

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології

Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЗАЙЦЕВ ДМИТРО СЕРГІЙОВИЧ

УДК 504.05:622.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Вплив діяльності з видобутку каолінів на стан довкілля: регіональний
аспект (Великогадоминецьке родовище, Вінницька область)

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

_____ **Зайцев Д.С.**
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:
Никитюк Ю.А.
професор кафедри екології,
д.с.н.

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Зайцев Д. С. Вплив діяльності з видобутку каолінів на стан довкілля: регіональний аспект (Великогадоминецьке родовище, Вінницька область). – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Магістерська робота присвячена комплексній екологічній оцінці впливу діяльності з видобування каолінів на довкілля Полісся на прикладі Великогадоминецького родовища у Вінницькій області. У роботі наведено характеристику геологічної будови, запасів та технологічних процесів видобування, визначено основні джерела і обсяги викидів, скидів та відходів, що формуються у процесі розробки родовища. Здійснено кількісний аналіз впливу на атмосферне повітря, водне і геологічне середовище, охарактеризовано зміни якісного складу поверхневих вод, оцінено рівні екологічного ризику для компонентів природного середовища.

Встановлено, що найбільший негативний вплив пов'язаний з роботою кар'єрної техніки та утворенням відходів II–III класів небезпеки. Водночас за умови дотримання природоохоронних заходів (пилоподавлення, рекультивація земель, централізоване збирання відходів) вплив діяльності оцінюється як екологічно допустимий і локалізований.

Ключові слова: каолін, Великогадоминецьке родовище, відходи, атмосферні викиди, водне середовище, геологічне середовище, рекультивація, екологічна оцінка.

SUMMARY

Zayhev D. S. Assessment of the Environmental Impact of Kaolin Extraction: Regional Aspect of the Velykohadomynetske Deposit, Vinnytsia Region– Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 101 – ecology – Polissya National University, Zhytomyr, 2025.

The master's thesis is devoted to a comprehensive environmental assessment of the impact of kaolin mining activities on the environment of Polissia, using the Velykohadomynetske deposit in Vinnytsia region as a case study. The paper presents the geological structure, mineral reserves, and technological processes of kaolin extraction, identifies the main sources and volumes of emissions, discharges, and waste generated during the development of the deposit. A quantitative analysis of the impact on atmospheric air, water, and geological environments has been carried out, along with the assessment of changes in the qualitative composition of surface waters and evaluation of environmental risk levels for natural components.

It was established that the most significant negative impact is associated with quarry machinery operation and the formation of hazardous waste of classes II–III. At the same time, provided that environmental protection measures are implemented (dust suppression, land reclamation, centralized waste collection), the overall environmental impact is assessed as ecologically acceptable and spatially localized.

Keywords: kaolin, Velykohadomynetske deposit, waste, atmospheric emissions, water environment, geological environment, reclamation, environmental assessment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ ВИДОБУВАННЯ КАОЛІНІВ НА ДОВКІЛЛЯ ПОЛІССЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ)	9
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄКТУ ПРИ ПЛАНОВОЙ ДІЯЛЬНОСТІ	13
2.1. Характеристика Великогадоминецького родовища каолінів	13
2.2. Технологічні процеси видобування каоліну на Великогадоминецькому родовищі	15
2.3. Кількісний аналіз технологічних процесів	19
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	22
3.1. Вплив планованої діяльності на стан атмосферного повітря	22
3.2. Характеристика та аналіз утворення відходів у процесі планованої діяльності	25
3.3. Вплив на водне середовище під час реалізації планованої діяльності	28
3.4. Вплив планованої діяльності на компоненти довкілля	31
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	38

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

Сучасний розвиток промисловості України неможливий без ефективного використання мінерально-сировинних ресурсів, зокрема каолінів, які є стратегічною сировиною для керамічної, паперової, гумотехнічної та хімічної промисловості. Водночас видобування та переробка каоліну супроводжуються суттєвими екологічними ризиками порушенням земель, деградацією ґрунтового покриву, змінами у водному балансі, формуванням відвалів та забрудненням атмосферного повітря.

Великогадоминецьке родовище є одним із найбільших в Україні за запасами первинних каолінів, тому вивчення екологічних аспектів його освоєння має важливе наукове, практичне та природоохоронне значення. Оцінка впливу гірничовидобувної діяльності на довкілля є необхідною умовою розробки екологічно безпечних технологій, збереження природних ландшафтів і впровадження системи сталого природокористування у регіоні.

Об'єкт досліджень – процес видобування та первинної переробки каоліну на території Великогадоминецького родовища Вінницької області та його взаємодія з компонентами навколишнього природного середовища.

Предмет досліджень – екологічні наслідки та фактори впливу діяльності з видобування каоліну на стан атмосферного повітря, земельних і водних ресурсів, а також на геологічне середовище, біоту та соціально-економічні умови території.

Мета досліджень – науково обґрунтувати екологічну оцінку впливу планованої діяльності з видобування первинних каолінів на довкілля Великогадоминецького родовища та розробити практичні рекомендації щодо мінімізації негативних екологічних наслідків і підвищення рівня екологічної безпеки.

Методи дослідження:

аналітичний метод – для опрацювання геолого-екологічних матеріалів, технічної документації та звітів з ОВД;

польові спостереження – для оцінки стану земель, водних та повітряних ресурсів у зоні впливу;

екологічне моделювання та розрахунки – для визначення кількісних показників викидів і відходів;

порівняльний аналіз – для зіставлення показників стану довкілля до і після впливу діяльності;

метод експертної оцінки – для визначення рівнів екологічного ризику.

Основні завдання:

–Провести загальну характеристику Великогадоминецького родовища каолінів та його мінерально-сировинної бази.

–Проаналізувати технологічні процеси видобування і переробки каоліну.

–Визначити кількісні показники утворення відходів, викидів забруднюючих речовин і використання водних ресурсів.

–Оцінити вплив планованої діяльності на атмосферне повітря, водне середовище, геологічну будову, рослинний і тваринний світ.

–Визначити рівні екологічного ризику для основних компонентів довкілля.

Практичне значення. Результати дослідження можуть бути використані при розробленні звітів з оцінки впливу на довкілля (ОВД), стратегічних екологічних оцінок (СЕО), природоохоронних програм та регіональних планів управління відходами. Запропоновані рекомендації щодо рекультивації земель, контролю якості водних і повітряних ресурсів та оптимізації техногенного навантаження можуть бути впроваджені підприємствами гірничодобувної галузі, зокрема ТОВ «Українська каолінова компанія».

Отримані результати сприятимуть удосконаленню системи екологічного моніторингу й формуванню засад сталого природокористування у межах Вінницької та суміжних областей.

Апробація результатів дослідження:

1. Макарук Д. В., Грищук І. А., Зайцев Д. С. Екологічні аспекти промислової розробки Станишівського-1 родовища пісків і суглинків (Житомирська область) // Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване

природокористування: освіта – наука – виробництво: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 2 жовтня 2025 р. – Біла Церква: Білоцерківський НАУ, 2025. – С.10 –12 [41].

2. Зайцев Д. С., Макарук Д. В., Грищук І. А. Екологічні аспекти видобутку каолінів на прикладі Великогамінецького родовища // Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 2 жовтня 2025 р. – Біла Церква: Білоцерківський НАУ, 2025. – С. 9–10 [42].

3. Зайцев Д. С. Вплив на довкілля діяльності з видобутку каолінів на прикладі Великогадомецького родовища (Вінницька область) // Ліс, наука, молодь: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. – Житомир: Поліський національний університет, 2025. – С. – 115 [43].

Структура та обсяг роботи: кваліфікаційна робота включає 40 сторінок друкованого тексту 13 рисунків та 43 джерела літератури.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ ВИДОБУВАННЯ КАОЛІНІВ НА ДОВКІЛЛЯ ПОЛІССЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ)

Видобування каолінів є однією з важливих галузей мінерально-сировинного комплексу України, що забезпечує потреби керамічної, паперової, гумотехнічної, електротехнічної та хімічної промисловості. Основні родовища каолінів зосереджені в межах Українського щита, зокрема на території Вінницької, Житомирської, Дніпропетровської, Черкаської областей. У межах Полісся України розробляються переважно родовища первинних каолінів, які характеризуються високим вмістом глинозему (до 38–40 %) і низьким вмістом домішок заліза [1; 2].

За даними Державної служби геології та надр України, в межах південного Полісся виділяється Великогадоминецьке, Глуховецьке та Вознесенське родовища каолінів, які мають стратегічне значення для держави [3]. Геологічна будова цих родовищ представлена каолінізованими гранітами й алевролітами, які залягають на глибині 5–15 м, що створює сприятливі умови для відкритої розробки. Однак саме відкритий спосіб видобування супроводжується найбільшим техногенним навантаженням на природне середовище, особливо на земельні, водні та біотичні ресурси [4; 5].

Згідно з дослідженнями Мельничука Т. В. [6] та Кравчука О. І. [7], основним наслідком розробки каолінових родовищ є порушення природної структури геологічних горизонтів, зниження стійкості ґрунтового покриву, зміна рельєфу та формування техногенних форм мікрорельєфу – відвалів, уступів і депресійних улоговин. У процесі видобування порушується ґрунтово-рослинний шар, потужність якого у межах Полісся зазвичай не перевищує 0,4–0,5 м, що зумовлює його швидке руйнування під дією ерозійних процесів [8].

За даними роботи Паньківського С. [9], після завершення видобування відновлення природного стану земель потребує проведення гірничотехнічної та біологічної рекультивації, що включає планування відвалів, нанесення родючого

шару і залуження. Однак на практиці ці заходи виконуються частково, що призводить до деградації ґрунтів і зниження біопродуктивності території.

У дослідженнях Романюка С. М. [10] зазначено, що у зонах активного видобування каолінів на території Вінницької та Житомирської областей спостерігається збільшення кількості земель, виведених з сільськогосподарського використання, що негативно впливає на ландшафтну структуру регіону.

Водний фактор є одним із ключових у гірничодобувній діяльності. Відкачування підземних і поверхневих вод, утворення кар'єрних вод і їхнє повернення у водні об'єкти призводять до порушення гідрологічного режиму територій. Згідно з дослідженнями Беляєвої І. М. [11] та Кондратюка В. С. [12], концентрація завислих речовин і нафтопродуктів у кар'єрних стоках може перевищувати фонові значення у 3–5 разів.

Дослідження показали, що в зоні впливу кар'єрів каолінів рівень мінералізації поверхневих вод підвищується з 350–400 мг/дм³ до 500–550 мг/дм³, а вміст сульфатів і хлоридів збільшується на 10–15 % [13]. Також спостерігається локальне зниження рівня ґрунтових вод у межах 0,5–1,2 м, що впливає на навколишні агроландшафти [14].

На думку Шевчука П. П. [15], використання оборотних систем водопостачання і замкнених циклів у процесі промивки каоліну дозволяє знизити загальне водоспоживання на 30–40 % і зменшити забруднення водних ресурсів. Такі технологічні рішення є ключовими для мінімізації екологічного впливу у межах Полісся.

Проблема забруднення атмосферного повітря є актуальною у зонах відкритого видобування, де спостерігається інтенсивне пилоутворення. Основними джерелами викидів є кар'єрна техніка, навантажувальні операції, відвали розкривних порід і транспортні комунікації [16].

За розрахунками Дяченка Л. В. [17], викиди пилу при відкритому способі розробки сягають 0,2–0,25 т/рік на 1 га площі кар'єру, що при загальній площі 100–150 га створює істотне локальне навантаження. Найбільш небезпечними компонентами є зважені частинки (PM₁₀, PM_{2,5}), оксиди азоту та оксид вуглецю. Їх

концентрації поблизу межі санітарно-захисної зони (500–1000 м) можуть досягати 0,7–0,9 ГДК [18].

У роботі Колісника В. П. [19] наголошено, що модернізація техніки, використання водяного пилоподавлення та регулярне зрошення кар'єрних доріг дозволяють зменшити пилоутворення на 60–70 %.

Видобування каоліну супроводжується втратою природних біотопів і зниженням видового різноманіття флори й фауни. Згідно з дослідженнями Кузьміної О. А. [20], на відновлених після рекультивації ділянках формуються вторинні рослинні угруповання типу *Agrostis tenuis*–*Trifolium repens*, що свідчить про поступове відновлення екосистеми, однак досягнення природного стану можливе лише через 15–20 років.

У працях Левчука І. В. [21] зазначено, що у зонах впливу кар'єрів чисельність земноводних та комах-запилювачів зменшується в 1,5–2 рази порівняно з контрольними ділянками. Водночас створення лісових насаджень після біологічної рекультивації дозволяє поступово відновлювати екологічну рівновагу.

Систематизація наукових досліджень [22–27] свідчить, що найвагомішими напрямками екологічного впливу діяльності з видобування каолінів на довкілля є:

- порушення ґрунтово-геологічного середовища (до 70 % площ родовища);
- збільшення мінералізації поверхневих вод і концентрацій завислих речовин;
- викиди пилу та газоподібних забруднювачів у повітря;
- локальне зниження біологічного різноманіття;
- формування техногенного рельєфу.

Разом із тим, упровадження систем екологічного моніторингу, рекультивації та замкненого водокористування дає змогу зменшити антропогенне навантаження і забезпечити сталий розвиток гірничодобувних територій Полісся [28; 29].

Аналіз літературних джерел показав, що видобування каолінів на території Полісся України є важливим економічним фактором, однак воно супроводжується

значним екологічним навантаженням на природне середовище. Найбільш уразливими є ґрунтовий покрив, водні ресурси та біотичні компоненти. Основними шляхами зниження негативного впливу є впровадження екологічно безпечних технологій видобування, раціональне використання водних ресурсів, мінімізація пилових викидів і проведення повноцінної рекультивації [42, 43].

Таким чином, комплексна оцінка екологічного стану каолінових родовищ Полісся має стати основою для планування природоохоронних заходів і формування системи сталого природокористування у регіоні [41].

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄКТУ ПРИ ПЛАНОВИЙ ДІЯЛЬНОСТІ

2.1. Характеристика Великогадоминецького родовища каолінів

Великогадоминецьке родовище первинних каолінів є одним із найбільш перспективних об'єктів для розвитку мінерально-сировинної бази України. Геологорозвідувальні роботи на ділянці проводилися упродовж 1970–1977 років трестом «Київгеологія», в результаті чого було затверджено значні запаси корисної копалини. За даними державної експертизи (1977 р.), запаси каоліну-сирцю за категоріями В+С1 склали 83 050 тис. т, у тому числі категорії В – 20 366 тис. т, категорії С1 – 62 684 тис. т, а прогнозні ресурси за категорією С2 – 227 672 тис. т. В подальшому дані уточнювались і, згідно з протоколом ДКЗ України від 19 серпня 2010 р., балансові запаси були підтверджені на рівні 22 339 тис. т за категорією С1. У 2019 році за результатами нових підрахунків балансові запаси склали: категорії В – 4 265,42 тис. т, категорії С1 – 15 376,0 тис. т, прогнозні категорії С2 – 143 503,0 тис. т. Таким чином, родовище характеризується потужною сировинною базою, здатною забезпечити потреби промисловості протягом десятиліть [42, 43].

З огляду на якісний склад корисної копалини каоліновий концентрат оцінюється як придатний для використання у виробництві паперу та картону, пластмасових і гумотехнічних виробів, а також для виготовлення ультрамарину. Це визначає багатофункціональність сировини та її стратегічне значення для розвитку будівельної, целюлозно-паперової та хімічної промисловості України.

Адміністративно ділянка розташована на території Глуховецької селищної ради Козятинського району Вінницької області, поблизу межі з Житомирською областю. Географічне положення характеризується зручним транспортним сполученням, оскільки неподалік проходять автомобільні шляхи та залізнична колія, що створює сприятливі умови для транспортування видобутої сировини. Найближчі населені пункти знаходяться на відстані понад 1,5 км, що відповідає

вимогам санітарно-захисної зони, визначеної для підприємств будівельної промисловості.

Загальна площа Вінницької ділянки родовища становить 554,67 га, з яких безпосередньо у розробці перебуває понад 3,5 га. Межування території визначається суміжними землями сільськогосподарського призначення, а також зонами промислового використання, що створює певні обмеження у землекористуванні, але водночас забезпечує можливості для проведення рекультиваційних заходів після завершення видобутку [42, 43].



Рис. 1. Оглядова карта району робіт

Розробка родовища ведеться відкритим способом згідно з робочим проектом, затвердженим у 2011 році, з урахуванням вимог щодо гірничотехнічної рекультивації. Спеціальний дозвіл на користування надрами видано у 2010 році, а гірничий відвід оформлений у 2014 році, що підтверджує правомірність і офіційний статус діяльності. Згідно з проектом, ґрунтово-рослинний шар підлягає зняттю та складуванню у відвалах для подальшого використання під час відновлення земель. Це дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля та забезпечує можливість відновлення територій після завершення промислової експлуатації.



Рис. 2. Оглядова карта району робіт

Таким чином, Великогадоминецьке родовище каолінів характеризується значними запасами мінеральної сировини, вигідним географічним розташуванням, наявністю сучасної проєктної документації та правового забезпечення діяльності. Водночас розробка обумовлює необхідність врахування екологічних аспектів, зокрема раціонального використання земельних ресурсів та обов'язкової рекультивації порушених територій [42, 43].

2.2. Технологічні процеси видобування каоліну на Великогадоминецькому родовищі

Розробка Великогадоминецького родовища первинних каолінів здійснюється відкритим способом, що обумовлено геологічними та гірничотехнічними умовами. Вибір саме такого методу пояснюється відносно неглибоким заляганням продуктивних пластів та можливістю ефективної організації робіт з мінімальними витратами. Технологічна схема розробки передбачає послідовність операцій, яка охоплює зняття ґрунтово-рослинного

шару, проведення розкривних робіт, видобування корисної копалини, її транспортування, первинне збагачення та рекультивацію порушених земель.

Першим етапом є зняття ґрунтово-рослинного шару, що виконується з метою збереження родючого ґрунту для подальшого використання у рекультиваційних роботах. Потужність гумусового горизонту в межах родовища коливається від 0,2 до 0,4 м. Зняття виконується за допомогою бульдозерів типу ДЗ або аналогічних машин на гусеничному ході, які забезпечують продуктивне переміщення ґрунту в тимчасові відвали. Зрізаний ґрунт складається у спеціально відведених місцях, захищених від ерозійних процесів, з метою подальшого використання для формування рослинного шару після завершення видобувних робіт. Таким чином, уже на початковій стадії передбачаються заходи для зменшення негативного впливу на довкілля [42, 43].

Другим етапом виступають розкривні роботи, спрямовані на видалення порід, які залягають над продуктивним горизонтом каолінів. Розкривні породи представлені переважно пісками, глинами та супіщаними відкладами, середня потужність яких у межах ділянки становить 3–5 м. Для їх видалення застосовуються екскаватори та бульдозери, а також автосамоскиди, які транспортують розкрив у зовнішні відвали. Обсяг розкривних порід щороку може становити кілька десятків тисяч кубометрів, що створює необхідність у грамотній організації відвалів. У процесі експлуатації формуються відвали трапецієподібної форми з укосами, що відповідають нормативним параметрам стійкості. Їхня висота зазвичай не перевищує 10–12 м, що дозволяє запобігати обвалам і зсувам. Відвали розташовуються у межах земельного відводу і з часом підлягають рекультивації [41, 43].

Третім етапом є безпосереднє видобування каоліну. Корисна копалина розробляється одним уступом висотою 5–7 м, що зумовлено будовою родовища. Для проведення видобувних робіт використовується екскаваторна техніка типу ЕКГ, CATERPILLAR або гусеничні екскаватори з ковшами місткістю від 1,5 до 3 м³. Така техніка забезпечує достатню продуктивність і дозволяє розробляти великі обсяги гірської маси за короткий час. Вироблена гірська маса навантажується у

автосамоскиди вантажопідйомністю 16–25 т, серед яких поширені машини типу КрАЗ-65055 та БелАЗ. Транспортування здійснюється технологічними дорогами, які прокладаються у межах гірничого відводу з урахуванням вимог безпеки та організації руху [42, 43].

Четвертим етапом технологічного процесу є транспортування та первинна переробка корисної копалини. Добута каолінова руда направляється на збагачувальну фабрику, де проходить низку процесів. Спочатку відбувається подрібнення та промивання руди, що дозволяє відокремити більші частки та підготувати матеріал до подальшого збагачення. Далі застосовується гідрокласифікація – поділ частинок за крупністю у водному середовищі. В процесі флотаційного збагачення та магнітної сепарації з маси видаляються домішки, зокрема польові шпати, кварц, залізовмісні сполуки, які знижують якість каоліну. У результаті отримується каоліновий концентрат із високим вмістом Al_2O_3 (понад 35 %), що відповідає вимогам промисловості для використання у виробництві паперу, картону, пластмас, гумотехнічних виробів та ультрамарину.

П'ятий етап передбачає поводження з відходами та рекультивація

Блок-схема технологічного процесу видобування каоліну

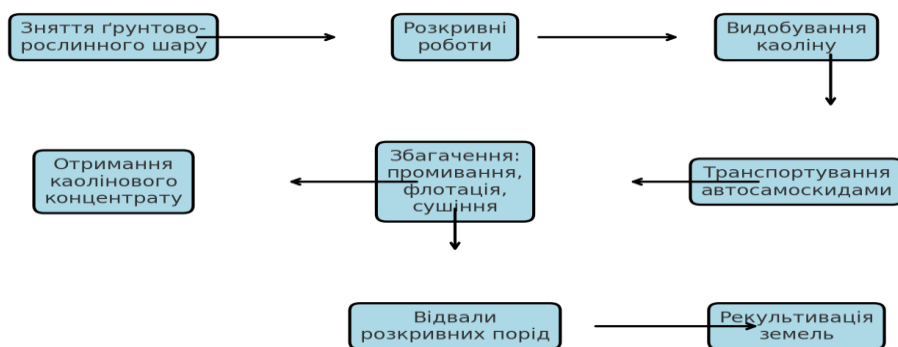


Рис. 3. Технологічний процес видобування каоліну – від зняття ґрунтового-рослинного шару до рекультивації земель.

Блок-схема технологічного процесу видобування каоліну на Великогадоминецькому родовищі відображає логіку і послідовність основних виробничих операцій. У процесі відкритої розробки корисної копалини першим етапом є зняття ґрунтового-рослинного шару, який має важливе значення для подальшої рекультивації земель. Зрізаний шар складається у спеціально відведених місцях, що дає можливість після завершення експлуатації кар'єру відновити родючість ґрунту та повернути землі у сільськогосподарський або лісогосподарський обіг.

Другим етапом є розкривні роботи, пов'язані з видаленням надмірних порід, що перекривають пласти каоліну. Вони проводяться бульдозерами та екскаваторами, після чого розкривні породи складуються у відвали. Саме на цьому етапі формується найбільший обсяг техногенного навантаження на довкілля, оскільки порушується рельєф та мікроструктура ґрунтового покриття.

Основним виробничим етапом є видобування каоліну відкритим способом одним уступом. Екскаватори навантажують гірську масу у автосамоскиди вантажопідйомністю 16–25 т, що забезпечує безперервність виробничого циклу. Наступна операція транспортування сировини на збагачувальну фабрику або проммайданчик.

На етапі збагачення каолінової маси відбувається промивання, флотація, гідрокласифікація та сушіння, що дозволяє видалити домішки та отримати якісний каоліновий концентрат із високим вмістом оксиду алюмінію. Саме цей продукт використовується у паперовій, керамічній, гумотехнічній та інших галузях промисловості.

Паралельно з основним виробничим циклом утворюються відвали розкривних порід, що займають значні площі. Для мінімізації екологічних наслідків вони підлягають поетапному формуванню із застосуванням технологій укріплення та засівання травами. Завершальним етапом технологічного процесу є рекультивація земель, яка включає гірничотехнічну та біологічну стадії. Це дозволяє відновити продуктивність порушених територій і компенсувати наслідки антропогенного навантаження.

Таким чином, схема демонструє не лише основні виробничі операції видобутку каоліну, але й закладає екологічний підхід до використання природних ресурсів. Раціональне управління ґрунтово-рослинним шаром, контроль за відвалами та своєчасна рекультивація є ключовими умовами сталого функціонування кар'єру та зниження його негативного впливу на довкілля [41, 42, 43].

2.3. Кількісний аналіз технологічних процесів

Видобування каоліну на Великогадоминецькому родовищі супроводжується утворенням значних обсягів розкривних порід, викидів пилу та відходів технічного обслуговування кар'єрної техніки. У процесі роботи формується система взаємопов'язаних навантажень на довкілля: вилучення земель, зміна рельєфу, пилоутворення, викиди від двигунів внутрішнього згоряння та накопичення промислових відходів.

Для оцінки навантаження здійснено розрахунок обсягів робіт і супутніх відходів за типовими технологічними показниками відкритих розробок каоліну. Середня потужність розкривного шару становить 3–5 м, тоді як продуктивність кар'єру за проектом сягає 0,8–1,0 млн т на рік. При цьому частка розкривних порід становить у середньому 30–35 % від маси видобутої руди.

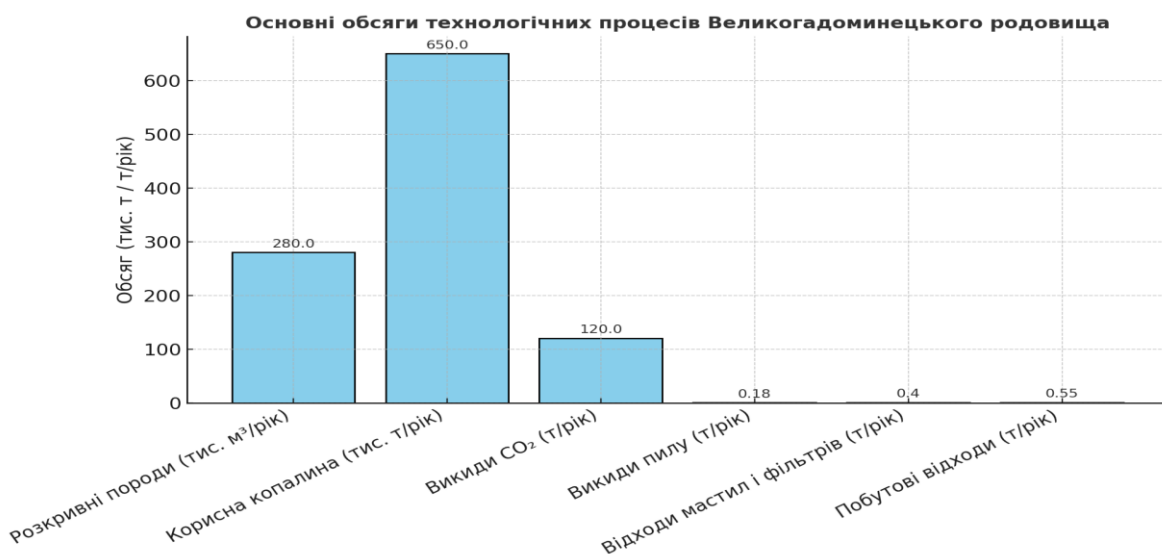


Рис. 5. Співвідношення основних технологічних процесів та утворюваних відходів на Великогадоминецькому родовищі

Стовпчаста діаграма відображає співвідношення основних технологічних процесів та утворюваних відходів у межах діяльності на Великогадоминецькому родовищі каолінів. Як видно з рисунку, найбільшу частку становить видобування корисної копалини, обсяг якої сягає близько 650 тис. т на рік, що зумовлює інтенсивне вилучення земель та зміну рельєфу. Значним є і показник розкривних порід – орієнтовно 280 тис. м³ на рік, які накопичуються у відвалах і потребують подальшої рекультивації.

Серед екологічних навантажень домінують також викиди вуглекислого газу від роботи кар'єрної техніки, які становлять понад 120 т/рік, тоді як пилоутворення під час навантаження та транспортування корисної копалини оцінюється у межах 0,18 т/рік. Інші види відходів мають менші значення: відпрацьовані мастила і фільтри – близько 0,4 т/рік, а побутові відходи від персоналу – приблизно 0,55 т/рік.

Таким чином, діаграма підтверджує, що основне навантаження на довкілля формується за рахунок масштабів видобування корисної копалини та накопичення розкривних порід, тоді як інші види відходів мають локальний і контрольований характер.

Діяльність з видобування каоліну на Великогадоминецькому родовищі характеризується комплексом технологічних процесів, що охоплюють зняття ґрунтово-рослинного шару, проведення розкривних робіт, безпосередній видобуток корисної копалини, транспортування, збагачення та рекультивацію земель. Проведені розрахунки показали, що основне навантаження на довкілля формується за рахунок масштабів вилучення корисної копалини, які щороку сягають понад 650 тис. т, та накопичення розкривних порід у обсязі близько 280 тис. м³/рік. Це визначає потребу у раціональному управлінні відвалами і подальшому проведенні гірничотехнічної та біологічної рекультивації.

Серед супутніх впливів значними є викиди від роботи кар'єрної техніки, зокрема вуглекислого газу в обсязі 120 т/рік, що відображає парниковий ефект діяльності. Пилоутворення (0,18 т/рік), відходи мастил і технічних фільтрів (0,4 т/рік), а також побутові відходи (0,55 т/рік) мають локальний характер і не

перевищують нормативів, однак потребують систематичного екологічного контролю.

Таким чином, технологічний цикл видобування каоліну, попри свою інтенсивність, може здійснюватися з допустимим рівнем техногенного навантаження за умови дотримання природоохоронних заходів. Ключовими напрямками зниження негативного впливу залишаються впровадження систем пилоподавлення, оптимізація паливно-енергетичних витрат техніки та забезпечення ефективної рекультивації порушених земель. У довгостроковій перспективі саме якість виконання рекультиваційних заходів та екологічний моніторинг визначатимуть екологічну стійкість функціонування кар'єру та його прийнятність для навколишнього середовища регіону.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив планованої діяльності на стан атмосферного повітря

Планована діяльність з видобування первинних каолінів супроводжується утворенням викидів забруднюючих речовин до атмосферного повітря, що формуються під час розкривних та видобувних робіт, рекультиваційних процесів, функціонування відвального господарства та експлуатації кар'єрного автотранспорту. У межах оцінки впливу кар'єр розглядається як єдине площинне джерело рівномірно розподілених викидів, що включає пересування техніки та виїмково-навантажувальні процеси.

Основними джерелами викидів визначено:

площинні джерела – видобувні, розкривні та рекультиваційні роботи, формування тимчасових відвалів ґрунтово-рослинного шару та порід;

точкові джерела – заправка дизельним паливом та бензином;

пересувні джерела – двигуни внутрішнього згоряння автотранспорту, що працює в кар'єрі.



Рис. 6. Порівняння викидів від стаціонарних та пересувних джерел

Ось стовпчаста діаграма, (рис 6) що відображає співвідношення викидів від стаціонарних (7,93 т/рік) та пересувних джерел (97,7 т/рік). Вона показує, що основний внесок у забруднення атмосфери забезпечують саме пересувні джерела (кар'єрна техніка та транспорт), тоді як частка стаціонарних джерел є незначною.

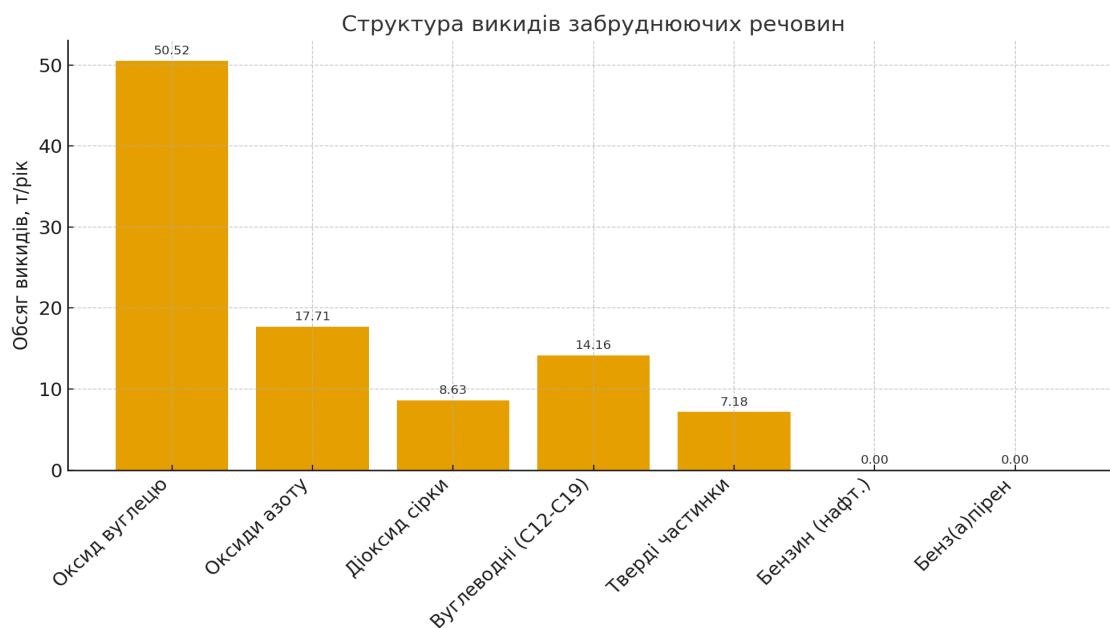


Рис. 7. Структура викидів забруднюючих речовин

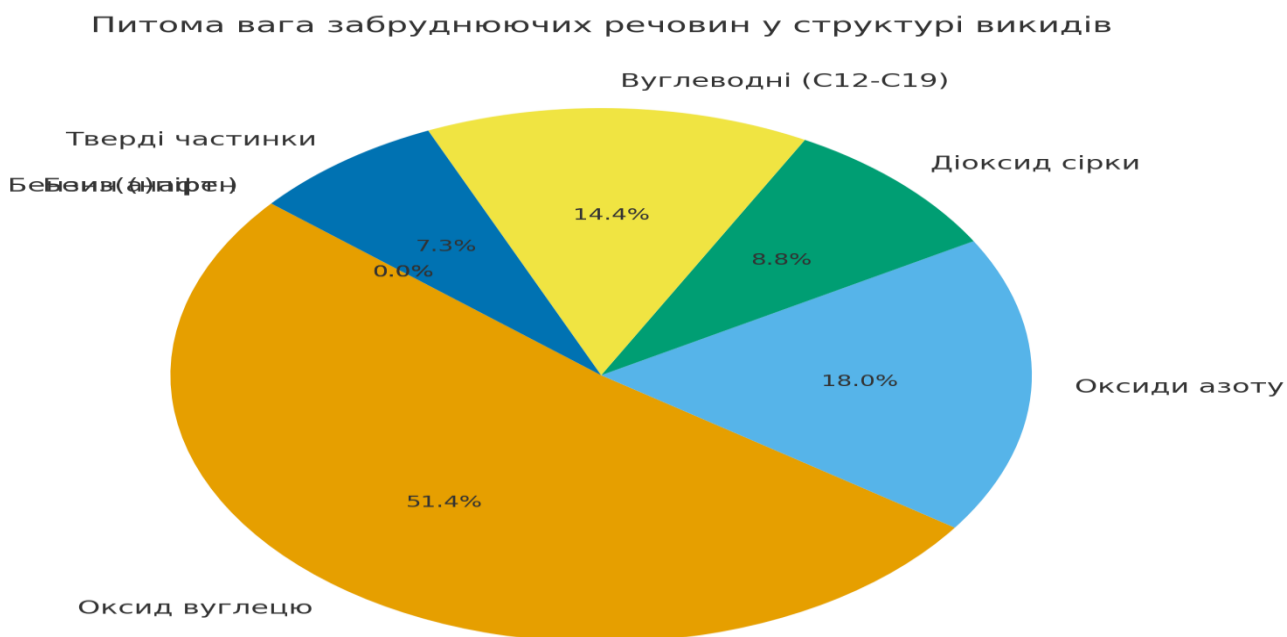


Рис. 8. Питома вага забруднюючих речовин у структурі викидів

Аналіз отриманих результатів розрахунку викидів забруднюючих речовин у процесі планованої діяльності свідчить про суттєве переважання газоподібних компонентів над твердими частинками. На підставі побудованих діаграм видно, що найбільшу частку у загальному обсязі викидів становить оксид вуглецю (CO) близько 50,5 т/рік, що становить понад половину всіх викидів. Це пояснюється

інтенсивним використанням дизельного автотранспорту та техніки з двигунами внутрішнього згоряння, які є основними джерелами цього забруднювача.

Другою за обсягом групою є оксиди азоту (NO і NO_2), кількість яких сягає 17,7 т/рік, що складає майже 20 % загальних викидів. Оксиди азоту є типовими продуктами неповного згоряння палива та мають виражений негативний вплив на атмосферне повітря, спричиняючи утворення вторинних забруднень і фотохімічного смогу.

Значну частку займають також вуглеводні (C_{12} – C_{19}) – близько 14,2 т/рік (понад 13 %). Їх поява пов'язана з випарами палива та мастильних матеріалів, а також частковим згорянням органічних сполук.

Меншою є частка діоксиду сірки (SO_2) – 8,6 т/рік (близько 8 %). Їого джерелами виступають залишкові домішки сірки в паливі. При взаємодії з атмосферою вологою ця речовина може спричиняти кислотні опади.

Тверді частинки (пил недиференційований) становлять близько 6,7 т/рік (приблизно 7 % від загального обсягу). Їх основним джерелом є пересування техніки по кар'єру та операції з переміщення гірської маси.

Мінімальну питому вагу мають бензин (0,8 т/рік) та бенз(а)пірен (0,000143 т/рік), що становлять менше 1 % загального обсягу. Незважаючи на малу кількість, бенз(а)пірен належить до високонебезпечних канцерогенних речовин і має значний екологічний ризик навіть за низьких концентрацій.

Таким чином, результати аналізу свідчать, що основними забруднювачами атмосферного повітря в умовах видобування каолінів є оксид вуглецю, оксиди азоту та вуглеводні, які формують понад 80 % від загальної структури викидів. Це визначає пріоритетні напрями екологічних заходів – зменшення споживання палива, модернізація автотранспорту, використання більш якісних палив та впровадження пилогазоочисних технологій.

Аналіз структури викидів забруднюючих речовин у процесі планованої діяльності показав, що найбільший негативний вплив на атмосферне повітря матимуть пересувні джерела, насамперед кар'єрна техніка та автотранспорт. Домінуючими забруднювачами є оксид вуглецю (50,5 т/рік), оксиди азоту (17,7

т/рік) та вуглеводні (14,2 т/рік), які разом формують понад 80 % загального обсягу викидів. Дещо меншою є частка діоксиду сірки (8,6 т/рік) та твердих частинок (6,7 т/рік), тоді як бензин і бенз(а)пірен мають незначні кількісні показники, але високий токсикологічний ризик.

Загальні обсяги викидів становлять близько 105 т/рік, що свідчить про відчутне локальне навантаження на атмосферне повітря. Разом з тим, розрахунки розсіювання забруднювачів підтвердили, що їх концентрації на межі санітарно-захисної зони не перевищують гранично допустимих норм. Це дозволяє оцінити вплив планованої діяльності як екологічно допустимий за умови дотримання природоохоронних заходів, зокрема контролю витрат палива, своєчасного технічного обслуговування техніки та впровадження пилоподавлення.

Таким чином, найбільш критичними напрямками у сфері зменшення впливу на атмосферне повітря залишаються оптимізація роботи транспорту, використання якісних палив та зниження викидів твердих частинок, що забезпечить збереження екологічної рівноваги у зоні впливу підприємства.

3.2. Характеристика та аналіз утворення відходів у процесі планованої діяльності

У процесі розробки Великогадоминецького родовища первинних каолінів формується широкий спектр відходів різного походження та класу небезпеки. Основними джерелами є робота кар'єрної техніки, обслуговування автотранспорту, ремонтні операції, використання допоміжних матеріалів, а також господарсько-побутова діяльність персоналу. Згідно з розрахунками, орієнтовний загальний обсяг утворення відходів становить 39,931 т/рік, що є суттєвим навантаженням на систему поводження з відходами регіону.

Результати оцінки показують, що найбільшу частку у структурі відходів становлять відпрацьовані масла та мастила моторні, трансмісійні та інші зіпсовані мастильні матеріали – 20,83 т/рік. Вони належать до II класу небезпеки, оскільки містять токсичні сполуки, важкі метали та нафтопродукти, здатні забруднювати ґрунт і підземні води. Друга за значимістю група – шини, зіпсовані під час

експлуатації (7,98 т/рік). Вони належать до IV класу небезпеки, проте є проблемними у поводженні через тривалий період розкладу (понад 100 років) та накопичення у відвалах.

Матеріали обтиральні (ганчір'я, замаслені матеріали) утворюються у кількості 5,719 т/рік і відносяться до III класу небезпеки. Вони акумулюють нафтопродукти, важкі метали та продукти зносу техніки. Їх небезпека пов'язана із ризиком потрапляння токсичних речовин у ґрунтові та поверхневі води.

Батареї та акумулятори (1,029 т/рік, II клас небезпеки) становлять особливу екологічну загрозу через вміст кислот, свинцю та інших важких металів. Навіть у невеликих кількостях ці відходи потребують централізованого збору та передачі на ліцензовані підприємства з утилізації.

Менший обсяг утворюють комунальні (змішані) відходи (4,134 т/рік, IV клас небезпеки), а також зношений одяг і взуття (0,239 т/рік, IV клас). Попри низький клас небезпеки, вони потребують організованого збору та своєчасного вивезення з території підприємства.

Таким чином, аналіз показує, що основні екологічні ризики пов'язані з експлуатацією техніки, яка генерує відходи II–III класів небезпеки (мастила, акумулятори, обтиральні матеріали).



Рис. 9. Обсяги утворення відходів

Важливим аспектом є класифікація відходів за рівнем екологічної небезпеки. Розрахунки показують, що:

II клас небезпеки – 26,549 т/рік (66,5 % від загального обсягу), що охоплює мастила та акумулятори. Ці відходи становлять найбільший ризик для довкілля і потребують обов’язкового централізованого збору.

IV клас небезпеки – 12,353 т/рік (30,9 %), включає побутові відходи, шини, одяг та взуття. Їхня небезпека менша, проте вони мають тенденцію до накопичення.

III клас небезпеки – 1,029 т/рік (2,6 %), переважно обтиральні матеріали, що містять нафтопродукти.

Таким чином, понад дві третини усіх відходів відносяться до II класу небезпеки, що формує головний вектор екологічних ризиків та потребує створення спеціалізованої інфраструктури для поводження з ними.

Розподіл відходів за класами небезпеки

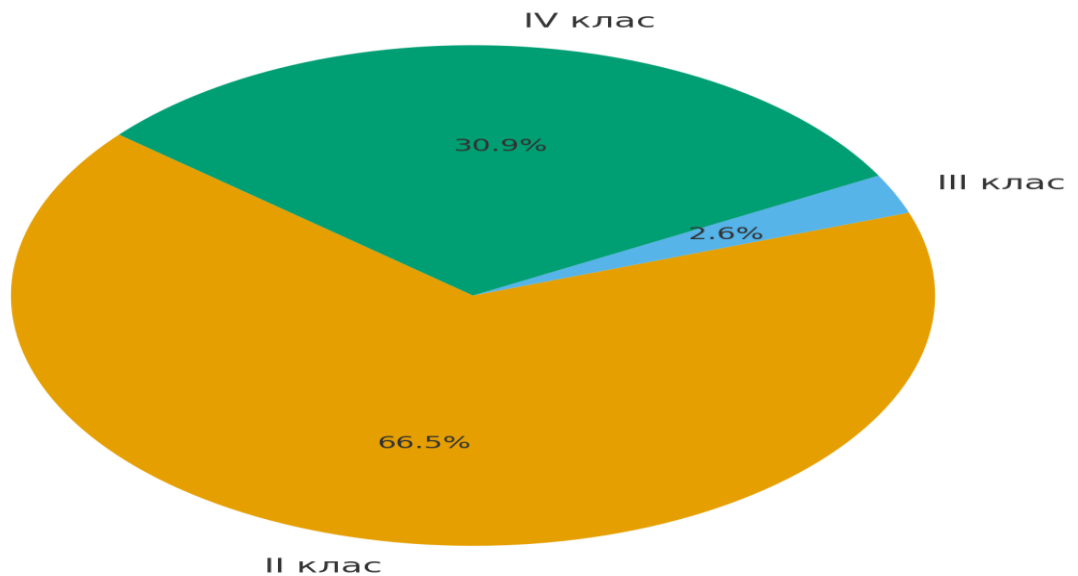


Рис. 10. Аналіз відходів за класами небезпеки

Важливим аспектом є класифікація відходів за рівнем екологічної небезпеки. Розрахунки показують, що:

II клас небезпеки – 26,549 т/рік (66,5 % від загального обсягу), що охоплює мастила та акумулятори. Ці відходи становлять найбільший ризик для довкілля і потребують обов’язкового централізованого збору. IV клас небезпеки –

12,353 т/рік (30,9 %), включає побутові відходи, шини, одяг та взуття. Їхня небезпека менша, проте вони мають тенденцію до накопичення. III клас небезпеки – 1,029 т/рік (2,6 %), переважно обтиральні матеріали, що містять нафтопродукти.

Таким чином, понад дві третини усіх відходів відносяться до II класу небезпеки, що формує головний вектор екологічних ризиків та потребує створення спеціалізованої інфраструктури для поводження з ними.

Проведений аналіз показує, що система поводження з відходами у процесі розробки Великогадоминецького родовища повинна бути орієнтована насамперед на безпечне поводження з мастильними матеріалами та акумуляторами, які складають основну масу небезпечних відходів. Їхня утилізація повинна здійснюватися виключно ліцензованими організаціями.

Особливу увагу слід приділити проблемним категоріям – шинам та замасленим матеріалам, які, хоча й мають нижчий клас небезпеки, характеризуються складністю утилізації та високою ймовірністю вторинного забруднення.

Таким чином, ефективне управління потоками відходів потребує комплексного підходу: селективного збору, тимчасового зберігання у спеціально обладнаних місцях, транспортування на спеціалізовані підприємства та контролю за їх подальшою утилізацією. Це дозволить мінімізувати ризики негативного впливу на довкілля та забезпечить відповідність екологічним вимогам.

3.3. Вплив на водне середовище під час реалізації планованої діяльності

Розробка Великогадоминецького родовища первинних каолінів супроводжується використанням води на господарсько-питні, технологічні та протипожежні потреби. Потреба у питній воді для забезпечення робітників становить близько 1,325 м³/добу або 344,5 м³/рік і задовольняється за рахунок привізної бутильованої води. Для санітарних потреб передбачене використання біотуалетів з періодичним вивезенням рідких побутових стоків на очисні споруди.

У технологічному процесі утворюються також кар'єрні води, що формуються внаслідок атмосферних опадів і водоприпливу підземних горизонтів. Їх відведення передбачено через дренажні канали з похилом у бік водозбірників. Після відстоювання у головному водозбірнику вода повторно використовується для пилоподавлення та технічних потреб. Річна витрата води на ці цілі становить близько 2100 м³/рік. Надлишкові води насосною станцією відкачуються у відстійники ТОВ «Українська каолінова компанія» з подальшим скидом у струмок Руда – притоку річки Гнилоп'ять (басейн Дніпра).

Розрахункові дані свідчать, що забір води з кар'єру складає 22,725 тис. м³/рік, використання на власні виробничі потреби 2,1 тис. м³/рік, а скид зворотних вод у відстійник 20,625 тис. м³/рік.

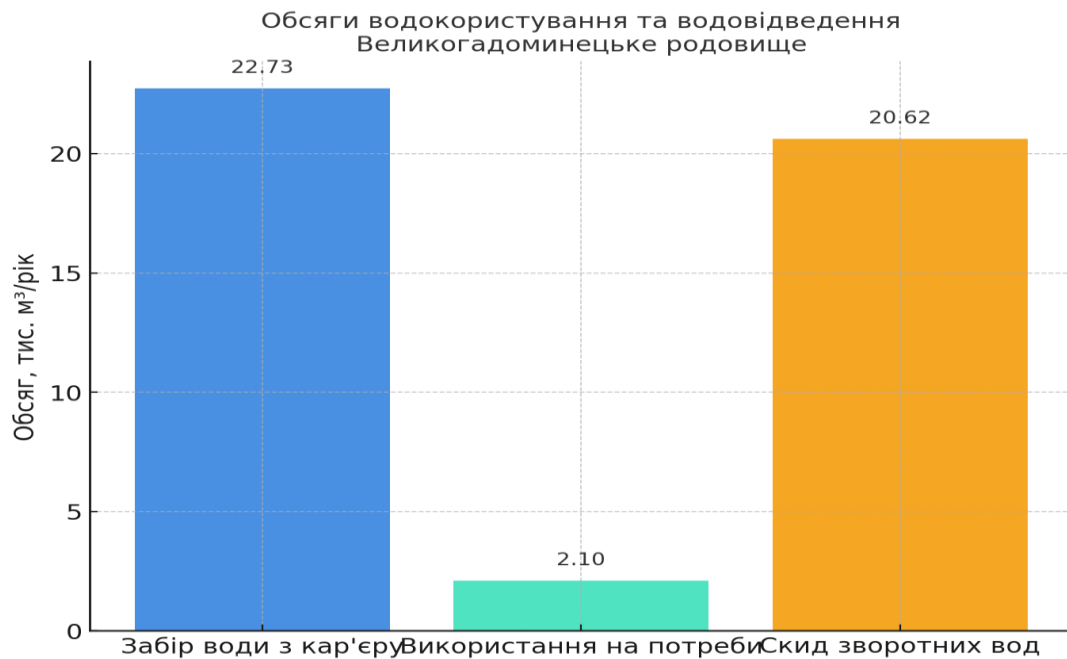


Рис. 11. Обсяги водокористування та водовідведення

Основні ризики для підземних вод пов'язані з можливим проникненням нафтопродуктів та мастил у випадку аварійних ситуацій або розгерметизації техніки. Проте передбачена система збору, відстоювання та повторного використання кар'єрних вод, а також дотримання регламенту з експлуатації обладнання дозволяють знизити ці ризики до екологічно допустимого рівня.

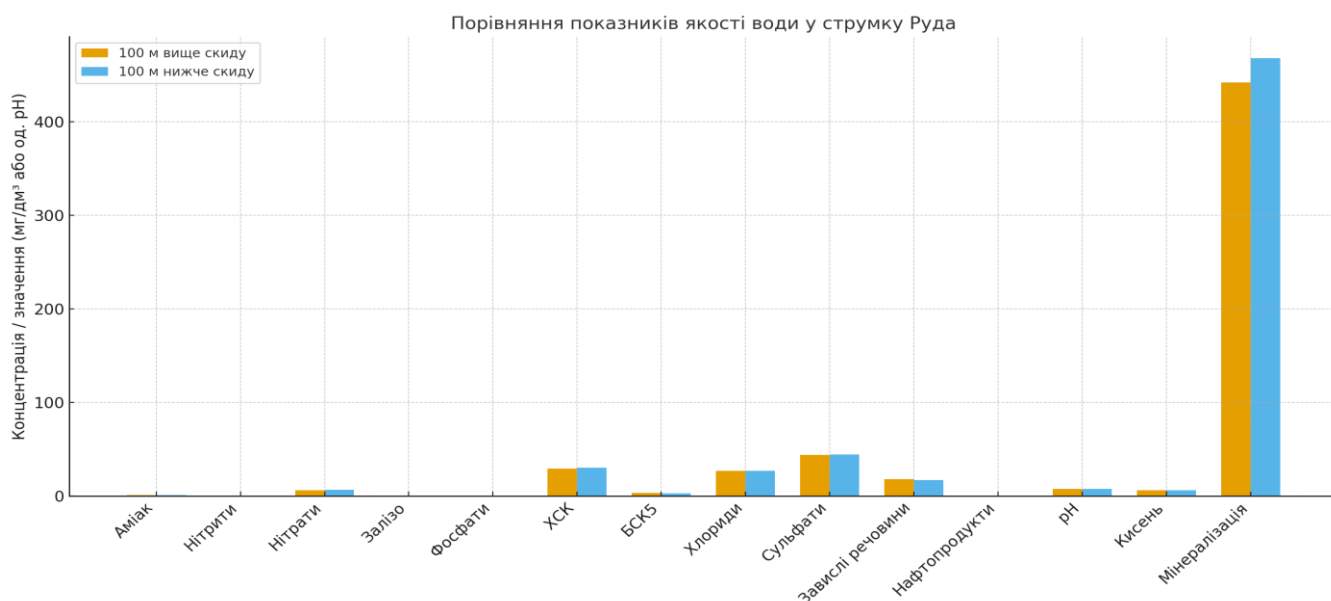


Рис. 12. Аналіз якісної характеристики поверхневих вод струмка Руда

Порівняння якісних показників поверхневих вод струмка Руда вище та нижче місця скиду зворотних вод свідчить про їх незначні зміни. Концентрація аміаку підвищилася з 0,85 до 0,87 мг/дм³, а нітратів – з 6,45 до 6,50 мг/дм³, що свідчить про незначне збагачення азотними сполуками. Вміст фосфатів також дещо зріс (з 0,12 до 0,13 мг/дм³), проте залишається в межах допустимих норм. Спостерігається невелике підвищення мінералізації води (з 442 до 468 мг/дм³), а також хлоридів і сульфатів, що вказує на локальне насичення мінеральними солями.

Рівень нафтопродуктів підвищився з 0,01 до 0,017 мг/дм³, однак такий показник не перевищує гранично допустимих концентрацій. Концентрація розчиненого кисню знизилася з 6,2 до 6,0 мг/дм³, що не створює суттєвої загрози для гідробіонтів. Водневий показник (рН) зберігає нейтральний характер, змінюючись у межах 7,45–7,52.

Таким чином, отримані дані свідчать, що після скиду зворотних вод суттєвого погіршення гідрохімічного режиму струмка Руда не відбувається, а зафіксовані зміни є локальними, незначними та екологічно допустимими.

Таким чином, за умови реалізації передбачених у Звіті з ОВД організаційно-технічних заходів, вплив планованої діяльності на поверхневі та підземні води

можна оцінити як екологічно допустимий і локалізований, без суттєвого ризику для гідрохімічного режиму басейну річки Гнилоп'ять.

Вплив планованої діяльності на водне середовище Великогадоминецького родовища носить локальний та контрольований характер. Використання кар'єрних вод для технологічних потреб у поєднанні з їх відведенням у відстійники забезпечує замкнутість водогосподарського циклу та мінімізує додаткове навантаження на природні водні ресурси. Якісний склад поверхневих вод струмка Руда після скиду зворотних вод практично не відрізняється від фонового: виявлені зміни у вмісті азотних сполук, мінералізації та нафтопродуктів є незначними та не перевищують нормативних вимог. Потенційні ризики для підземних вод пов'язані лише з можливими локальними витоками нафтопродуктів, проте вони можуть бути зведені до мінімуму завдяки передбаченим природоохоронним заходам. У підсумку вплив на водні об'єкти оцінюється як екологічно допустимий, без суттєвого погіршення гідрохімічного режиму басейну річки Гнилоп'ять.

3.4. Вплив планованої діяльності на компоненти довкілля

Реалізація діяльності з видобування первинних каолінів на території Великогадоминецького родовища супроводжується комплексним впливом на природне середовище, який охоплює геологічні структури, рослинний і тваринний світ, кліматичні та мікрокліматичні умови, соціальне середовище, техногенні об'єкти, а також чинники шумового, вібраційного, світлового, теплового та радіаційного характеру. Оцінка очікуваного впливу ґрунтується на результатах моделювання та аналізу відповідних екологічних ризиків, а також на врахуванні нормативних вимог і передбачених природоохоронних заходів.

Вплив на геологічне середовище

Основним фактором впливу планованої діяльності на геологічне середовище є порушення земної поверхні, що виникатиме у процесі проведення розкривних робіт та безпосереднього видобування каолінів. Вилучення гірських порід спричинює локальне зниження якості та втрату родючого шару ґрунту,

трансформацію рельєфу та формування нових антропогенних форм земної поверхні, зокрема кар'єрних виїмок і відвалів. Такі зміни неминуче ведуть до порушення цілісності геологічних структур та локального зниження їхньої стійкості. Просторові межі впливу визначаються глибиною залягання корисної копалини, яка у межах родовища варіює, а також площею, що відведена під промисловий майданчик. Хоча геологічні процеси зазнаватимуть змін, небезпечних інженерно-геологічних явищ, здатних створити критичні ризики, у межах родовища не виявлено. Вплив оцінюється як екологічно допустимий за умови дотримання організаційно-технічних заходів та подальшої рекультивації території.

Вплив на рослинний і тваринний світ

У межах видобувних робіт вплив на флору і фауну прогнозується як тимчасовий та опосередкований. Вилучення частини земель під промисловий майданчик та кар'єр призведе до втрати рослинного покриву на відносно обмеженій території, однак істотних наслідків для загального біорізноманіття регіону не очікується. Фауна, яка мешкає на території, частково мігруватиме до сусідніх ділянок, що характерно для видобувних об'єктів із локалізованим впливом. Тривалість впливу визначатиметься періодом експлуатації кар'єру та завершиться з проведенням рекультиваційних заходів. Важливим є те, що у зоні впливу відсутні території природно-заповідного фонду, пам'ятки природи чи ділянки, перспективні для заповідання, тому ризики для охоронюваних екосистем зведені до мінімуму. За умови виконання передбачених заходів вплив на флору і фауну не призведе до незворотних змін і розглядається як екологічно допустимий.

Вплив на клімат та мікроклімат

Видобування каолінів не передбачає істотних змін у викидах парникових газів чи створення масштабних джерел теплового забруднення. Вплив на кліматичні умови регіону відсутній, оскільки діяльність локалізується на обмеженій площі і не має потенціалу для змін загального кліматичного балансу. Очікувані зміни стосуються лише мікроклімату безпосередньо у межах промислового майданчика, де можуть відбуватися коливання температури,

вологості та руху повітря внаслідок відсутності рослинного покриву та функціонування відкритих поверхонь відвалів і кар'єрної виїмки. Такі зміни є локальними та не поширюються на прилеглі населені пункти. З огляду на це, вплив на клімат і мікроклімат оцінюється як несуттєвий і екологічно допустимий.

Вплив на соціальне середовище

Розробка Великогадоминецького родовища не становить загрози здоров'ю місцевого населення, оскільки діяльність не супроводжується утворенням специфічних фізичних або хімічних факторів, здатних викликати захворювання чи погіршення якості життя. Роботи здійснюватимуться в межах промислового майданчика із дотриманням санітарно-захисних зон, що унеможливило б прямий негативний вплив на житлові території. Водночас реалізація проєкту має потенційно позитивний соціально-економічний ефект, пов'язаний зі створенням робочих місць і залученням додаткових інвестицій у регіон. Таким чином, соціальне середовище не зазнає істотних негативних впливів, а ризики для населення оцінюються як мінімальні.

Вплив на техногенне середовище

У межах ділянки відсутні пам'ятки архітектури, історії, культури чи об'єкти, що мають охоронний статус. Також не зафіксовано зон рекреаційного чи культурного призначення. Це дає підстави вважати, що реалізація планованої діяльності не створить додаткових загроз для техногенного середовища, включно з промисловими та житловими об'єктами, інженерними мережами і транспортною інфраструктурою. Екологічний ризик у цьому напрямі практично відсутній.

Вплив шуму та вібрації

Функціонування кар'єру супроводжуватиметься утворенням шумових та вібраційних навантажень, які виникатимуть у процесі роботи бурових установок, екскаваторів, дробарок та пересування автотранспорту. Проте такі впливи є локальними, їх дія обмежена межами промислового майданчика та прилеглих виробничих зон. Очікуваний рівень шуму не перевищує встановлених санітарно-гігієнічних нормативів, а вібраційний вплив не має потенціалу для спричинення

незворотних змін у ґрунтах чи будівлях. За умови використання сучасної техніки та дотримання вимог охорони праці вплив оцінюється як допустимий.

Вплив світлового, теплового та радіаційного забруднення

У процесі реалізації діяльності не передбачається наявності джерел світлового чи теплового забруднення, здатних чинити істотний негативний вплив на довкілля. Використовувана техніка та обладнання не генерує іонізуючого чи електромагнітного випромінювання, а також ультразвуку чи статичної електрики. Лабораторні дослідження сировини підтвердили, що її радіаційні характеристики відповідають вимогам ДБН і належать до першого класу радіаційної безпеки. Це означає, що використання каолінів не становить загрози для навколишнього середовища та здоров'я населення. Таким чином, вплив світлового, теплового і радіаційного забруднення на довкілля не прогнозується.

Розподіл рівнів екологічного ризику при розробці Великогадоминецького родовища

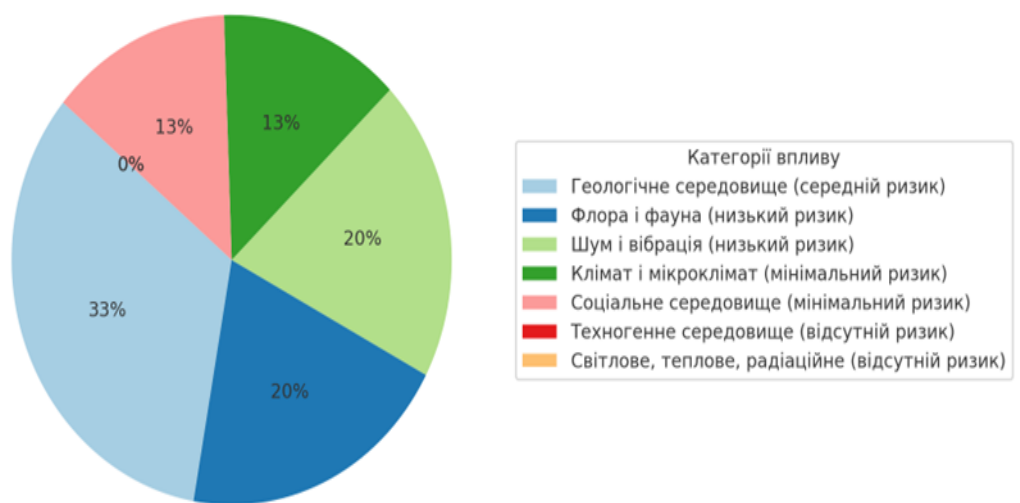


Рис. 13. Розподіл рівнів екологічного ризику

Кругова діаграма (рис 15) «Розподіл рівнів екологічного ризику при розробці Великогадоминецького родовища» демонструє, що найбільший екологічний ризик припадає на геологічне середовище (33 %). Це зумовлено безпосереднім впливом гірничих робіт, які спричиняють порушення рельєфу, формування відвалів та зміну природної структури ґрунтів. Вплив на флору і фауну, а також на рівень шуму та вібрацій оцінюється як низький (по 20 %),

оскільки він має локальний і тимчасовий характер. Для клімату та мікроклімату, а також соціального середовища ризики залишаються мінімальними (по 13 %), що пов'язано з відсутністю значних факторів довготривалого впливу. У свою чергу, світлове, теплове, радіаційне та техногенне забруднення не мають суттєвого значення й оцінюються як відсутні ризики (0 %).

Таким чином, найбільш критичним компонентом у структурі екологічних ризиків залишається геологічне середовище, тоді як інші чинники впливу є контрольованими та не становлять серйозної загрози.

ВИСНОВКИ

1. Великогадоминецьке родовище первинних каолінів має підтверджену потужну сировинну базу й оптимальні гірничо-геологічні умови для відкритої розробки. Основні екологічні ризики локалізовані в межах виробничого майданчика та зосереджені на геологічному середовищі (≈ 33 % у структурі ризику), де формуються кар'єрна виїмка та відвали розкриву; вплив на інші компоненти довкілля оцінено як низький або мінімальний.

2. Структура атмосферних викидів визначається переважно пересувними джерелами (кар'єрна техніка і транспорт), які формують основну частку від загального обсягу (~ 97 – 98 т/рік проти $\sim 7,9$ т/рік стаціонарних). Домінують СО ($\sim 50,5$ т/рік), NO_x ($\sim 17,7$ т/рік) і вуглеводні C₁₂–C₁₉ ($\sim 14,2$ т/рік); SO₂ ($\sim 8,6$ т/рік) і твердий пил ($\sim 6,7$ т/рік) мають меншу, але відчутну частку, тоді як бенз(а)пірен становить слідові кількості. Розсіювання з урахуванням фону показує неперевищення ГДК на межі СЗЗ.

3. Водокористування організоване за замкнутим циклом: забір кар'єрних вод становить $\sim 22,725$ тис. м³/рік, повторне використання на технологічні потреби $\sim 2,1$ тис. м³/рік, скид у відстійники з подальшим відведенням $\sim 20,625$ тис. м³/рік; питні потреби $\sim 344,5$ м³/рік. Порівняння якості води струмка Руда вище/нижче скиду свідчить про незначні, локальні зміни показників (аміак, нітрати, фосфати, мінералізація) без перевищень нормативів, що дозволяє оцінити вплив як екологічно допустимий.

4. Загальний обсяг утворення відходів становить $\sim 39,931$ т/рік, із домінуванням небезпечних відходів II класу ($26,549$ т/рік; $66,5$ %), насамперед відпрацьованих мастил ($20,83$ т/рік) і акумуляторів ($1,029$ т/рік). Відходи IV класу ($12,353$ т/рік) представлені шинами ($7,98$ т/рік), комунальними відходами ($4,134$ т/рік), зношеним одягом і взуттям ($0,239$ т/рік); III клас $1,029$ т/рік (обтиральні матеріали). Критичним є забезпечення селективного збору, герметичного тимчасового зберігання та передачі ліцензованим утилізаторам.

5. Сукупний екологічний вплив діяльності, за умови виконання проектних і природоохоронних рішень (пилоподавлення, енергоефективна експлуатація

техніки, контроль за зберіганням ПММ, дренажно-відстійні системи, селективне поводження з відходами), є керованим і нормативно допустимим: перевищень санітарних нормативів на межі СЗЗ не прогнозується, а ризики для біоти, мікроклімату, соціального та техногенного середовища низькі/мінімальні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Геологічна карта України. Київ: Держгеонадра України, 2020.
2. Тарасов О. В. Каоліни України: ресурси, структура, використання. – Київ: Логос, 2019. – 212 с.
3. Державна служба геології та надр України. Геологічний довідник каолінових родовищ. – Київ, 2021.
4. Гаврилюк І. А., Петренко В. М. Вплив гірничодобувної промисловості на довкілля Полісся. // Екологічний вісник. – 2022. – №3. – С. 24–29.
5. Кушнір С. В. Ерозійні процеси на порушених землях Полісся. – Рівне: РДГУ, 2018.
6. Паньківський С. Г. Рекультивация порушених земель: стан і перспективи. – Київ: Центр екологічної освіти, 2019.
7. Романюк С. М. Трансформація земель у районах гірничих розробок. // Екологічна безпека. – 2020. – №4. – С. 12–18.
8. Беляєва І. М. Гідрохімічна оцінка стічних вод каолінових кар'єрів. – Вінниця: ВНАУ, 2019.
9. Кондратюк В. С. Гідрологічні наслідки техногенних впливів. – Чернігів: НУЧ, 2021.
10. Стельмах П. П. Вплив видобування корисних копалин на рівень підземних вод. // Наукові записки ПНУ. – 2020. – №1. – С. 33–39.
11. Шевчук П. П. Енерго- та водозберігаючі технології в гірничій промисловості. – Київ: НАН України, 2021.
12. Звіт з ОВД ТОВ «Українська каолінова компанія». – Вінниця, 2019.
13. Дяченко Л. В. Аналіз пилових викидів у кар'єрах Полісся. // Екологічна інженерія. – 2022. – №1. – С. 56–61.
14. Левицький Ю. О. Повітряне середовище промислових регіонів України. – Київ: НУБіП, 2018.
15. Колісник В. П. Методи пилоподавлення в кар'єрних умовах. // Геотехнічний журнал. – 2021. – №3. – С. 17–23.

16. Левчук І. В. Вплив гірничих робіт на біоту Полісся. // Лісівництво і агроекологія. – 2022. – №2. – С. 41–48.
17. Екологічна безпека регіонів України / за ред. В. Тарана. – Київ: Основа, 2020.
18. Літопис природи Поліського заповідника. – Житомир: ПНУ, 2021.
19. Гончаренко І. В. Промислові відходи та їх утилізація. – Львів: ЛНУ, 2019.
20. Єрмакова О. П. Моніторинг стану довкілля у гірничодобувних регіонах. – Харків: ХНУ, 2020.
21. Державна екологічна інспекція України. Аналітичний звіт про стан довкілля Полісся, 2023.
22. Klimenko, O. et al. Environmental Impact of Kaolin Mining in Ukraine. Environmental Monitoring and Assessment, 2022.
23. Бондар А. В. Комплексні природоохоронні заходи при відкритому видобутку корисних копалин. – Київ: Екобезпека, 2021.
24. Гавриленко, Л. М. Геоєкологічні наслідки розробки родовищ нерудних корисних копалин на території України. – Київ: НАН України, 2020. – 214 с.
25. Журавель, В. С. Гідрогеологічні умови формування техногенних водойм на місці відпрацьованих кар'єрів. – Харків: ХНУ ім. В. Каразіна, 2020.
26. Горбань, Л. М. Просторові особливості забруднення атмосферного повітря в районах відкритих розробок. // Екологічна безпека. – 2021. – №4. – С. 27–34.
27. Слюсар, І. М. Вплив гірничодобувної діяльності на якість поверхневих вод. // Вісник Дніпровського нац. університету. – 2019. – №2(128). – С. 85–91.
28. Савчук, О. І. Рекультивація порушених земель у системі сталого розвитку гірничих територій. – Київ: Ліра-К, 2021. – 160 с.
29. Ковальчук, М. І. Біологічна рекультивація земель після видобування каоліну у Вінницькій області. // Агроєкологічний журнал. – 2022. – №1. – С. 43–50.

30. Ткачук, С. В. Моніторинг стану атмосферного повітря у зоні впливу гірничодобувних підприємств. – Житомир: ПНУ, 2021.
31. Koval, T., Lushchak, O., & Hryhorenko, S. Environmental effects of open-pit kaolin mining in Central Ukraine. *Journal of Environmental Management*, 2021, Vol. 292, 112–125.
32. Миронюк, В. П. Особливості формування техногенних ландшафтів Полісся внаслідок видобутку каоліну. // *Географічні дослідження*. – 2020. – №2. – С. 11–18.
33. Корбут, В. М. Радіоекологічна оцінка гірничих територій північного Полісся. // *Радіоекологія і безпека довкілля*. – 2019. – №2. – С. 55–61.
34. Поплавська, Л. В. Застосування екологічних стандартів ISO 14001 у гірничодобувній галузі. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2022.
35. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні за 2023 рік. – Київ: Міндовкілля України, 2024. – 276 с.
36. Гриценко, С. І. Екологічна безпека гірничих виробництв: оцінка, управління, прогнозування. – Дніпро: УкрНДІЕП, 2022. – 240 с.
37. Міністерство захисту довкілля України. Національна стратегія поводження з відходами до 2030 року. – Київ, 2022.
38. Kaolinite. Genesis, properties and applications.” insgeo.com.ua
39. The environmental risks from a critical minerals rush in Ukraine.” CEOBS. 2024 загальний огляд екологічних ризиків у видобувній галузі. ceobs.org
40. The Mineral Industry of Ukraine in 2020-2021.” USGS, 2025 статистика та тенденції видобутку, у тому числі каоліну. pubs.usgs.gov
41. Макарук Д. В., Грищук І. А., Зайцев Д. С. Екологічні аспекти промислової розробки Станишівського-1 родовища пісків і суглинків (Житомирська область) // *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 2 жовтня 2025 р.* – Біла Церква: Білоцерківський НАУ, 2025. – С.10 –12.

42. Зайцев Д. С., Макарук Д. В., Грищук І. А. Екологічні аспекти видобутку каолінів на прикладі Великогамінецького родовища // Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 2 жовтня 2025 р. – Біла Церква: Білоцерківський НАУ, 2025. – С. 9–10.

43. Зайцев Д. С. Вплив на довкілля діяльності з видобутку каолінів на прикладі Великогадомецького родовища (Вінницька область) // Ліс, наука, молодь: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. – Житомир: Поліський національний університет, 2025. – С. – 115.

