оскільки вони втрачають природне ґрунтове зволоження.

3.3 Екологічні ризики

Окрім гідрологічного навантаження, діяльність підприємства пов'язана з іншими впливами, такими як викиди пилу та шумове навантаження від буропідривних робіт і дробильних комплексів [20]. На основі дослідження документів, на промисловому майданчику ідентифіковано 114 стаціонарних джерел викидів, з яких 105 є неорганізованими (пил від вибухів, відвалів, пересипання) та 9 – організованими.

Загальний обсяг викидів становить 81,901 т/рік. Основні компоненти викидів:

- Тверді частинки (пил): 63,5449 т/рік – основний забруднювач, що утворюється при механічній обробці порід.
- Діоксид вуглецю – 17,194 т/рік.
- Оксиди азоту (0,225 т/рік), діоксид сірки (0,191 т/рік), оксид вуглецю, вуглеводні.
- Метали (залізо, марганець, нікель, свинець, ртуть тощо), сірчана кислота.

Згідно повідомлення про наміри отримання дозволу на викиди, об'єкт віднесено до другої групи за ступенем впливу на забруднення атмосферного повітря. Для зменшення запиленості дробарні вузли та сортувальні башти обладнані аспіраційними системами з двоступеневою очисткою (циклони та фільтри).

Впровадження нових найкращих існуючих технологій не передбачається. Додаткові заходи щодо скорочення викидів не пропонуються, оскільки обсяги відповідають законодавчим нормам.

Для організованих джерел встановлюються нормативи граничнодопустимих викидів, для неорганізованих – регулювання здійснюється вимогами дозволу.

Детальний перелік викидів та їх кількість зображено на діаграмі (рис. 3.7).

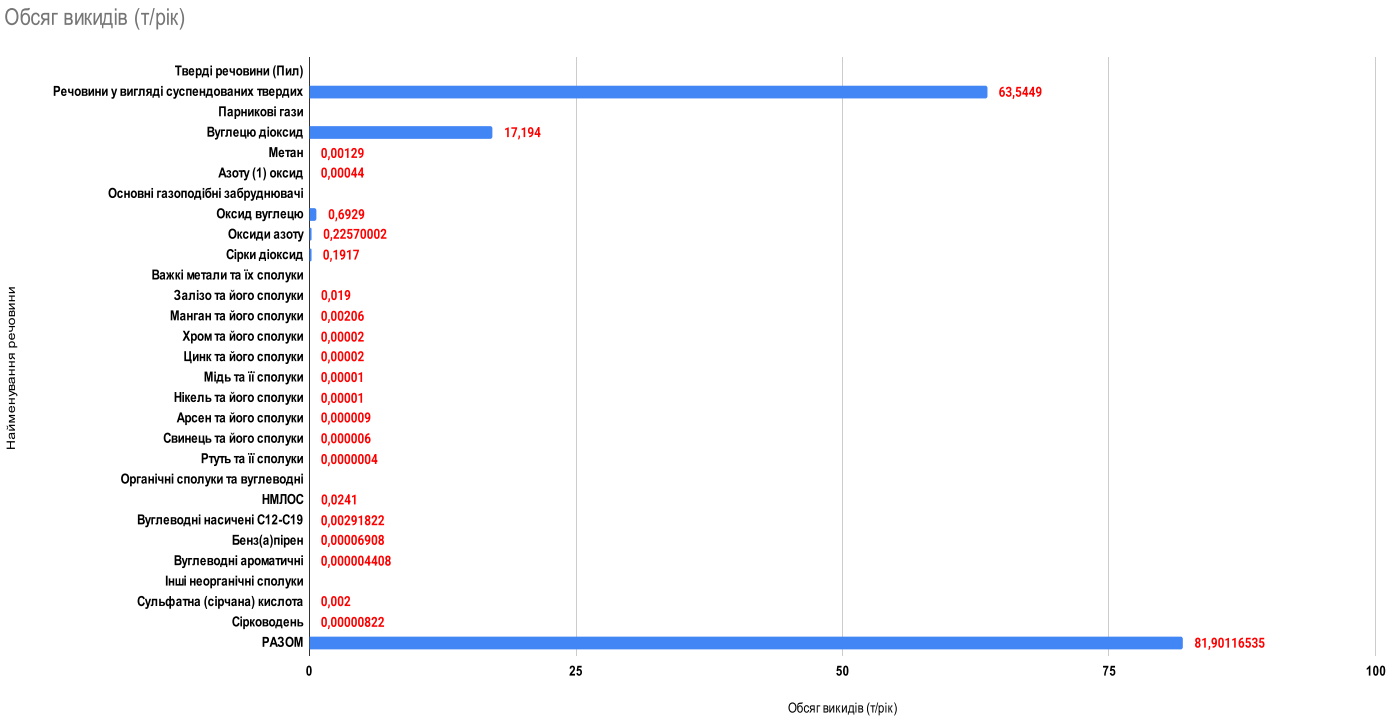


Рисунок 3.7. Діаграма обсягу викидів забруднюючих речовин

У Повідомленні про плановану діяльність ПАТ «Гайворонський спецкар'єр» доповідає, що погіршення умов життєдіяльності буде «в межах норм», а вплив на навколишнє техногенне середовище є «тимчасовим і незначним» [32].

Фактично заміри, що проводились Державним агентством водних ресурсів вказують на те, що викиди не чинять значного впливу на водні ресурси регіону за хімічним складом. Це доводить історія показників якості води на посту спостереження р. Південний Буг, 316 км, м. Гайворон, Гайворонське водосховище [40]. Дані показників наведені в діаграмі (рис. 3.8).

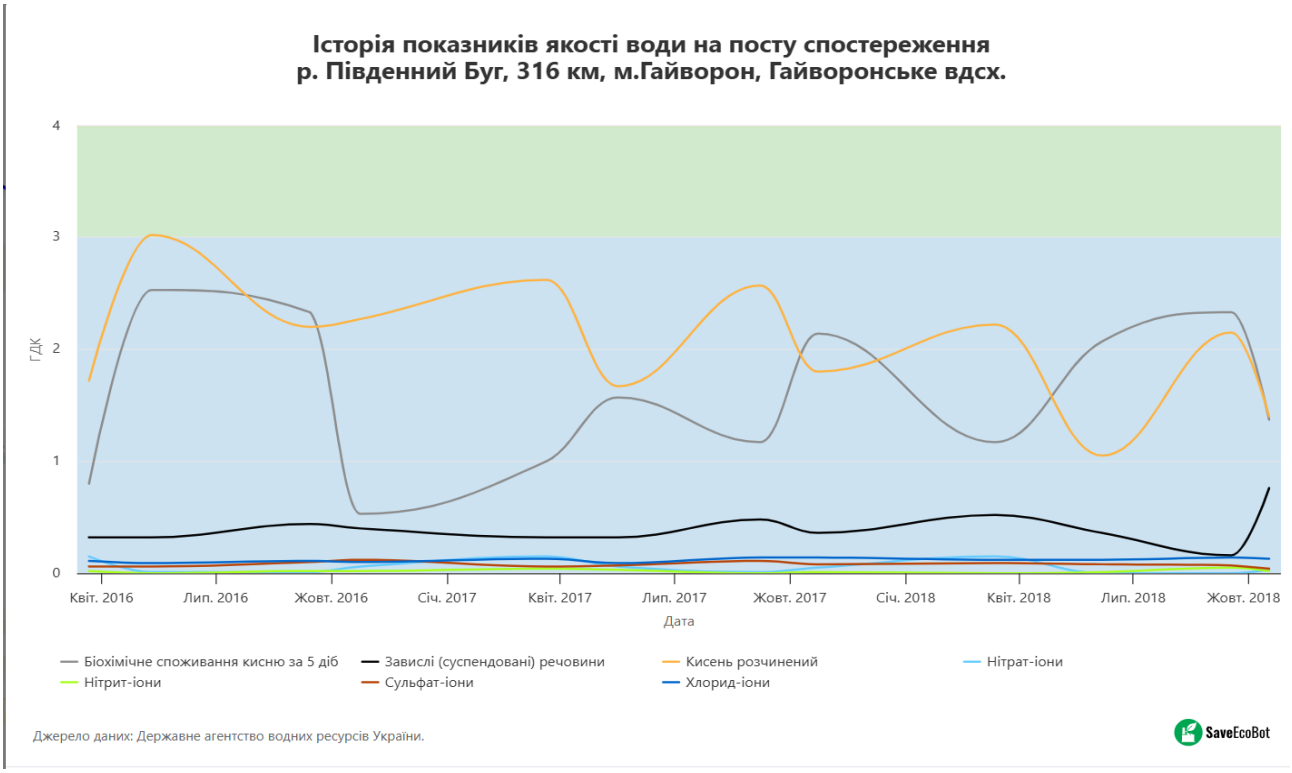


Рисунок 3.8. Історія показників якості води м. Гайворон

Також за даними пункту спостереження було здійснено заміри якості води за вісьмома ключовими показниками. Результати замірів наведені в таблиці нижче (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Показники якості води в р. Південний Буг за даними пункту спостереження у м. Гайворон, Кіровоградська область

Показник	Значення	ГДК
Амоній-іони, мг/дм³	0.36	0.5
БСК5, мгО2/дм³	4.1	3
Хлорид-іони, мг/дм³	45.9	350
Кисень розчинений, мгО2/дм³	5.6	4

Нітрат-іони, мг/дм³	1.2	45
Нітрит-іони, мг/дм³	0.06	3.3
Сульфат-іони, мг/дм³	22	500
Завислі речовини, мг/дм³	19	25

Виходячи з даних аналізу якості води та хімічного стану річки Південний Буг у районі м. Гайворон засвідчує загалом задовільну якість води за показниками мінералізації (хлориди, сульфати) та вмістом азотних сполук, рівні яких знаходяться значно нижче гранично допустимих концентрацій. Проте моніторинг виявив ознаки органічного забруднення водойми, що підтверджується перевищенням норми біохімічного споживання кисню (БСК5 становить 4,1 мгO_2/дм³ при нормі 3,0); це вказує на наявність у воді надлишкової органіки, яка окислюється, хоча поточний рівень розчиненого кисню (5,6 мгO_2/дм³) залишається в межах, достатніх для функціонування екосистеми.

РОЗДІЛ 4
ПЕРСПЕКТИВИ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

Рекультивація – це комплекс робіт, що спрямовані на відновлення продуктивності та господарської цінності земель, що піддаються техногенному впливу, а також на поліпшення умов довкілля. Цей процес є критично важливим для регіону.

На прикладі Гайворонського родовища ми бачимо, що видобуток мігматитів неминуче призводить до знищення ґрунтового покриву та рослинності на великих площах. Без належної рекультивації кар’єр перетворюється на «мертву зону».

Рекультивація передбачає:

- Нанесення родючого шару ґрунту (який зберігають під час розкривних робіт). Це дозволяє відновити флору.
- Створення лісопосадок або водойм на місці кар’єру приваблює птахів, комах та дрібних тварин, відновлюючи розірвані харчові ланцюги.
- Відкриті схили кар’єрів схильні до вітрової та водної ерозії, що може забруднювати пилом навколишні території. Озеленення зупиняє цей процес.

Термін дії спеціального дозволу на видобуток мігматитів спливає у 2035 році. Це ставить на порядок денний питання про майбутнє цієї території та стратегії її рекультивації. Аналіз наявних даних дозволяє виділити сценарій розвитку, що на даний час є основним.

Офіційний план, представлений підприємством, передбачає проведення «гірничотехнічної рекультивації кар'єру під водойму». Цей план також включає стандартні заходи, як-от «благоустрій та озеленення прилеглої території» з використанням ґрунтово-рослинного шару, що складується під час розкривних робіт [31].

З гідрогеологічної точки зору, цей сценарій є не стільки "планом", скільки визнанням неминучості. Враховуючи колосальний водоприплив (за умови постійного осушення виїмки) у 2451 кубометрів/добу , припинення водовідливу після 2035 року автоматично призведе до швидкого неконтрольованого затоплення. Цей пасивний, інерційний сценарій несе значні ризики:

- Формування двох надглибоких водойм із холодними глибинними водами.
- Створення небезпечного об'єкта з крутими, необлаштованими бортами, непридатного для безпечної рекреації.
- Збільшення непродуктивного випаровування зі значної водної поверхні, що є вкрай небажаним в умовах регіональної аридизації.

Враховуючи вище згадані ризики, пропоновано допрацювати план перспективи рекультивації Гайворонського родовища мігматитів, як об’єкта техногенного впливу, та створити чітку дорожню карту (Додаток А) з пропозиціями змін до чинного плану.

4.1. Гідрогеологічна трансформація та створення водойми

Мігматити – це метаморфічні породи, хімічно інертні та стійкі. Це величезний плюс. На відміну від вугільних або рудних кар'єрів, тут немає ризику утворення кислотних озер [36].

Після припинення депресійної лійки (відкачування води), чаша кар'єру заповниться підземними водами та опадами. Оскільки мігматити не розчиняються, вода буде мати низьку мінералізацію та високу прозорість. Але слід враховувати, що глибокі кар'єрні озера схильні до температурної стратифікації. Верхній шар прогрівається, а нижній залишається холодним (+4°C). Тому існує ризик дефіциту кисню на глибині. Для запобігання цим негативним явищам рекомендовано встановлення донних аераторів, або

створення каскадних водоспадів на схилах для збагачення води киснем перед потраплянням у чашу.

Також мігматити та граніти можуть мати природний радіаційний фон. Перед відкриттям рекреаційної зони обов'язковим є моніторинг концентрації радону у воді та повітрі над нею.

4.2. Інженерія схилів

Найбільша проблема глибоких кар'єрів – це осипи та каменепади. Оптимальним рішенням цієї проблеми є терасування. Схили не можуть бути прямими. Необхідно нарізати тераси шириною 3–5 метрів. Кожна тераса стає "зеленим поясом". Тут затримується волога та гумус, що дозволяє висаджувати дерева.

У зоні урізу води (де хвилі розмивають берег) не можна використовувати бетон – це вбиває екосистему. Тому тут доцільне використання габіонів у поєднанні з посадкою Верби Білої (Salix alba). Коріння верби проростає крізь каміння, створюючи "живий бетон".

4.3 Створення лісопарку

Ми не можемо просто посадити ліс. На камінні він не виросте. Потрібна послідовна зміна видів. Почати потрібно з підготовки субстрату.

Відвали кар'єру – це літоземи (кам'янисті ґрунти). Їх треба «активувати». Якщо є можливість, завезення мулу з розчищення русла Південного Бугу. Це ідеальне органічне добриво. На крутих схилах, де техніка не проїде, використовується розпилення суміші насіння трав, мульчі, глею та добрив.

Наступним етапом є підбір рослин. Враховуючи клімат Гайворонщини (Лісостеп), пропоную таку схему зонування:

1. Зона плато (верхня частина) – дерева : Дуб звичайний, Клен гостролистий, Липа серцелиста. (створюють вітро та сонцезахист).
2. Зона схилів (тераси) – кущі та дерева*:* Обліпиха крушиновидна, Шипшина, Барбарис. (фіксують азот, тримають схил), Береза, Сосна кримська (стійка до посухи).
3. Прибережна зона – рослини: Очерет (Phragmites), Рогоз (природні біофільтри. Вони очищають воду, що стікає зі схилів, від залишків нафтопродуктів чи органіки.)

4.4. Відновлення фауни

Екосистема не працює без тварин, тому потрібно створити максимально сприятливі умови для їх повернення.

Після заповнення водою, через 2–3 роки, провести зариблення. Товстолобик та білий амур (санітари, поїдають водорості, запобігаючи "цвітінню" води), окунь та щука (регулюють чисельність дрібної риби).

Кар'єри – ідеальне місце для хижих птахів. Залишення окремих скельних виступів без рослинності привабить соколів або пугачів.

На кам'янистих осипах, що прогріваються сонцем, створяться ідеальні умови для ящірок (прудка, зелена), що є кормовою базою для птахів.

4.5. Соціально-економічна інтеграція

Як еколог, я розумію, що рекультивація коштує дорого. Об'єкт має заробляти на своє утримання, тому необхідно створити концепцію сталого розвитку.

Одним з варіантів може бути дайвінг-центр, так як прозорі води гранітних кар'єрів ідеальні для дайвінгу. На дні створити штучні рифи – це привабить дайверів з усієї України.

Також можливий концептуальний варіант – скеледром. Стінки мігматитів міцні та рельєфні. Облаштування маршрутів для скелелазіння перетворить кар'єр на спортивний об'єкт для професійного альпінізму.

ВИСНОВКИ

На основі проведеного комплексного еколого-географічного аналізу Гайворонського родовища мігматитів можна стверджувати, що цей об'єкт є визначальним фактором антропогенної трансформації ландшафтів у регіоні. Його тривала експлуатація, яка розпочалася ще в 1938 році, перетворила підприємство на історичне ядро промислового вузла, але водночас призвела до незворотних змін природного середовища на площі понад 48 гектарів . Первинна природна морфоструктура була замінена складною техногенною системою, де домінують глибокі кар'єрні виїмки та масивні відвали, що повністю змінили рельєф місцевості.

Діяльність кар'єру створює значне навантаження на вразливий геоекотон «Лісостеп-Степ» [23], провокуючи низку критичних екологічних ризиків. Найсуттєвішим є гідрологічний вплив, оскільки відкриті виїмки функціонують як потужні дренажні системи, що перехоплюють підземні води та вимагають постійного відкачування в обсягах близько 2451 кубометрів на добу. Це призводить до формування депресійної воронки, зниження рівня ґрунтових вод та посилення процесів аридизації прилеглих територій, що є вкрай небезпечним на тлі регіональних кліматичних змін . Додатковими факторами ризику є пилове забруднення атмосфери та специфічна геологія докембрійських порід, яка зумовлює необхідність постійного радіаційного контролю.

Особливе занепокоєння викликає поточний офіційний план закриття родовища після закінчення терміну дії дозволу у 2035 році. Передбачений інерційний сценарій затоплення кар'єру після припинення водовідливу несе значні загрози, зокрема утворення глибоководних водойм з небезпечними крутими схилами, температурною стратифікацією та ризиком кисневого голодування води . Такий підхід не вирішує екологічних проблем, а лише консервує їх, створюючи потенційно небезпечний об'єкт.

Для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку регіону необхідна реалізація альтернативної стратегії рекультивації. Вона має базуватися на комплексному підході, що включає інженерну підготовку схилів шляхом терасування для запобігання осипам, гідротехнічні заходи з аерації води, а також масштабне біологічне відновлення через створення лісопаркових зон із врахуванням специфіки місцевих ґрунтів . Перспективним напрямком є соціально-економічна зміна відпрацьованого простору в рекреаційно-спортивний комплекс, наприклад, створення дайвінг-центру або скеледрому, що дозволить перетворити промислову зону на цінний актив для громади та забезпечити економічну основу для подальшого утримання території .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. AI in Gegraphy. Web of Science. Clarivate. URL: https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/57ca73da-a989-4878-8ed1-ebabe9e6fb93-014fef83dd/relevance/1
2. Bayrak, G. (2018). Methods of geomorphological research: a study guide. Lviv: LNU named after Ivan Franko, 292 p.
3. Buarque, BS., Davies, RB., Hynes, RM., Kogler, DE. (2020). OK Computer: the creation and integration of AI in Europe. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society. Vol. 13, Issue 1, 175–192. https://doi.org/10.1093/cjres/rsz023
4. Chang, C.-H. & Kidman, G. (2023) The rise of generative artificial intelligence (AI) language models – challenges and opportunities for geographical and environmental education. International Research in Geographical and Environmental Education, 32(2), 85–89. Available from: https://doi.org/10.1080/10382046.2023.2194036
5. Day T., Esson J. (2025). Visualising an undergraduate geography field class using generative AI: Intent, expectations and surprises about the racial depiction of students. AREA. JAN. DOI: 10.1111/area.12996.
6. Day, T. & Perkins, A.J. (2024) Empowering Canadian geography students and faculty: New approaches to curriculum and course material development using generative AI as a writing assistant. In: M. Solem, R.G. Boehm & J. Zadrozny (Eds.) Powerful geography. Cham, Switzerland: Springer. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-031-54845-1_5
7. Denysyk, G.I., Kravtsova, I.V., Volovyk, V.M., Kanska, V.V., Ataman, L.V., Denysyk, B.G. (2023). Humanistic anthropogenic landscapes: monograph. Vinnytsia: LLC «TVORY», 346 p. (7)
8. Jiang ZJ., Yu JY., Jin YY., Ginn A., Chen JJ., Sun GD. (2023). When artificial antelligence comes to the Chinese calligraphic landscape: The coming transformation. GEOGRAPHY COMPASS. 1 (17). DOI: 10.1111/gec3.12670.

9. Kravtsova I.V., Sytnyk O.I., Nikolaievskyi V.P., Denysyk B.G. Anthropogenic transformation of the physical surface of the Hayvoron region on the example of the Zavalivsk graphite deposit. EarthDoc. ONLINE GEOSCIENCE DATABASE. European Association of Geoscientists & Engineers. 2022. Vol. 2022. Pp. 1–5. https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580164 (17)
10. Kravtsova I., Sytnyk O., Nikolaievskyi V., Denysyk B. The Hayvoron migmatite deposit as a constructively organized landscape-technical system in the conditions of the interzonal "Forest Steppe - Steppe" geoecotone of the Right Bank of Ukraine. EarthDoc. ONLINE GEOSCIENCE DATABASE. European Association of Geoscientists & Engineers. 2023. Vol. 2023. Pp. 1–5. https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520201
11. Lee, J. (2023) Beyond geospatial inquiry – How can we integrate the latest technological advances into geography education? Educational Sciences, 13(11), 1128. Available from: https://doi.org/10.3390/educsci13111128
12. Lundman R., Nordström P. (2023). Creative geographies in the age of AI: Co-creative spatiality and the emerging techno-material relations between artists and artificial intelligence. TRANSFORMATIONS OF TE INSTITUTE OF BRITISH GEOGRAPHERS. 3 (48). 650–664. (20)
13. Molochko, V.V., Zhe.E,. Bonk, Drogushevska I.L. (2010). Atlas of the teacher. K.: DNVP «Cartography», 328 p.
14. National atlas of Ukraine. URL: http://wdc.org.ua/atlas/ (9)
15. Rakuasa, H. (2023) Integration of artificial intelligence in geography learning: Challenges and opportunities. Sinergi International Journal of Education, 1(2), 75–83. Available from: https://doi.org/10.61194/education.v1i2.71
16. Stetsyuk, V.V., Kovalchuk, I.P. (2005). Fundamentals of geomorphology: a study guide. K.: Vyshcha shkola, 495 p.

17. Torres GAL., Hyslop K. (2023). Chat GPT and Geography: New Paradigms for Science. CONFINS. 60. DOI: 10.4000/confins.53189.
18. Walker M., Winders J., Boamah EF. (2021). Locating artificial intelligence: a research agenda. SPACE AND POLITY. Vol.25, NO.2, 202–219.
19. Wilby, R.L. & Esson, J. (2024) AI literacy in geographic education and research: Capabilities, caveats, and criticality. The Geographical Journal, 190(1), e12548. Available from: https://doi.org/10.1111/geoj.12548
20. Висновок оцінки впливу на довкілля №21/01-20201225174/1 від 31.12.2020р.
21. Денисик Г., Кравцова І., Ситник О. Гайворонський спецкар'єр як об'єкт антропогенного навантаження на природні умови Західної Кіровоградської області.
22. Денисик Г.І. (2012). Антропогенне ландшафтознавство: навчальний посібник. Частина І. Глобальне антропогенне ландшафтознавство. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К». 336 с.
23. Денисик Г.І., Ситник О.І., Кравцова І.В., Стефанков Л.Л. Регіональні кліматичні зміни в умовах міжзонального геоекотонального регіону України "Лісостеп" // Наукові записки ТНПУ. Серія: Географія. — 2020. — № 2.
24. Державна регуляторна служба України. План реалізації комплексних заходів державного нагляду (контролю) на 2025 рік. Затверджено наказом від 14.11.2024 № 257.
25. Державна служба геології та надр України. Спеціальний дозвіл на користування надрами № 375 від 09.11.1995 р. (зі змінами від 27.06.2019 р.).
26. Держгірпромнагляд. НПАОП 0.00-1.24-10. Правила безпеки праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом. Затверджено наказом від 18.03.2010 № 61.

27. Кирилюк В.П. Тектонічна карта України. Масштаб 1:1 000 000. Частина ІІ. Тектоніка фундаменту Українського щита. Пояснювальна записка. — Київ: УкрДГРІ, 2007.
28. Кіровоградська обласна державна адміністрація. Екологічний паспорт Кіровоградської області за 2023. — 2024.
29. Кравцова І.В. Садово-паркові ландшафти в структурі ландшафтно-технічних систем Середнього Надбужжя. Ландшафтознавство. 2023. Випуск 4 (2). С. 68–78. https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-4-68-78
30. Кравцова І.В., Огілко С.П. Роль штучного інтелекту в географічних дослідженнях: аналіз та візуалізація спроектованих садово-паркових ландшафтів // Журнал «Ландшафтознавство». — 2025. — Т. 7(1). — С. 19–33.
31. Маринич О.М., Шищенко П.Г.(2005). Фізична географія України. К.: Знання. 511 с. (3)
32. ПАТ "Гайворонський спецкар'єр". Повідомлення про заплановану діяльність, що підлягає оцінці впливу на довкілля. — Гайворонська міська рада, 2020.
33. ПАТ «Гайворонський спецкар'єр». Щорічна інформація емітента цінних паперів за 2019. — 2020.
34. Палій В.М. (2010). Заваллівське родовище графіту. Енциклопедія сучасної України. URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=14999 (дата звернення: 09.09.2025).
35. Силікоз: етіологія, клінічна картина, діагностика // Емпендіум: Внутрішні хвороби. Підручник, заснований на принципах доказової медицини.
36. Ситник О.І., Хлевнюк О.Я. Вивчення антропогенних об'єктів морфоскульптури під час навчальних практик та перспективи їх використання для геотуризму // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Туризм і гостинність: стан, проблеми,

перспективи» (18-19 жовтня 2018 р., Черкаси). — Черкаси: Видавництво О.М. Третьякова, 2018. — С. 55–61.

37. Ситник О.І., Ніколаєвський В.П. Гайворонський старопромисловий район: формування, сучасний стан, перспективи подальшого розвитку // Наукові записки ВДПУ. Серія: Географія. — 2019. — Випуск 31, № 1-2. — С. 46–60.
38. Ситник О., Хлевнюк О., Дяченко С. Геотуристичні ресурси Гайворонського району Кіровоградської області // Збірник наукових праць «Подільські читання. Епоха природничих досліджень Поділля: історія, теорія, практика». — Кам'янець-Подільський: К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2018. — С. 324–334.
39. Ситник О. Особливості формування антропогенного рельєфу міжзонального геоекотонального «Лісостеп» України в межах Гайворонського старопромислового району // Проблеми геоморфології та палеогеографії Українських Карпат та прилеглих територій: матеріали XIV науково-практичного семінару (12-15 вересня 2024 р.). – Львів: Львівський національний університет імені І. Франка, 2024. – С. 74.
40. Службова записка по якісним показникам підземних та поверхневих вод в межах Заваллівського родовища для використання в технологічних процесах виробництва графіту Директору ТОВ «Заваллівський графіт» Р.К. Сарамага (2022) / геолог В.П. Ніколаєвський.

ДОДАТКИ

Додаток А

Дорожня карта рекультивації родовища після 2035 року

Етап	Напрямок робіт	Ключові заходи	Термін (Початок)	Термін (Завершення)
I. Інженерна Підготовка та Ґрунт	Стабілізація схилів та підготовка субстрату	Терасування схилів (3-5 м), завезення та розпилення мулу/суміші для активації літоземів, берегоукріплення габіонами.	2035	2036
II. Гідрогеологія та Озеленення	Формування водойми та первинна фіксація схилів	Припинення відкачування води (початок заповнення), посадка Верби Білої, масова висадка рослин по зонах (плато, схили, прибережна зона).	2036	2036
III. Моніторинг та Аерація	Забезпечення якості води та безпеки	Завершення заповнення чаші водою. Встановлення донних аераторів / створення водоспадів. Обов'язковий моніторинг радону у воді та повітрі.	2036	2037
IV. Відновлення Фауни (Екосистемна пауза)	Формування кормової бази та зариблення	Створення умов для ящірок/хижих птахів. Очікування 2-3 роки для біологічної стабілізації та появи природної кормової бази (планктону, безхребетних).	2037	2039
V. Завершальне Відновлення Фауни	Введення ключових видів	Зариблення: товстолобик, білий амур (санітари), окунь, щука (регулятори).	2040	2040

VI. Соціально-економічна Інтеграція	Відкриття та експлуатація	Створення штучних рифів для дайвінгу. Облаштування маршрутів для скелелазіння. Офіційне відкриття рекреаційної зони.	2040	Постійно