

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ВПЛИВ ДП «МИРНОГРАДВУГІЛЛЯ» НА СТАН ДОВКІЛЛЯ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконала: бакалавр 4 курсу, групи ДЕ-41
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора _____ / _____ Марія МУСИХІНА
(підпис) (ім'я, прізвище)

Керівник _____ / _____ доц. Анастасія КЛЄЩ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / Надія МАКСИМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Аліна ГРЕЧКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Інститут: Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) – бакалавр
Спеціальність: 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ /проф. Надія МАКСИМЕНКО
підпис ім'я та прізвище

«30» травня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Мусихіна Марія Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Тема роботи: Вплив ДП «Мирноградвугілля» на стан довкілля Донецької області

керівник роботи Анастасія КЛЄЩ, кандидат географічних наук
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом по університету від «16» квітня 2025 року № 4301-5/967

2. Строк подання студентом роботи «30» квітня 2025 року

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Систематизувати інформацію стосовно впливу діяльності з видобутку вугілля на стан довкілля у Донецькій області;

2. опанувати хіміко-аналітичні та фізичні методи та методики визначення показників впливу діяльності підприємств вугільної промисловості на екологічний довкілля;

3. проаналізувати зміни екологічних показників стічних вод шахт «Центральна», «5/6», «Капітальна» ДП «Мирноградвугілля»;

4. виконати порівняльну оцінку екологічної якості стічних вод шахт ДП «Мирноградвугілля» перед випуском у водний об'єкт за показником комплексного індексу забруднення (КІЗ).

4. План роботи:

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Опрацювання літературних джерел з обраної тематики дослідження та написання першого (теоретичного) розділу роботи.
2	Підготовка тексту другого (методичного) розділу роботи, знайомство з методиками проведення лабораторних та натурних досліджень.
3	Проведення лабораторних та натурних досліджень показників впливу шахт «Центральна», «5/6», «Капітальна» ДП «Мирноградвугілля» на стан довкілля. Збір та статистична обробка даних протоколів дослідження.
4	Аналіз одержаних результатів дослідження, підготовка картографічних творів, оформлення графіків та таблиць.
5	Написання тексту третього (дослідницького) розділу роботи.
6	Робота над укладанням анотацій, змісту, списку джерел і загальних висновків роботи.
7	Норм контроль та подача роботи на кафедру.

5. Дата видачі завдання «28» травня 2024 року.

Студент _____

підпис

Марія Мусихіна

ім'я, прізвище

Керівник роботи _____

підпис

доц. Анастасія КЛЄЩ

посада, ім'я, прізвище

АНОТАЦІЯ
ВПЛИВ ДП «МИРНОГРАДВУГІЛЛЯ» НА СТАН ДОВКІЛЛЯ
ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Марія МУСИХІНА

Кваліфікаційна робота «Вплив ДП «Мирноградвугілля» на стан довкілля Донецької області» містить 60 сторінок, 3 розділи, 7 підрозділів, 9 таблиць, 18 рисунків, 22 використаних джерел.

Головною метою дослідження є оцінити вплив діяльності ДП «Мирноградвугілля» на стан довкілля Донецької області шляхом аналізу динаміки екологічних показників стічних вод.

Актуальність дослідження обумовлена тим, що діяльність ДП «Мирноградвугілля» спричиняє значні екологічні ризики, зокрема забруднення водних ресурсів, атмосфери та деградацію ландшафтів через утворення відвалів. Оцінка впливу шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» набуває особливої важливості для попередження надзвичайних екологічних ситуацій та моніторингу змін, спричинених руйнуванням інфраструктури внаслідок широкомасштабної військової агресії проти України.

Завдання: 1. узагальнити інформацію щодо екологічних наслідків вуглевидобувної діяльності у Донецькій області; 2. опанувати хіміко-аналітичні методи оцінки впливу вугільних підприємств на довкілля; 3. проаналізувати зміни екологічних показників стічних вод шахт ДП «Мирноградвугілля»; 4. Виконати порівняльну оцінку екологічної якості стічних вод шахт ДП «Мирноградвугілля» перед випуском у водний об'єкт за показником комплексного індексу забруднення (КІЗ).

ДП «МИРНОГРАДВУГІЛЛЯ», ДОНЕЦЬКА ОБЛАСТЬ, ШАХТИ,
СТІЧНІ ВОДИ, ГДК, КОМПЛЕКСНОГО ІНДЕКСУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОД.

ABSTRACT

THE IMPACT OF THE STATE ENTERPRISE

"MYRNOHRADVUHILLIA" ON THE ENVIRONMENT IN

DONETSK REGION

Mariia MUSYKHINA

The qualification work "The impact of SE "Myrnohradvuhillia" on the environmental state of Donetsk region" contains 60 pages, 3 sections, 7 subsections, 9 tables, 18 figures, 22 references.

The main objective of the study is to assess the impact of SE "Myrnohradvuhillia" activities on the environmental state of Donetsk region by analyzing the dynamics of ecological indicators of wastewater.

The relevance of the study is determined by the fact that the activities of SE "Myrnohradvuhillia" cause significant environmental risks, including contamination of water resources, the atmosphere, and landscape degradation due to the formation of spoil heaps. The assessment of the impact of the "Centralna," "5/6," and "Kapitalna" mines is of particular importance for preventing emergency ecological situations and monitoring changes caused by the destruction of infrastructure as a result of large-scale military aggression against Ukraine.

Objectives: 1. summarize information on the environmental consequences of coal mining activities in Donetsk region; 2. master chemical-analytical methods for assessing the impact of coal enterprises on the environment; 3. analyze changes in the ecological indicators of wastewater from the mines of SE "Myrnohradvuhillia"; 4. Perform a comparative assessment of the ecological quality of wastewater from the mines of SE "Mirnogradvuhillia" before discharge into a water body using the comprehensive pollution index (CPI).

SE «MYRNOHRADVUHILLIA», DONETSK REGION, MINES, WASTEWATER, MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATION, COMPREHENSIVE POLLUTION INDEX.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ДІЯЛЬНОСТІ З ВИДОБУТКУ ВУГІЛЛЯ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ У ДОНЕЦЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	9
1.1 Основні напрямки та особливості впливу вугільної гірничодобувної промисловості на довкілля Донецької області.....	9
1.2 Екологічні ризики техноекосистем вугільних родовищ Донецької області.....	12
1.3 Напрямки зменшення негативного впливу вугільної гірничодобувної промисловості на довкілля Донецької області	19
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	23
2.1 Методи відбору та лабораторних хіміко-аналітичних досліджень зразків шахтних стічних вод.....	23
2.2 Методика обчислення комплексного індексу забруднення стічних вод.	26
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	30
3.1 Аналіз динаміки екологічних показників стічних вод шахт «Центральна», «5/6», «Капітальна» ДП «Мирноградвугілля».....	30
3.2 Оцінка екологічної якості стічних вод шахт ДП «Мирноградвугілля» за показником комплексного індексу забруднення (КІЗ)	56
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
ДОДАТКИ.....	

ВСТУП

Актуальність дослідження. Вугільна промисловість є одним із найпотужніших факторів антропогенного навантаження на довкілля Донецької області, яка до початку військової агресії була регіоном України із найбільш розвиненим видобутком.

Діяльність ДП «Мирноградвугілля» супроводжується значними екологічними ризиками, зокрема забрудненням водних ресурсів, атмосфери та деградацією ландшафтів через утворення відвалів. В умовах воєнного конфлікту, який безпосередньо впливає на промислові підприємства Донеччини, моніторинг їхнього впливу на екологічний стан довкілля є особливо важливим для попередження надзвичайних екологічних ситуацій.

Оцінка впливу шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» ДП «Мирноградвугілля» набуває особливої значущості у сучасних умовах, оскільки воєнний конфлікт створює високий ризик руйнування інфраструктури та порушення технологічних процесів цих підприємств, що в свою чергу призводить до посилення екологічних ризиків.

Мета дослідження – оцінити вплив діяльності ДП «Мирноградвугілля» на стан довкілля Донецької області шляхом аналізу динаміки екологічних показників стічних вод.

Об’єктом дослідження є екологічний стан довкілля у зоні впливу вуглевидобувної діяльності ДП «Мирноградвугілля» у Донецькій області.

Предмет дослідження – показники забруднення стічних вод, спричинені діяльністю шахт «Центральна», «5/6», «Капітальна» ДП «Мирноградвугілля».

Згідно до визначеної мети, поставлені наступні **завдання роботи**:

1. Узагальнити інформацію щодо екологічних наслідків вуглевидобувної діяльності у Донецькій області.
2. Опанувати хіміко-аналітичні методи оцінки впливу вугільних підприємств на довкілля.

3. Проаналізувати зміни екологічних показників стічних вод шахт «Центральна», «5/6», «Капітальна» ДП «Мирноградвугілля».

4. Виконати порівняльну оцінку екологічної якості стічних вод шахт ДП «Мирноградвугілля» перед випуском у водний об'єкт за показником комплексного індексу забруднення (КІЗ) .

Методи дослідження – аналіз літературних джерел, хіміко-аналітичні методи дослідження стічних вод та якості атмосферного повітря, геоінформаційне моделювання теплового забруднення, методи дистанційного зондування Землі, статистичний аналіз динаміки екологічних показників, порівняльний аналіз екологічних даних.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ ДІЯЛЬНОСТІ З ВИДОБУТКУ ВУГІЛЛЯ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ У ДОНЕЦЬКІЙ ОБЛАСТІ

1.1 Основні напрямки впливу вугільної гірничодобувної промисловості на екологічний стан довкілля Донецької області

Вуглевидобувна промисловість є стрижневим елементом економічної діяльності у Донецькій області та обумовлює значне антропогенне навантаження на всі компоненти її довкілля. Комплексний аналіз впливу вугільної гірничодобувної промисловості передбачає розгляд як прямих екологічних змін, так і опосередкованих наслідків, пов'язаних із порушенням стабільності техногенних екосистем, що спричинені військовою агресією у цій області України.

Донецька область, як частина Донбасу, традиційно є значущим центром вугільної промисловості України. Станом на 2020 рік із 148 зареєстрованих шахт України 102 належали державі, 16 – приватним компаніям (переважно у концесії ТОВ «ДТЕК»), з яких 67 об'єктів розташовувалися на тимчасово окупованих територіях [9]. Важливо підкреслити, що саме Донецька область концентрує найбільшу кількість вугледобувних підприємств, які з 2014 року та дотепер опинилися у зоні активних бойових дій. До початку широкомасштабної агресії у лютому 2022 року 33 шахти на непідконтрольних частинах Донецької та Луганської областей формально залишалися діючими.

Так, станом на 2019 р. в межах північного й південного крила Центрального району Донбасу розташовувались як вугільні шахт державних підприємств (ДП) на підконтрольній території поблизу лінії розмежування, так і шахти на непідконтрольній українській владі території (рис.1.1).

Повномасштабна військова агресія росії з лютого 2022 року, системні обстріли критичної інфраструктури, активні бойові дії та окупація нових

територій призвели до повного або часткового знищення низки вугільних шахт Донеччини, які до 2022 року ще зберігали функціональність.

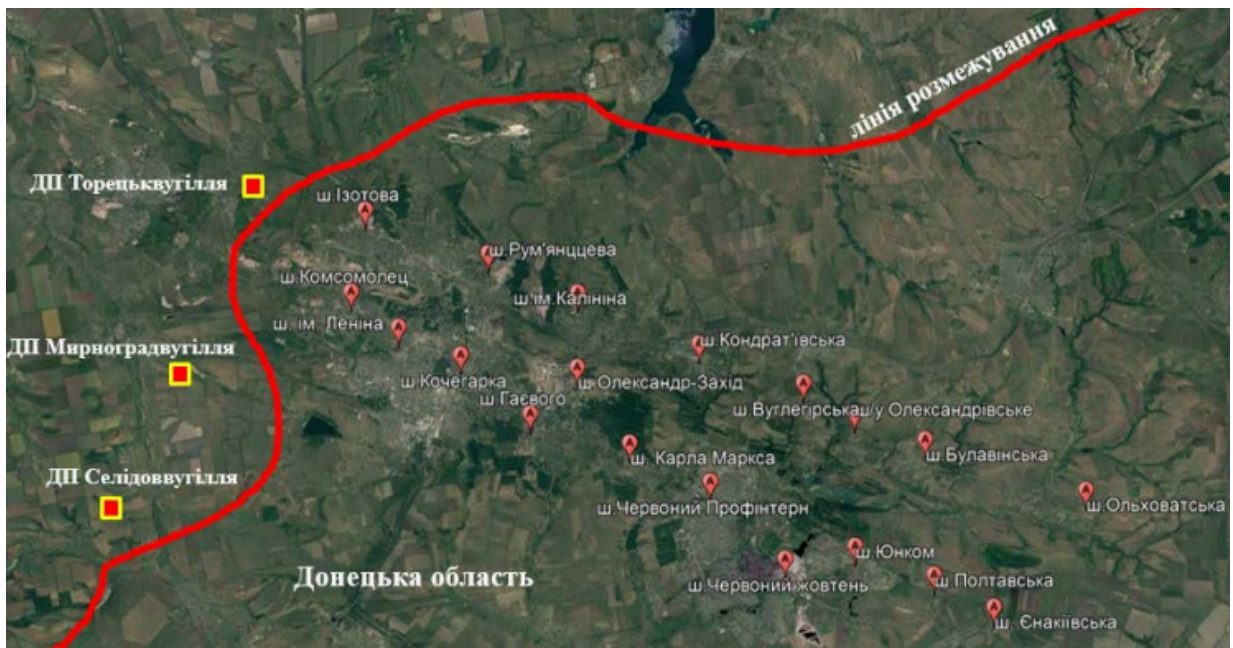


Рис. 1.1 – Локалізація вугільних шахт у північній та південній частинах центрального регіону Донбасу відносно лінії розмежування станом на 2019 р. [13]

То ж, наразі точне визначення кількості підприємств вугільної галузі, що перебувають під тимчасовою окупацією або постраждали від безпосереднього впливу мілітарного конфлікту є ускладненим через інтенсивну динаміку воєнного конфлікту та відсутність доступу та достовірної інформації щодо діяльності підприємств до зон бойових дій.

Гірничодобувна діяльність загалом, та вугільна зокрема, характеризується специфічним комплексним антропогенним впливом високої інтенсивності на практичного компоненти природного середовища, що відрізняє її від інших видів промисловості. Виробнича діяльність вугільних шахт здатна призводити до трансформації морфології геологічного фундаменту (формування підземних пустот, які провокують субсиденцію поверхні, та накопичення породних відвалів), погіршення екологічного стану

поверхневих та підземних вод (надходження незадовільно очищених стічних вод у поверхневі водойми, інфільтрація підземних вод у порожнини з подальшим підтопленням територій і забрудненням ґрунтів мінералізованими розчинами тощо), а також забруднення атмосферного повітря (викиди промислових котелень, вторинне пилоутворення через ерозію відвалів тощо).

Специфіка антропогенного впливу вуглевидобувної промисловості Донецької області полягає в посиленні традиційних екологічних загроз (утоврення та горіння відвалів, викиди в атмосферу та скиди стічних вод) військово-техногенними факторами. В узагальненому вигляді сукупність відомих впливів підприємств вугільної гірничодобувної промисловості на екологічний стан довкілля Донецької області подано у табл.1.1.

Таблиця 1.1

Механізми та екологічні наслідки антропогенного впливу вугільної промисловості на компоненти довкілля Донецької області
(укладено на основі [3, 5-7])

Категорія впливу	Механізм	Екологічні наслідки для довкілля Донецької області
Літосферні зміни	Формування підземних пустот глибиною до 500 м (наслідок інтенсивного видобутку вугілля у Донбасі)	Масові провали ґрунту (наприклад, у м. Мирноград, Селидове); деформація міської інфраструктури
	Накопичення 585 породних відвалів (станом на 2015 р.), з яких 132 – горючі	Втрата 12-15% продуктивних земель; токсичні викиди від палаючих териконів (SO ₂ , CO, діоксиди)
Деградація ґрунтового покриву	Накопичення важких металів (Pb, Cd, Zn) у верхніх шарах ґрунтів через пилові виноси з відвалів	Зниження родючості на 40-60% у районах Селидове, Мирноград; кислотність ґрунтів (pH 3.8-4.5)
	Затоплення територій кислотними шахтними водами	Утворення солончаків та сульфатних корок на поверхні ґрунту

Продовження табл. 1.1

	Механічна ерозія через руйнування рослинного покриву	Втрата орного шару ґрунту
Гідросферні порушення	Затоплення 42 шахт після 2014 р. через припинення водовідведення (зокрема, шахти «Центральна», «5/6»)	Забруднення р. Кальміус солями важких металів (Fe^{2+} , Mn^{2+} – перевищення ГДК у 3-5 разів)
	Витік шахтних вод із зруйнованих дренажних систем через обстріли (2022-2023 рр.)	Закислення ґрунтів (рН 3.5-4.0) у прилеглих до шахт районах
Атмосферне забруднення	Ерозія палаючих відвалів (60 активних джерел горіння)	Формування смогових куполів над містами (Покровськ)
	Викиди метану з деградованих шахтних виробок	Збільшення концентрації CH_4 у приземному шарі повітря (до 15-20 mg/m^3 при нормі 1 mg/m^3)
Біотичні зміни	Деградація ґрунтів через пилові виноси з відвалів	Скорочення біорізноманіття степових екосистем, зникнення чутливих видів-ендемів
	Контамінація водою важкими металами (Pb, Cd, Zn)	Накопичення токсикантів у тканинах риби (риба-головень, плітка) – перевищення норм у 2.8-4.1 рази
Соціально-економічні ефекти	Зниження врожайності с/г культур через закислення ґрунтів	Втрата 30-40% посівних площ пшениці та соняшнику в Покровському районі

1.2 Екологічні ризики техноекосистем вугільних родовищ Донецької області

Донецька область однією з найбільших індустріалізованих областей України, десятиліттями зазнає екологічних наслідків від діяльності вуглевидобувної промисловості. Функціонування шахт призвело до накопичення породних відвалів, забруднення атмосферного повітря,

поверхневих вод і ґрунтового покриву. Водночас, агресивні загарбницькі бойові дії на території області значно посилили екологічні ризики, пов'язані з техноекосистемами вугільних родовищ, зокрема:

- неконтрольовані викиди токсичних речовин із палаючих відвалів;
- затоплення шахтних виробок із подальшим забрудненням підземних вод;
- руйнування інфраструктури, що унеможлиблює проведення заходів контролю та рекультивації.

Комплексний аналіз екологічних ризиків техноекосистем підприємств вугільних родовищ Донецької області дозволить ідентифікувати ключові механізми їхнього формування та прогнозувати масштаби їх впливу.

Власне, традиційно підприємства гірничовидобувні вугільної промисловості (включно із вугільними шахтами та породними відвалами), розглядаються дослідниками у галузі екології як техноекосистеми, оскільки вони поєднують в собі складові виробничих (соціо-технічних) і природних систем [2].

В основі ідентифікації екологічних ризиків техногенного походження техноекосистем вуглевидобувних підприємств та їх подальшої оцінки в першу чергу лежать техніко-технологічні параметри гірничодобувних процесів підприємств. Інформаційну базу формує комплекс даних джерел екологічних ризиків техногенного походження, що включають часові характеристики (термін експлуатації шахти, період до початку рекультивації відвалів, тривалість ліквідації пожеж), просторові параметри (площа земельного відводу шахти, породного відвалу, механічної та санітарно-захисної зон, розмір виробленого простору та поверхні відвалів), ресурсно-виробничі показники (обсяг видобутку вугілля, водоприток у шахту, потужність розроблюваних пластів), технологічні особливості (тип і кількість палива для котелень, витрати пального, температура гірничих порід), забруднюючі фактори (рівень радіації, шуму, вмісту метану, площа осередків горіння на відвалах, обсяг згорілого вугілля) [3].

Для більш детального аналізу екологічних ризиків технооекосистем вугледобувних підприємств є доцільним класифікувати їх за джерелом формування, що дозволяє виокремити їх специфічні механізми впливу на стан довкілля. Серед найбільш значущих екологічних ризиків підприємств видобутку вугілля, що значним чином загострились внаслідок збройної агресії, передусім є ризики, що формуються породними відвалами та ризики, що пов'язані з шахтними водами, тому зупинимось на їх розгляді більш детально.

Екологічні ризики породних відвалів. Породні відвали вугледобувних підприємств в Донецькій області становлять одну з найгостріших екологічних загроз, масштаби якої набули критичного характеру. Станом на 2015 рік в межах області налічувалося 585 породних відвалів, причому 132 з них перебували у стані активного горіння [9]. Породні відвали (терикони), що розташовуються в межах області, представлені всіма групами, залежно від стадії фізико-хімічних процесів та степенями, залежно від потенційної екологічної небезпеки (рис.1.1).



Рис. 1.2 – Загальна схема класифікації породних відвалів (укладено за [9])

На рис. 1.2 у вигляді блок-схеми систематизовано сукупність екологічних ризиків, джерелами формування яких є породні відвали вуглевидобувної галузі, які детально проаналізовані у публікаціях [11,12].

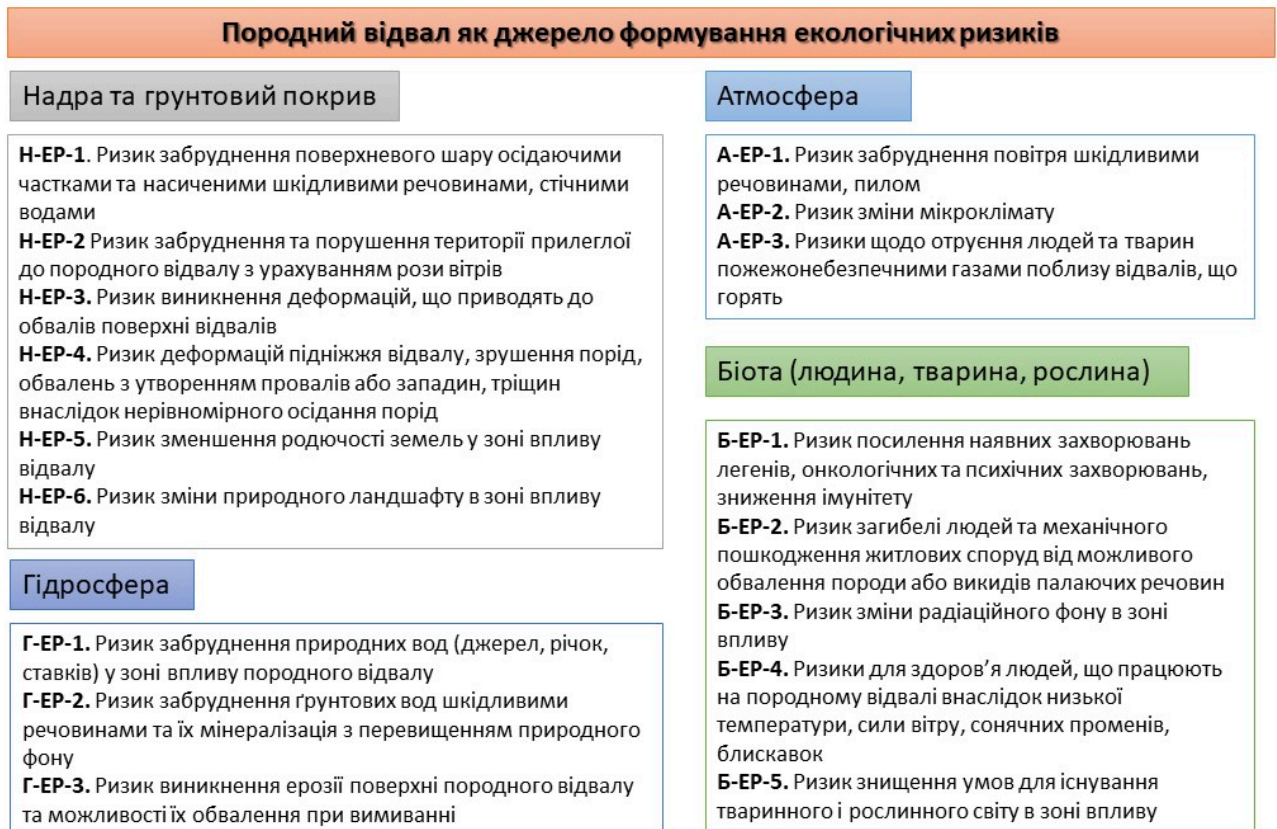


Рис. 1.3 – Комплекс екологічних ризиків, що формують породні відвали вуглевидобувної галузі (укладено за [11, 12])

Варто також наголосити, що схематично відображені за впливом на компоненти довкілля, наведені екологічні ризики можуть взаємодіяти між собою, що здатно призводити до виникнення кумулятивних негативних впливів на довкілля (формування кислотних дощів, скорочення біорізноманіття, соціально-економічних втрат тощо).

Оскільки склад породних відвалів складають глинисті різновиди пісковіку, алевроліти, вапняк, а також залишки вугілля, які можуть окислюватися, то відвали мають здатність до самозаймання. В умовах впливу військових чинників, зокрема детонації боєприпасів у зоні бойових дій,

ймовірність каталітичного прискорення екзотермічних реакцій значно зростає. Це може спричинити каскадні вибухи, які супроводжуються масовими викидами токсичних газів (CH_4 , H_2S , CO), що в свою чергу може призвести до значного зростання рівня атмосферного забруднення леткими сполуками, формування кислотних опадів, гострого токсичного впливу на місцеве населення та закислення ґрунтів та водних ресурсів.

Екологічні ризики стічних шахтних вод. Виробничий процес видобутку вугілля шахтним методом супроводжується значними обсягами утворення шахтних стічних вод, що утворюються під час видобутку корисних копалин і потенційно містять різні забруднюючі речовини. Шахтні води складаються з підземних і поверхневих вод, які просочуються в гірничі виробки, ускладнюючи видобуток і розробку корисних копалин. Стічні води містять високу концентрацію солей, хімічних елементів, нафтопродуктів, металів та інших шкідливих речовин [15]. Ці води можуть містити також механічні та бактеріальні домішки, а в глибоких шахтах вони часто можуть мати високу мінералізацію, яка іноді перевищує 70 г/л. Крім того, очищені шахтні води іноді використовуються на підприємствах для пилопридушення, гідравлічного транспортування мінералів і гірських порід, збагачення вугілля та опріснення засоленого вугілля, серед інших цілей.

На державних підприємствах з видобутку вугілля наявними є багатоступінні системи очищення стічних шахтних вод та моніторингу їх екологічних характеристик, що передбачає проведення хіміко-аналітичних досліджень складу зразків стічних вод, а також оцінку якості перед випуском у природні водойми. Наприклад, система екологічного моніторингу при очищенні стічних вод на шахті "5/6" ДП «Мирноградвугілля» [22] складається з декількох етапів:

- шахтна вода виводиться на поверхню, після чого проводиться первинний замір концентрації забруднюючих речовин перед очищенням;

- вода очищається на спеціалізованих очисних спорудах, після чого проводяться вимірювання концентрацій забруднюючих речовин після очищення;

- очищена вода спрямовується до точки скиду № 1, де потрапляє у ставок-відстійник. Перед остаточним скиданням води у природні поверхневі водні об'єкти проводиться остаточний замір концентрації забруднюючих речовин.

Російська агресія призвела до критичних порушень та руйнування цілісності вугільних шахт Донецької області, зокрема таких, які розташовуються поблизу зони ведення активних бойових дій, із подальшим затопленням підземних порожнин. Це вже спричинило підтоплення територій, підвищення рівня ґрунтових вод і надходження неочищених стічних вод, збагачених солями, важкими металами, нафтопродуктами та токсичними сполуками, до природних водойм Донеччини. Неможливість наразі здійснити дослідження екологічного впливу зруйнованих чи пошкоджених вугільних шахт ускладнюють оцінку наслідків та можливість прогнозування змін для довкілля. Контамінація водних ресурсів стічними водами шахт загрожує здоров'ю населення [15], а також провокує низку процесів деградації компонентів довкілля: зникнення рослинності, зміну хімічного складу ґрунтів, порушення трофічних ланцюгів (масова загибель риби, зникнення кормової бази для птахів і ссавців).

Також варто додати, що тривалий військовий конфлікт унеможливорює відновлення шахт через повну деградацію інфраструктури, втрату обладнання та незворотні екологічні зміни. Навіть після припинення бойових дій реабілітація довкілля Донецької області потребуватиме десятиліть на подолання наслідків впливу техногенних і військових факторів.

Оцінка екологічних ризиків техноекосистем районів вугільних родовищ Донецької області з урахуванням впливу неконтрольованих українською владою підприємств є вкрай актуальною темою для досліджень. У 2019 році О. В. Луньова провела експертну оцінку рівня екологічної загрози для

довкілля, результати якої відображають стан найбільших вугледобувних підприємств регіону до початку широкомасштабної збройної агресії [13]. У дослідженні здійснено ранжування державних вугледобувних підприємств на основі комплексних балів екологічних ризиків їхньої діяльності. Візуалізація результатів, представлена у вигляді діаграми Парето (рис. 1.3)

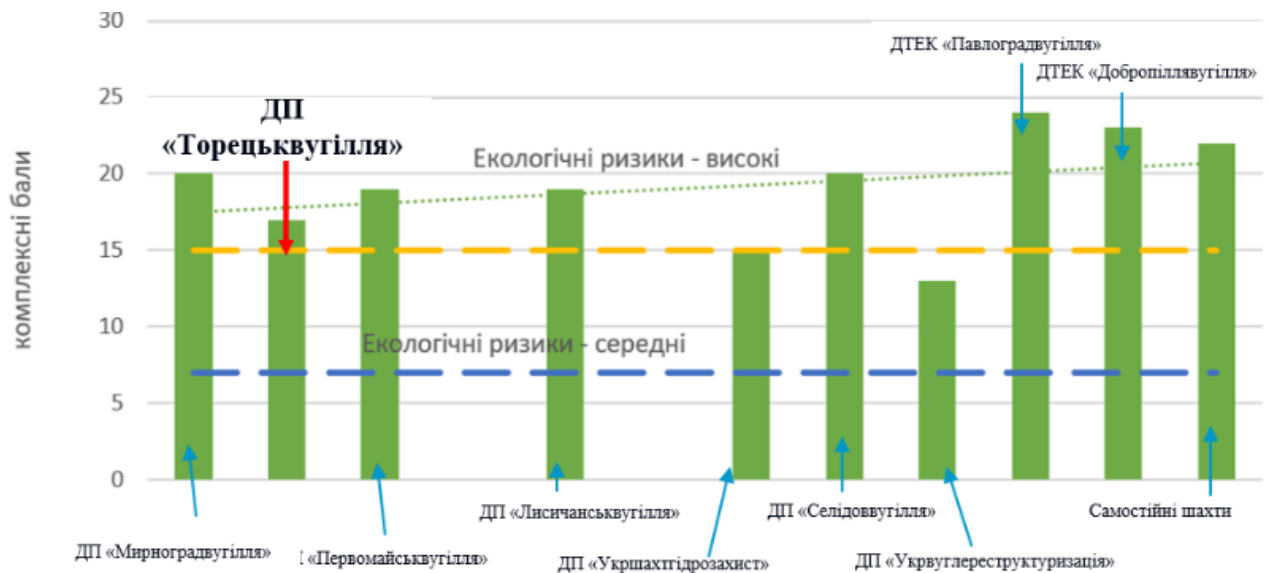


Рис. 1.4 – Діаграма Парето експертної комплексної деяких вугледобувних підприємств Донецької області за рівнем екологічних ризиків (за Парето) [13]

Представлені гістограми наочно візуалізують рівні екологічних загроз, асоційованих із діяльністю вугледобувних підприємств Донецької області. Згідно з наведеними даними результатів, переважна більшість об'єктів демонструє показники, що перевищують середній рівень небезпеки (8–15 балів). Окремі підприємства, зокрема ДТЕК «Добропіллявугілля» та ДТЕК «Павлоградвугілля», відзначаються критично високими значеннями (16–25 балів), що відповідає категорії «катастрофічних наслідків». ДП «Мирноградвугілля» також належить до групи підприємств із екстремальним рівнем ризику.

То ж, проведення сучасних досліджень, що присвячені виявленню рівня специфічних екологічних загроз, що формуються в межах техноекосистем

вугледобувних підприємств Донецької області, а також їх комплексному узагальненню для потреб оцінок є нагальною потребою в сучасних умовах невизначеності.

1.3 Напрямки зменшення негативного впливу вугільної гірничодобувної промисловості на довкілля Донецької області

У контексті сучасної та перспективної потреби зменшення антропогенного навантаження на довкілля Донецької області від вугільної гірничодобувної промисловості, ключову роль мають такі напрямки: вдосконалення економічних механізмів регулювання, рекультивация порушених територій, утилізація породних відвалів та управління наслідками закриття шахт [8]. Ці стратегії, засновані на міжнародному досвіді, спрямовані на мінімізацію екологічних ризиків та широко використовуються для забезпечення сталого функціонування вугільної галузі.

Вдосконалення економічних механізмів регулювання. Система фінансування природоохоронної діяльності в Україні передбачає внески підприємств за забруднення атмосфери, водних ресурсів і розміщення відходів, які розподіляються між місцевими, обласними та державними фондами. Однак низькі штрафи за наднормативні викиди роблять їх неефективними: компанії часто обирають сплату штрафів замість інвестицій у екологічні технології, що посилює антропогенний тиск на довкілля [20].

Перспективними напрямками збільшення ефективності економічних механізмів регулювання є:

1. Підвищення розміру санкцій до рівня, що перевищує витрати на модернізацію виробництва.
2. Удосконалення механізми контролю через автоматизований моніторинг викидів.

3. Запровадження податкових стимулів для підприємств, що впроваджують технології очистки.

Діюча Методика розрахунку збитків [20], яка регулює компенсації за наднормативні викиди в атмосферу, не поширюється на неорганізовані та пересувні джерела забруднення. Це обмежує її ефективність, оскільки значна частина викидів (наприклад, від породних відвалів) залишається поза увагою. Таким чином, реформа законодавства має включати розширення сфери застосування методики та інтеграцію міжнародних стандартів моніторингу.

Рекультивация порушених територій. Рекультивация порушених територій є системним інструментом відновлення екосистем, який поєднує технологічні інновації та екологічне планування.

Німеччина, як світовий лідер у цій галузі, реалізує комплексні стратегії, засновані на суворому законодавстві та науково обґрунтованих підходах. Ключовими сучасними напрямки рекультивации породних відвалів шахт є:

1. Двоступеневий видобуток. На першому етапі токсичні породи (наприклад, сланці з високим вмістом піриту) ізолюються у нижніх шарах відвалів, де вони покриваються геосинтетичними мембранами для запобігання кислотному дренажу, тоді коли на другому етапі верхні шари формуються з родючих пісків і ґрунтів, що дозволяє створити основу для подальшого відновлення рослинності. Цей метод запобігає міграції токсикантів у ґрунтові води та зменшує ризик ерозії [19].

2. Хімічна меліорація – передбачає внесення вапна (CaCO_3) для нейтралізації кислотності ґрунтів, знижуючи рівень рН з 3.5–4.0 до 6.0–6.5, що є оптимальним для більшості культур. Буро-вугільна зола, багата на кальцій та магній, використовується для ущільнення породи, що обмежує доступ кисню та запобігає самозайманню вуглецевих залишків [19].

3. Фіторекультивация – передбачає використання фітостабілізуючих рослин для поліпшення стану ґрунтового покриву. Так, деревні породи в'язу та берези використовують для поглинання важких металів з ґрунті, бобові культури (люцерна, конюшина) забезпечують азотфіксацію, покращуючи

родючість без застосування хімічних добрив тощо [16, 17]. Для рекультивації кислотних відвалів застосовуються гібридні сорти тополі, стійкі до високого вмісту алюмінію [17].

Утилізація породних відвалів. Породні відвали, що утворюються в результаті вуглевидобутку, містять значний потенціал для вторинного використання, що робить їх важливим ресурсом у контексті екологічної та економічної ефективності [10]. Відвали складаються переважно зі сланців, алевролітів, пісковиків і аргілітів, а також містять до 40% залишкового вугілля [12]. Важливим аспектом є наявність у їх складі рідкоземельних елементів (скандій, цирконій, германій, галій, ітрій), концентрація яких сягає 230–260 г/т, що значно перевищує мінімальні промислові норми (табл. 1.2). Додатково, у відвалах присутні залізо (до 20%) та алюміній (до 25%) в оксидній формі, що розширює можливості їх застосування [14].

Таблиця 1.2

Вміст рідкоземельних елементів в породних відвалах [14]

Корисний компонент	Вміст, г/т	Ринкова вартість (2016 р.), \$/кг
Скандій	20	15000
Цирконій	20	110
Германій	55	900
Галій	100	145
Ітрій	25	382

Використання породних відвалів охоплює різні галузі. Наприклад, у дослідженні можливостей утилізації ДП «Шахта Капітальна» Т. Терехова [21] вказує, що переробка горілої породи дозволяє отримувати будівельні матеріали: важкі та легкі бетони для промислового та цивільного будівництва, пористі бетони для теплоізоляції, а також дрібнозернисті бетони для виробництва тротуарних плиток і стінових панелей. Крім того, у сільському господарстві перегорілі породи можуть бути застосовані як добрива, оскільки

містять мікроелементи (азот, фосфор), що покращує структуру ґрунтів. Для шахт актуальним є використання закладних матеріалів із породи, що зменшує ризики підземних пожеж, деформацій поверхні та викидів метану [21].

Управління наслідками закриття шахт. Закриття шахт у Донецькій області супроводжується значними екологічними та техногенними ризиками, які потребують системного управління. Найкритичнішими наслідками є гідрогеологічні зміни, пов'язані з затопленням виробок. Це призводить до змішування стічних вод із ґрунтовими, що спричиняє підтоплення житлових територій та забруднення водних ресурсів токсичними сполуками. Крім того, порушення структури гірничих порід провокує просідання земної поверхні, що веде до деформації інфраструктури, зокрема руйнування будівель і транспортних магістралей.

Важливим фактором ризику є накопичення у порожнинах метану та інших летких сполук, що збільшує ймовірність вибухів. Окрім техногенних загроз, закриття шахт має серйозні соціально-економічні наслідки: скорочення робочих місць, занепад моно-містечок і погіршення якості життя населення, яке втрачає основне джерело доходу [4].

Для мінімізації цих наслідків необхідний комплексний підхід. Першочерговим завданням є науково-технічний супровід процесу закриття, що включає розробку детальних планів з урахуванням гідрогеологічних особливостей регіону. Паралельно слід впроваджувати системи постійного моніторингу, спрямовані на контроль стану виробок, рівня ґрунтових вод та газових викидів. Відновлення порушених земель має ґрунтуватися на закритті порожнин інертними матеріалами та формуванні стабільних ландшафтів, що дозволяє інтегрувати ці території у господарський чи рекреаційний обіг.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методи відбору та лабораторних хіміко-аналітичних досліджень зразків шахтних стічних вод

Початковий етап дослідження — відбір проб — є критично важливим, оскільки будь-які відхилення можуть спотворити результати. Проба має репрезентативно відображати характеристики всього водного масиву на певному технологічному етапі, хоча аналіз усієї маси неможливий. Для цього відбирають частину, склад якої максимально наближений до загальних властивостей досліджуваного середовища [18].

У дослідженні використовували методика відбору проб, регламентовану стандартом КНД 211.1.0.009-94. Разові проби стічних вод відбиралися на шахтах «Центральна», «5/6», «Капітальна» ДП «Мирноградвугілля» (рис. 2.1) шляхом забору необхідного об'єму, що дозволяє отримати репрезентативні результати для заданих умов в конкретний момент часу.



Рис. 2.1 – Розташування шахт ДП «Мирноградвугілля» на території м.Мирноград Донецької області

Вибір місця відбору проб визначається комплексом факторів, зокрема розташуванням об'єктів, що підлягають моніторингу. Для забезпечення репрезентативності даних відбір здійснюється в ділянках з інтенсивною гідродинамікою. За відсутності перемішування водного середовища проби відбирають на різних глибинах з подальшим усередненням результатів.

Забір зразків для подальшого лабораторного аналізу у межах дослідження проводився на таких технологічних етапах виробничого процесу шахт:

1. до надходження стічних вод до очисних споруд;
2. після проходження етапу очищення;
3. після процедури пилоподавлення (за наявності відповідної технологічної ланки на шахті);
4. на етапі випуску очищених стічних вод у водні об'єкти.

Час та частоту відбору зразків стічних вод на досліджуваних шахтах ДП «Мирноградвугілля» наведено в таблиці 2.1. Відбір здійснювався протягом 2022–2024 років з урахуванням сезонних змін для аналізу динаміки складу та властивостей стічних вод. Програма дослідження передбачала сезонний відбір проб (3 рази на рік у 2022 році, 4 рази у 2023 та 2 у 2024 роках) та налічила 37 відібраних проб.

Таблиця 2.1

**Час та частота відбору зразків стічних вод на досліджуваних шахтах
ДП «Мирноградвугілля»**

2022			2023				2024	
березень	вересень	грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень
18.03.	13.09.	26.12.	16.03.	07.06.	25.09.	13.12.	19.03.	13.06.

Відбір здійснювався протягом 2022–2024 років з урахуванням сезонних змін для аналізу динаміки складу та властивостей стічних вод. Реалізована програма дослідження передбачала сезонний відбір проб протягом 3 річного періоду. У червні 2022 року відбір та аналіз зразків стічних вод на шахтах ДП

«Мирноградвугілля» не проводився через активні бойові дії, що унеможливило доступ до досліджуваних об'єктів. Восени 2024 року (вересень–грудень) відбір проб був припинений у зв'язку через примусову евакуацією персоналу через ескалацію військової агресії, що призвело до порушення запланованої періодичності дослідження.

Хіміко-аналітичні дослідження шахтних та стічних вод виконувалися в лабораторії санітарно-профілактичного відділу «Стандарт» ДП «Мирноградвугілля». Для кожної відібраної проби стічних вод проводився лабораторний аналіз із визначенням ключових фізико-хімічних показників. До них належать: органолептичні параметри (запах, колір, прозорість), загальні фізичні характеристики (зважені речовини, сухий залишок, загальна жорсткість), хімічні індикатори (рН, розчинний кисень, БСК₅, ХСК, хлориди, сульфати), а також концентрації специфічних забруднювальних речовин (залізо загальне, амоній, нітрити, нітрати, фосфати, феноли, нафтопродукти).

Для забезпечення точності та валідності результатів лабораторного аналізу якості води суттєвим є дотримання стандартизованих методик хімічних досліджень. Кожен хімічний показник визначається за окремою регламентованою процедурою, яка включає специфічні умови проведення аналізу, підготовку проб, калібрування обладнання та контроль якості. Повний перелік методик, які були використані для визначення конкретних хімічних показників якості води в рамках дослідження, наведено в табл. 2.1 (Додаток А).

Результати визначення фізико-хімічних показників якості води подано у формах протоколів лабораторних досліджень у Додатку Б.

Задля аналізу динаміки екологічних показників стічних вод шахт ДП «Мирноградвугілля» застосовано методи статистичної обробки даних. Дані систематизовано в узагальнюючій таблиці з фактичними значеннями на кожному етапі очищення та значеннями нормативних величин (ГДК). Для візуалізації тенденцій побудовано графіки коливання концентрацій кожного показника забруднювальних речовин для кожної шахти.

2.2 Методика обчислення комплексного індексу забруднення стічних вод (КІЗ)

Комплексну оцінку здійснено для вивчення динаміки часових змін екологічної якості стічних вод під впливом природних та антропогенних чинників, а також задля отримання можливості порівняння стану вод, що випускаються з різних шахт у природні водні об'єкти [1]. Визначення таких індексів, розрахованих на основі сукупності показників, дають узагальнену характеристику екологічного стану вод. Для потреб цього дослідження задля проведення порівняльної оцінки якості стічних вод шахт обрано комплексний індекс забруднення (КІЗ).

Визначення комплексного індексу забруднення стічних вод необхідно послідовно визначити такі показники:

- умовний коефіцієнт комплексності (К);
- повторюваність випадків перевищення ГДК забрудником (Р);
- кратність перевищення ГДК (К);
- сумму узагальнених оціночних балів за всіма попередніми показниками (КІЗ);
- поправку кількості лімітуючих показників забруднення (ЛПЗ) за наявності високих значень КІЗ.

Для розрахунку умовного коефіцієнта комплексності використовують формулу:

$$K = (m' / m) * 100\%, \quad (1)$$

де m' – кількість речовин, вміст яких перевищує ГДК;

m – загальне число нормативних інгредієнтів, обумовлених програмою досліджень.

За умови, що коефіцієнт K становить менше 10%, ініціюється дослідження конкретних забрудників з фіксацією максимальних показників їх концентрації та кількості випадків перевищення ГДК (у 1, 10, 100 разів).

Міра стійкості забруднення, яку виражає показник повторюваності випадків перевищення ГДК розраховують згідно з формулою:

$$P_i = (N_{ГДК_i} / N_i), \quad (2)$$

де $N_{ГДК_i}$ – число результатів аналізу, в яких вміст i -го інгредієнта перевищує його гранично допустиму концентрацію;

N_i – загальне число результатів аналізу i -го інгредієнта.

Результати обчислення показника повторюваності конвертують у часткові оціночні бали згідно до шкали, наведеній у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Шкала оцінки значень показника повторюваності забруднення

Повторюваність, %	Характеристика забруднення води	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0-10	одиничне	a	1
10-30	нестійке	b	2
30-50	стійке	c	3
50-100	характерне	d	4

Наступним кроком встановлюється рівень забруднення, який виражається показником кратності K перевищення ГДК, що обчислюється наступним способом:

$$K_i = C_i / ГДК_i, \quad (3)$$

Результати обчислень переводяться в оціночні бали згідно до табл. 2.3.

Після визначення оціночних балів показників повторюваності та кратності з кожного показника поллютанта, що перевищував ГДК, визначаються узагальнені оцінки якості води (S_i) (табл. 2.4).

Таблиця 2.3

Шкала оцінки значень показника кратності перевищень ГДК

Повторюваність, %	Характеристика забруднення води	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0-2	низький	a_1	1
2-10	середній	b_1	2
10-50	високий	c_1	3
50-100	дуже високий	d_1	4

Таблиця 2.4

Комплексна оцінка стану вод за окремими показниками

Комплексна характеристика стану забруднення води водних об'єктів	Загальні оціночні бали		Характеристика якості води водних об'єктів
	виражені умовно	абсолютні значення	
Одинична забрудненість низького рівня	$a \times a_1$	1	слабо забруднена
– “ – середнього рівня	$a \times b_1$	2	забруднена
– “ – високого рівня	$a \times c_1$	3	брудна
– “ – дуже високого рівня	$a \times d_1$	4	брудна
Нестійка забрудненість низького рівня	$b \times a_1$	2	забруднена
– “ – середнього рівня	$b \times b_1$	4	брудна
– “ – високого рівня	$b \times c_1$	6	дуже брудна
– “ – дуже високого рівня	$b \times d_1$	8	дуже брудна
Стійка забрудненість низького рівня	$c \times a_1$	3	брудна
– “ – середнього рівня	$c \times b_1$	6	дуже брудна
– “ – високого рівня	$c \times c_1$	9	дуже брудна
– “ – дуже високого рівня	$c \times d_1$	12	неприпустимо брудна
Характерна забрудненість низького рівня	$d \times a_1$	4	брудна
– “ – середнього рівня	$d \times b_1$	8	дуже брудна
– “ – високого рівня	$d \times c_1$	12	неприпустимо брудна
– “ – дуже високого рівня	$d \times d_1$	16	неприпустимо брудна

На заключному етапі розраховується значення показника КІЗ у спосіб сумачі узагальнених оціночних балів S_i за всіма n показниками:

$$КІЗ = \sum S_i. \quad (4)$$

Визначення класів екологічної якості вод здійснюється у залежності від обчисленого значення КІЗ та кількості лімітуючих показників забруднення (ЛПЗ) (табл. 2.5). Поправку на ЛПЗ вод виконують у разі, якщо будь-який з показників має значення S_i , що дорівнює від 12 до 16 балів.

Таблиця 2.5

Класифікація екологічної якості води за значенням КІЗ

Клас якості води	Розряд класу якості	Характеристика забрудненості води	Значення КІЗ з урахуванням ЛПЗ					
			без ЛПЗ	1ЛПЗ ($k=0,9$)	2ЛПЗ ($k=0,8$)	3ЛПЗ ($k=0,7$)	4ЛПЗ ($k=0,6$)	5ЛПЗ ($k=0,5$)
I	–	Слабо забруднена	$1n$	$0,9n$	$0,8n$	$0,7n$	$0,6n$	$0,5n$
II	–	Забруднена	$1n-2n$	$0,9n-1,8n$	$0,8n-1,6n$	$0,7n-1,4n$	$0,6n-1,2n$	$0,5n-1,0n$
III	–	Брудна	$2n-4n$	$1,8n-3,6n$	$1,6n-3,2n$	$1,4n-2,8n$	$1,2n-2,4n$	$1,0n-2,0n$
III	а	Брудна	$2n-3n$	$1,8n-2,7n$	$1,6n-2,4n$	$1,4n-2,1n$	$1,2n-1,8n$	$1,0n-1,5n$
III	б	Брудна	$3n-4n$	$2,7n-3,6n$	$2,4n-3,2n$	$2,1n-2,8n$	$1,8n-2,4n$	$1,5n-2,0n$
IV	а	Дуже брудна	$4n-6n$	$3,6n-5,4n$	$3,2n-4,8n$	$2,8n-4,2n$	$2,4n-3,6n$	$2,0n-3,0n$
IV	б	Дуже брудна	$6n-8n$	$5,4n-7,2n$	$4,8n-6,4n$	$4,2n-5,6n$	$3,6n-4,8n$	$3,0n-4,0n$
IV	в	Дуже брудна	$8n-10n$	$7,2n-9,0n$	$6,4n-8,0n$	$5,6n-7,0n$	$4,8n-6,0n$	$4,0n-5,0n$
IV	г	Дуже брудна	$10n-11n$	$9,0n-9,9n$	$8,0n-8,8n$	$7,0n-7,7n$	$6,0n-6,6n$	$5,0n-5,5n$

РОЗДІЛ 3

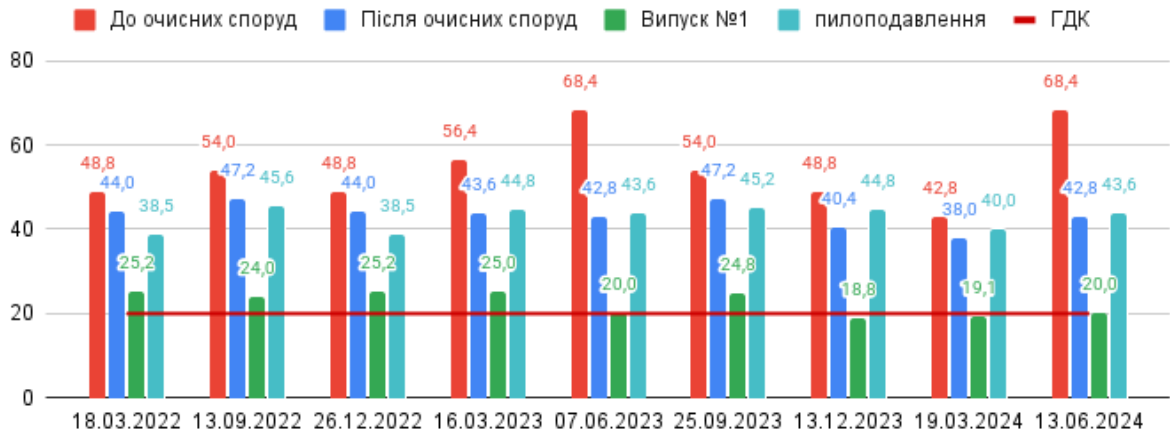
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Аналіз динаміки екологічних показників стічних вод шахт «Центральна», «5/6», «Капітальна» ДП «Мирноградвугілля»

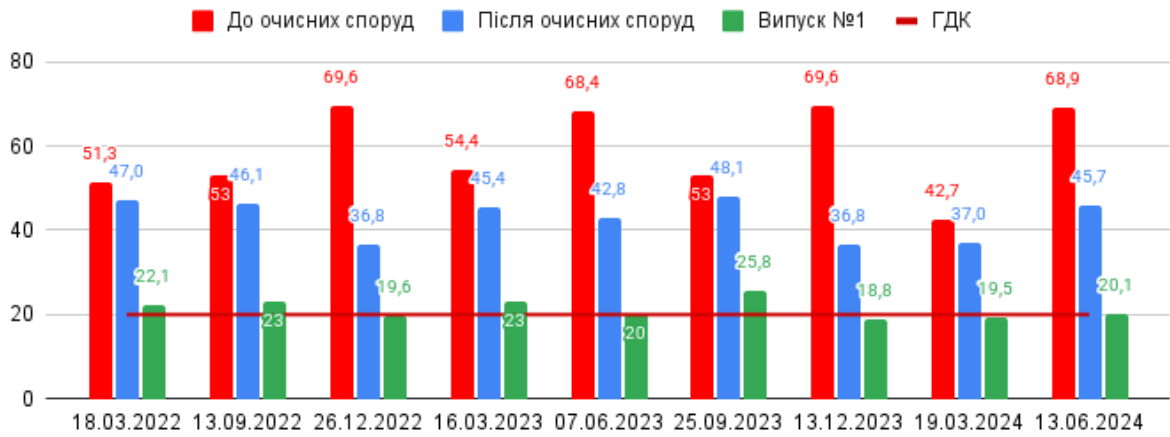
Динаміка вмісту зважених речовин у стічних вод шахт. Зважені речовини, які є дрібними частинками піску, глини або органіки, що не розчиняються у воді, знижуючи прозорість води, порушують кисневий режим, завдають шкоди рибі та безхребетним, а також можуть накопичувати токсичні речовини. На рис. 3.1 подано гістограми динаміки показника вмісту зважених речовин у стічних водах шахт «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в).

На всіх шахтах спостерігається критичне перевищення ГДК на етапі до очистки. Найвищі показники зафіксовані влітку: шахта «Центральна» досягала $68,4 \text{ мг/дм}^3$ ($3,42 \times \text{ГДК}$), «5/6» — $68,9 \text{ мг/дм}^3$ ($3,45 \times \text{ГДК}$), а «Капітальна» — $68,4 \text{ мг/дм}^3$. Ці піки можуть бути пов'язані з інтенсифікацією видобутку, зносом обладнання або попаданням забруднень через опади. Після очисних споруд ситуація покращується, але навіть найкращі результати далекі від норми. Наприклад, у шахти «5/6» взимку концентрація знижувалася до $36,8 \text{ мг/дм}^3$ ($1,84 \times \text{ГДК}$), що все ще удвічі перевищує допустимі значення.

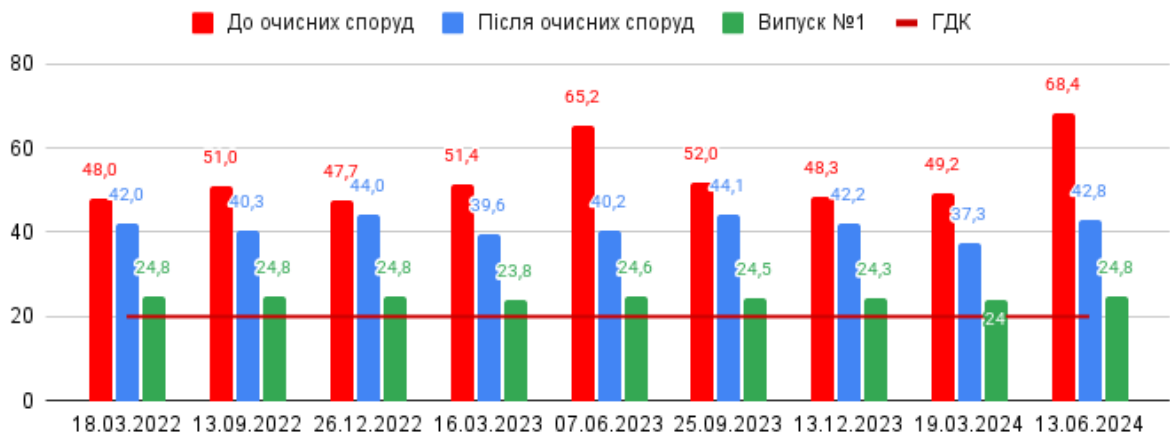
Шахта «Центральна» виділяється проблемою з пилоподавленням, де показники досягають $45,6 \text{ мг/дм}^3$ ($2,28 \times \text{ГДК}$). Шахта «5/6» демонструє найнижчі значення після очистки взимку ($36,8 \text{ мг/дм}^3$), проте її випуск №1 нестабільний: від $18,8 \text{ мг/дм}^3$ у грудні до $25,8 \text{ мг/дм}^3$ у вересні. Найбільш тривожна ситуація в «Капітальній»: її випуск №1 постійно перевищує ГДК ($24,0\text{--}24,8 \text{ мг/дм}^3$), що вказує на системні недоліки в управлінні стоками.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

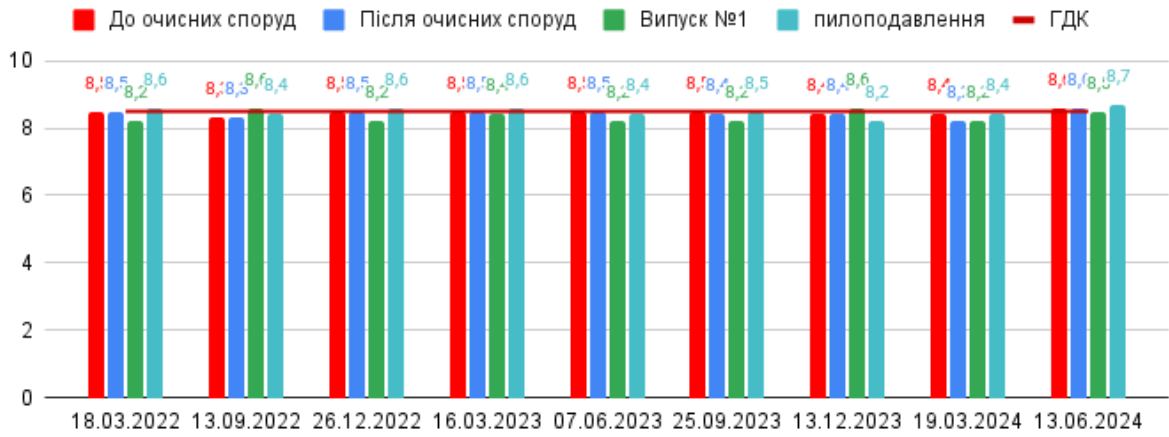
Рис. 3.1 – Вміст зважених речовин у стічних водах шахт, мг/дм³

Для всіх шахт характерні схожі сезонні коливання. Влітку (червень) концентрації до очистки досягають максимуму, що може бути наслідком активізації дощів, які змивають забруднення у водойми. Водночас на випуску №1 у «Центральної» та «5/6» влітку фіксуються значення на межі ГДК (20,0–20,1 мг/дм³), тоді як «Капітальна» і в цей період нижче. Взимку (грудень) «5/6» показує найкращі результати після очистки. Навесні (березень) у «Капітальної» спостерігається зростання концентрацій до 51,4 мг/дм³, ймовірно, через танення снігу, яке «вимиває» забруднення з поверхні.

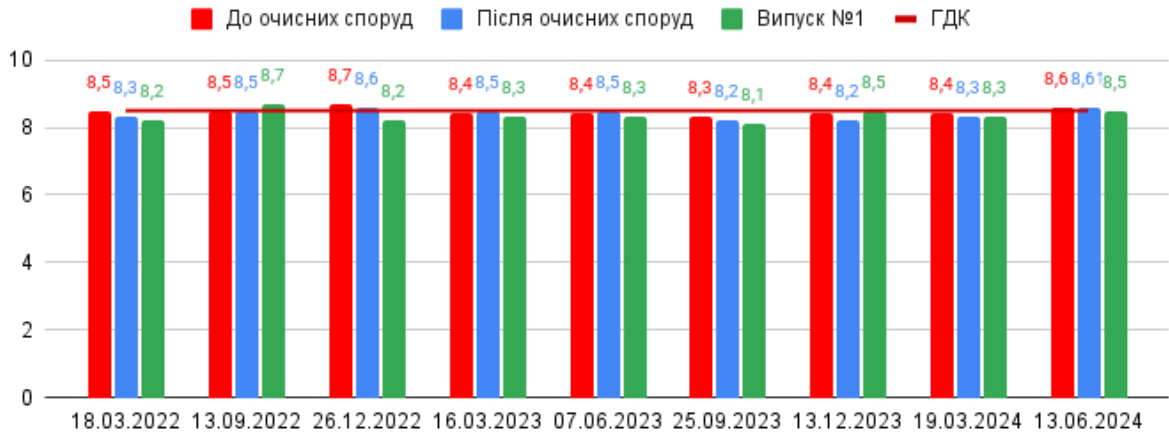
Динаміка у показника рН у стічних вод шахт. Динаміку показника рН у стічних водах шахт шахт «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в) представлено на рис. 3.2. Рівень рН у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» переважно знаходиться в межах допустимої норми (6,5–8,5), проте окремі перевищення вказують на потенційні ризики для екосистем. Наприклад, у червні 2024 року шахта «Центральна» зафіксувала рН 8,7 у системі пилоподавлення, що є найвищим показником серед усіх джерел. Шахта «5/6» демонструє нестабільність на випуску №1: від 8,1 у вересні 2023 року до 8,7 у вересні 2022 року. «Капітальна» виділяється високими значеннями до очистки (8,65 у червні 2024 року), що може бути пов'язане з геологічними особливостями порід.

Сезонні коливання відіграють суттєву роль. Влітку (червень) всі шахти фіксують зростання рН, ймовірно через інтенсифікацію видобутку, випаровування води або накопичення лужних речовин. Наприклад, у червні 2024 року «Капітальна» досягла 8,65, а «5/6» — 8,61. Водночас у зимові місяці спостерігається стабілізація: «Капітальна» на випуску №1 тримає рН на рівні 8,1–8,2, що близько до нижньої межі норми.

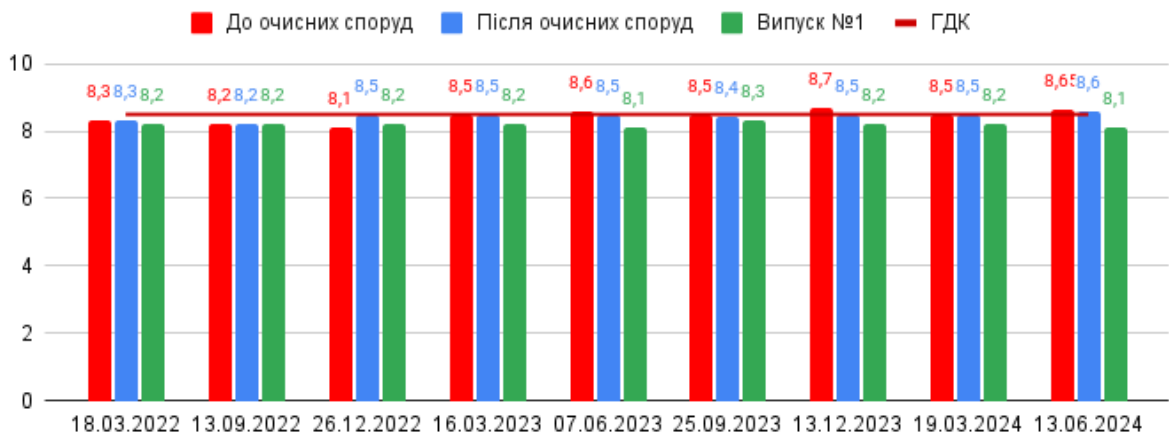
Ефективність очисних систем залишається сумнівною. Наприклад, у «Центральної» після очистки рН практично не змінюється (від 8,2 до 8,6), а у «5/6» лише незначно знижується з 8,61 до 8,61. Це свідчить про те, що сучасні технології не регулюють кислотно-лужний баланс, лише фільтрують механічні забруднення.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.2 – Динаміка показника рН у стічних водах шахт, мг/дм³

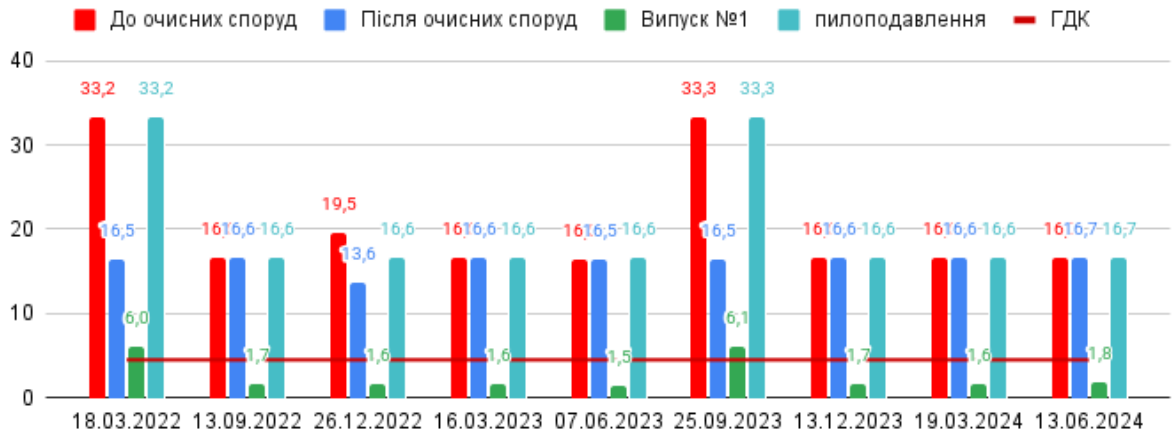
Динаміка вмісту БСК5 у стічних вод шахт. Біохімічне споживання кисню (БСК5) відображає рівень органічного забруднення води. Перевищення цього показника свідчить про надлишок органіки, яка погіршує якість води та загрожує водним організмам. На рис. 3.3 показано динаміку показника вмісту БСК5 у стічних водах шахт «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в).

Біохімічне споживання кисню (БСК5) у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» свідчить про значне органічне забруднення, що систематично перевищує допустиму норму ($4,5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$). Найвищі значення зафіксовані до очистки: у вересні 2023 року шахта «5/6» досягла $35,1 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ($7,8 \times$ ГДК), «Центральна» — $33,3 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, а «Капітальна» — $33,2 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$.

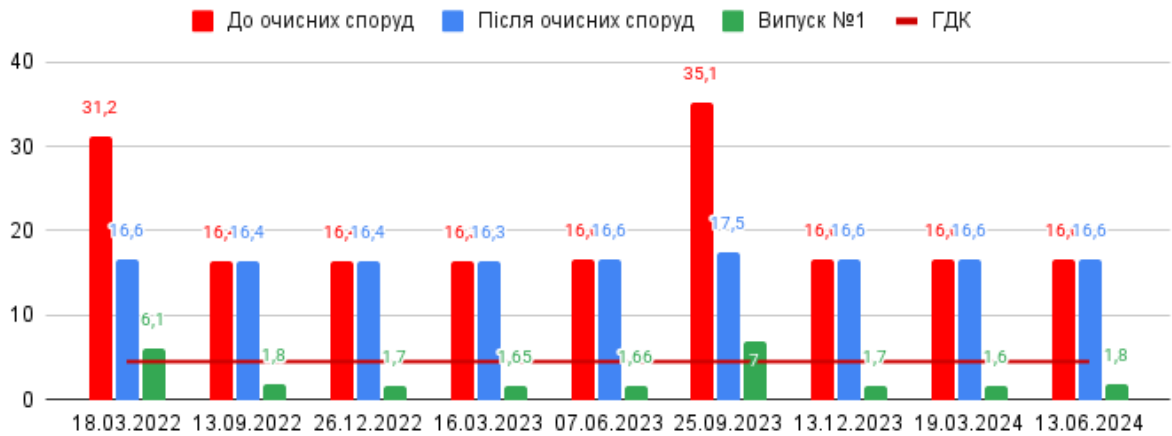
Після очистки ситуація покращується, але показники залишаються неприйнятно високими. Наприклад, у «Центральній» БСК5 знижується до $13,6\text{--}16,7 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ($3\text{--}3,7 \times$ ГДК), у «5/6» — до $16,3\text{--}17,5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, у «Капітальній» — до $16,0\text{--}16,6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Це вказує на те, що сучасні очисні системи недостатньо ефективні для боротьби з органічним забрудненням. Їхня робота, ймовірно, зосереджена на механічній фільтрації, але ігнорує біологічні або хімічні методи знешкодження.

Випуск №1 виявляє суттєві відмінності між шахтами. «Капітальна» демонструє стабільність: значення БСК5 тут коливаються в межах $1,5\text{--}1,8 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, що відповідає нормі. Натомість «Центральна» та «5/6» мають небезпечні відхилення. Наприклад, у вересні 2023 року випуск №1 «5/6» показує $7,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ($1,6 \times$ ГДК), а «Центральна» — $6,1 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Це може бути наслідком перевантаження системи або недостатнього контролю за якістю стічних вод на завершальних етапах.

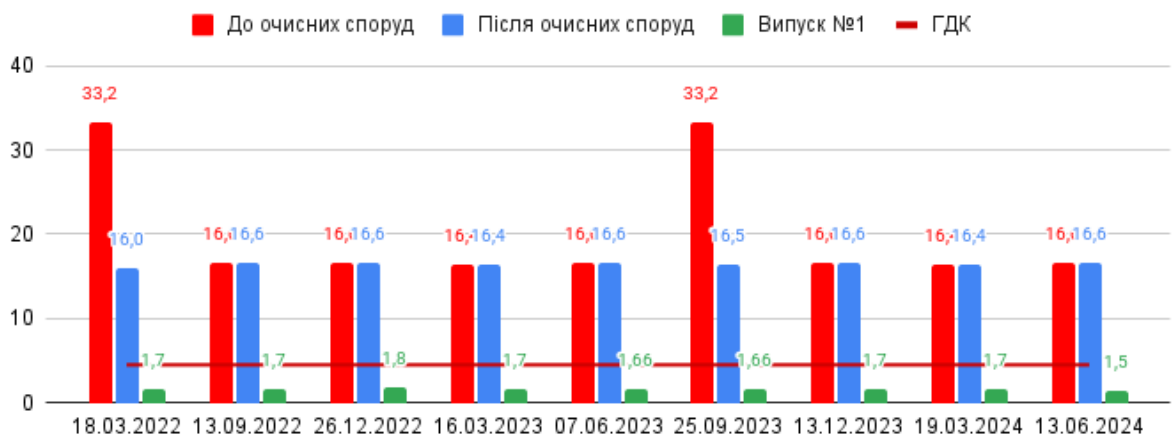
Щодо сезонності, то вересень — найкритичніший місяць для всіх шахт: саме тоді БСК5 до очистки досягає максимумів.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.3 – Динаміка вмісту БСК5 у стічних водах шахт, мгО₂/дм³

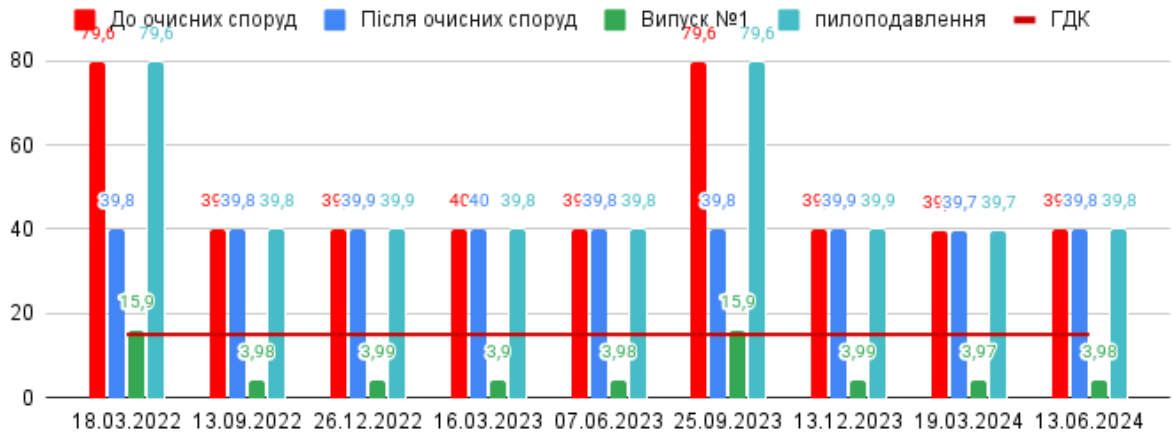
Динаміка у показника ХСК у стічних вод шахт. На графіках, представлених на рисунку 3.4, показано динаміку ХСК у водах шахти «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в).

Хімічне споживання кисню (ХСК) у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» систематично перевищує допустиму норму (15,0 мг/дм³), що свідчить про значне хімічне забруднення. Найвищі значення зафіксовані до очистки: у вересні 2023 року шахта «5/6» досягла 80,5 мг/дм³ (5,4× ГДК), «Центральна» — 79,6 мг/дм³, «Капітальна» — 79,6 мг/дм³. Ці піки можуть бути пов'язані з інтенсифікацією видобутку, використанням хімічних реагентів або недостатньою ефективністю попередньої обробки.

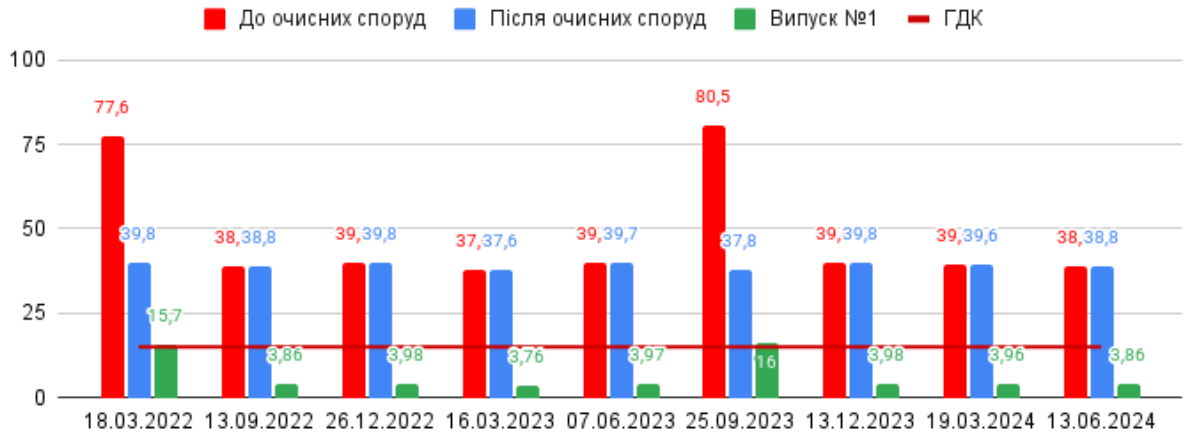
Після очистки ситуація покращується незначно. Наприклад, у «Центральній» ХСК знижується до 39,7–40,0 мг/дм³ (2,6–2,7× ГДК), у «5/6» — до 37,6–39,8 мг/дм³, у «Капітальній» — до 38,8–39,8 мг/дм³. Це вказує на те, що очисні системи недостатньо ефективні для зниження хімічного навантаження. Їхня робота, ймовірно, зосереджена на механічній фільтрації, але не враховує хімічні або біологічні методи нейтралізації.

Випуск №1 виявляє суттєві відмінності між шахтами. «Капітальна» демонструє найстабільніші результати: ХСК тут коливається в межах 3,7–3,98 мг/дм³, що відповідає нормі. Натомість «Центральна» та «5/6» мають небезпечні відхилення. Наприклад, у вересні 2023 року випуск №1 «5/6» показує 16,0 мг/дм³ (1,1× ГДК), а «Центральна» — 15,9 мг/дм³. Це може бути наслідком перевантаження системи або недостатньої якості завершального етапу очистки.

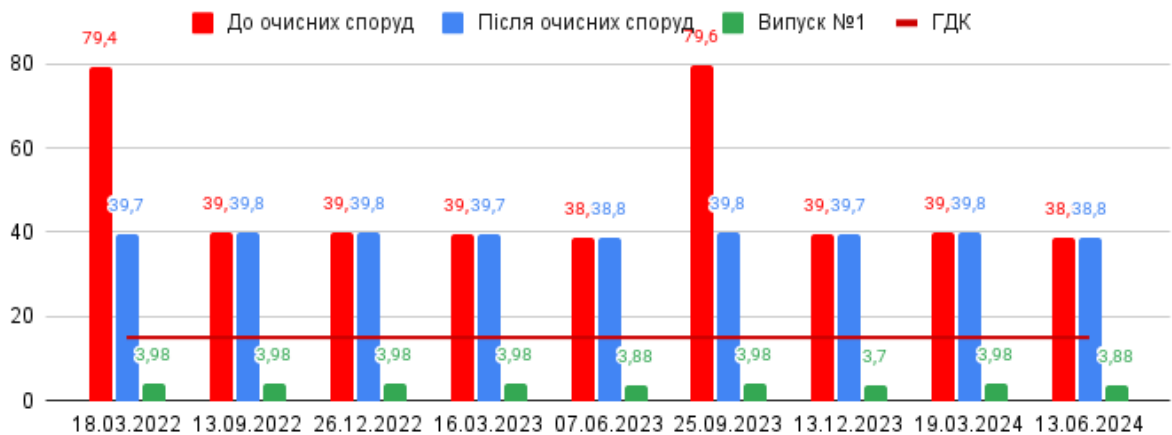
Сезонність відіграє ключову роль. Березень і вересень — найкритичніші місяці: саме тоді ХСК до очистки досягає максимумів. Наприклад, у березні 2022 року «Центральна» фіксує 79,6 мг/дм³, а «5/6» у вересні 2023 року — 80,5 мг/дм³. Можливі причини: сезонне збільшення видобутку, або зниження ефективності очисних систем через температурні коливання.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

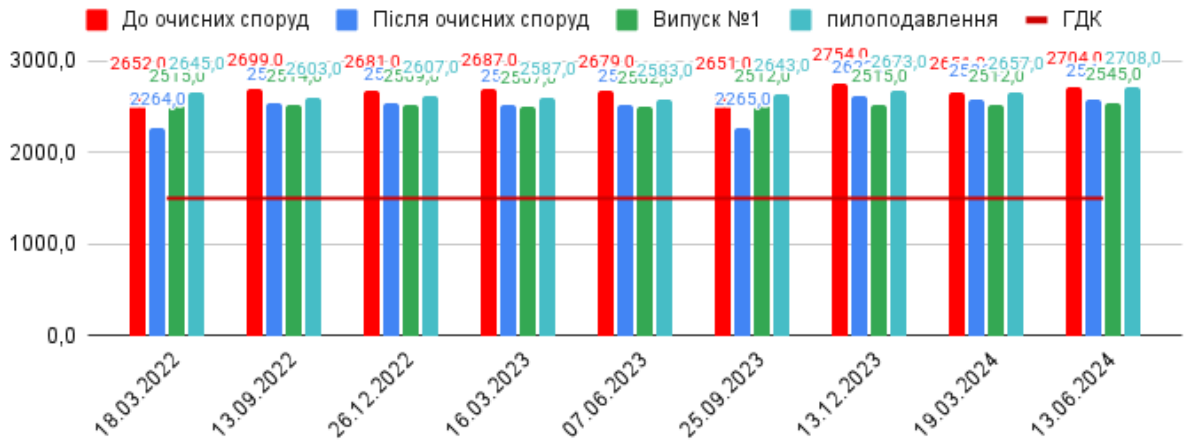
Рис. 3.4 – Динаміка показника ХСК у стічних водах шахт, мг/дм³.

Динаміка вмісту сухого залишку у стічних вод шахт. Рис. 3.5 ілюструє гістограми змін вмісту сухого залишку у стічних водах шахт «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в).

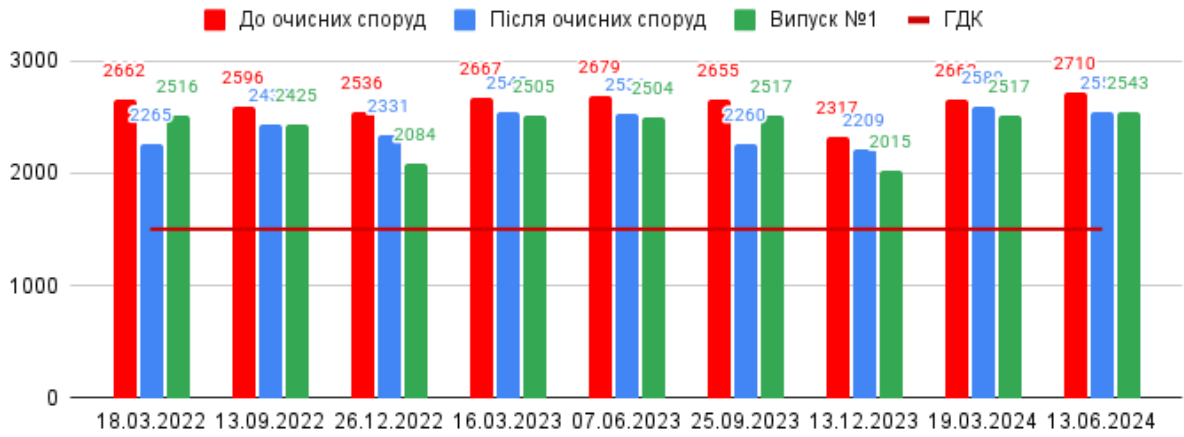
Результати дослідження стічних вод шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» виявили систематичне перевищення гранично допустимої концентрації сухого залишку. Вміст сухого залишку відображає високий вміст мінеральних та механічних домішок, які загрожують засолення водоймам та токсичним впливом на гідробіонтів.

Найкритичніша ситуація спостерігається в шахти «Капітальна». До очистки рівень сухого залишку тут досягає 3945 мг/дм^3 (у 2,6 рази вище норми), а після очистки — 3597 мг/дм^3 . Навіть на випуску №1, який має бути контрольним пунктом, значення коливаються в межах $2884\text{--}3486 \text{ мг/дм}^3$. Це свідчить про повну неефективність очисних систем та потребу в терміновій модернізації технологій видобутку і очищення. Шахта «Центральна» демонструє дещо нижчі, але все ще небезпечні показники. До очистки сухий залишок становить $2651\text{--}2754 \text{ мг/дм}^3$, після очистки — $2264\text{--}2622 \text{ мг/дм}^3$. Система пилоподавлення також не справляється із завданням: значення тут лише на 3–5% нижчі за вхідні. Випуск №1 фіксує $2502\text{--}2545 \text{ мг/дм}^3$, що вказує на недостатню якість завершального етапу очистки. Шахта «5/6» має схожі проблеми, але з окремими позитивними винятками. До очистки рівень забруднення сягає 2710 мг/дм^3 , після очистки — $2209\text{--}2589 \text{ мг/дм}^3$. На випуску №1 у грудні 2023 року зафіксовано 2015 мг/дм^3 , що є найнижчим показником серед усіх шахт.

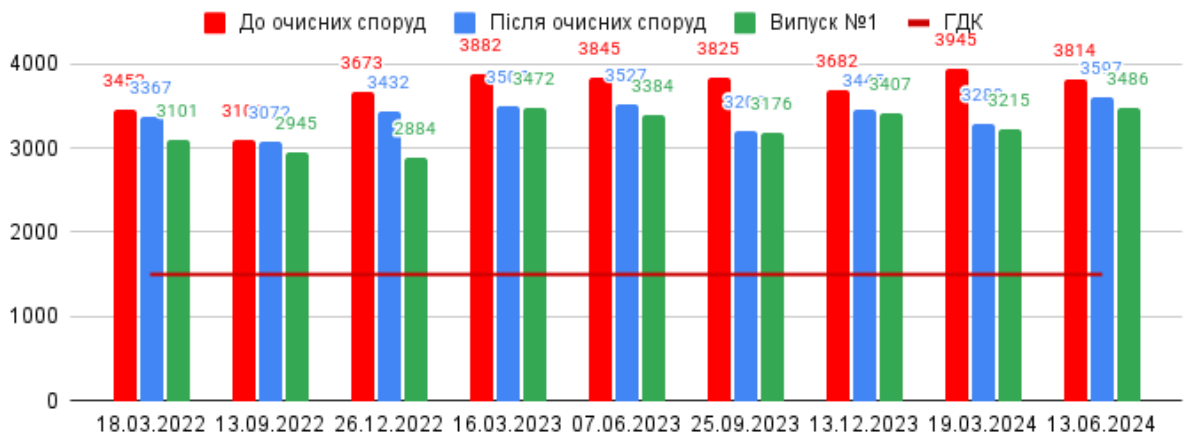
Забруднення сухим залишком посилюється в теплі місяці. Наприклад, у березні 2024 року «Капітальна» фіксує 3945 мг/дм^3 до очистки, що може бути пов'язано з таненням снігу та потраплянням мінералів у воду. Влітку (червень) ситуація залишається напруженою: «Центральна» та «5/6» демонструють показники на рівні $2679\text{--}2710 \text{ мг/дм}^3$. Водночас у зимові місяці деякі значення тимчасово покращуються, як у «5/6» у грудні 2023 року (2209 мг/дм^3), ймовірно, через зниження інтенсивності робіт.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.5 – Динаміка вмісту сухого залишку у стічних водах шахт, мг/дм³.

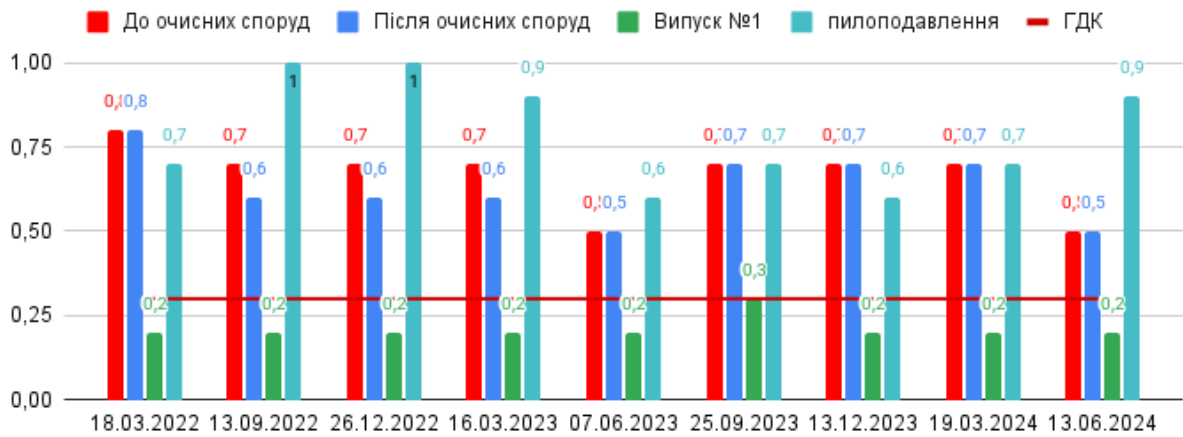
Динаміка у показника залізо загальне у стічних вод шахт. Графічне відображення динаміки вмісту загального заліза у водах шахти «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в). Представлено на рис. 3.6. Рівень загального заліза у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» систематично перевищує гранично допустиму концентрацію ($0,3 \text{ мг/дм}^3$), що створює високі екологічні ризики для гідроекосистем через токсичність металу. Найвищі показники зафіксовані до очистки, особливо в шахти «Капітальна», де концентрація досягає $1,0 \text{ мг/дм}^3$, що в 3,3 рази перевищує норму.

Шахта «Центральна» демонструє стабільно високі рівні заліза до очистки ($0,5\text{--}0,8 \text{ мг/дм}^3$), але її система пилоподавлення стає додатковим джерелом забруднення — у вересні та грудні 2022 року тут зафіксовано $1,0 \text{ мг/дм}^3$. Після очистки ефективність мінімальна: показники залишаються в межах $0,5\text{--}0,8 \text{ мг/дм}^3$. Винятком є випуск №1, де більшість значень відповідають нормі ($0,2 \text{ мг/дм}^3$), окрім вересня 2023 року ($0,3 \text{ мг/дм}^3$).

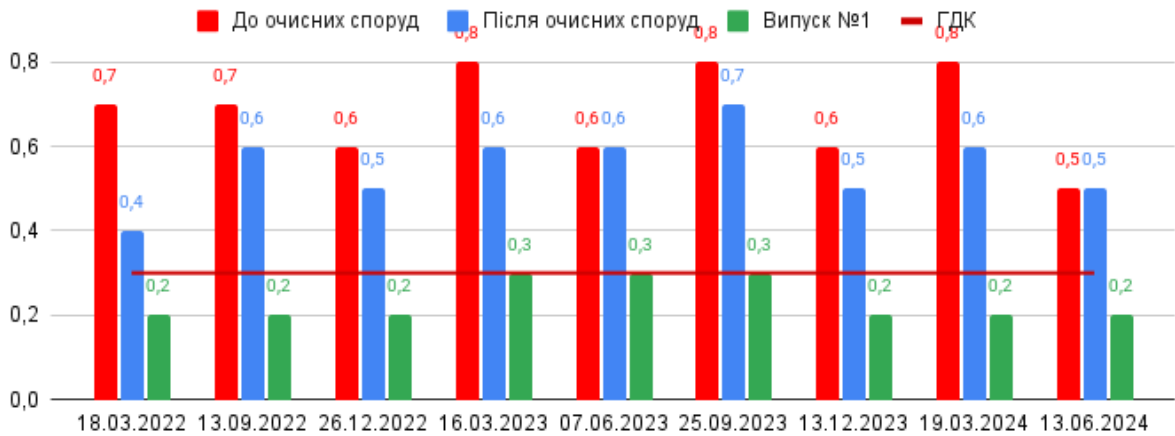
Шахта «5/6» має схожу динаміку, але з меншими перевищеннями. До очистки рівень заліза коливається в межах $0,5\text{--}0,8 \text{ мг/дм}^3$, після очистки знижується до $0,4\text{--}0,7 \text{ мг/дм}^3$. На випуску №1 показники стабільні ($0,2\text{--}0,3 \text{ мг/дм}^3$), що свідчить про часткову ефективність фінальних етапів очистки. Однак у березні 2023–2024 років спостерігаються локальні піки ($0,8 \text{ мг/дм}^3$).

Шахта «Капітальна» виділяється найвищими значеннями. До очистки залізо досягає $1,0 \text{ мг/дм}^3$ (березень 2022), а після очистки — $0,9 \text{ мг/дм}^3$. Єдиний позитивний аспект — стабільність випуску №1 ($0,2 \text{ мг/дм}^3$),.

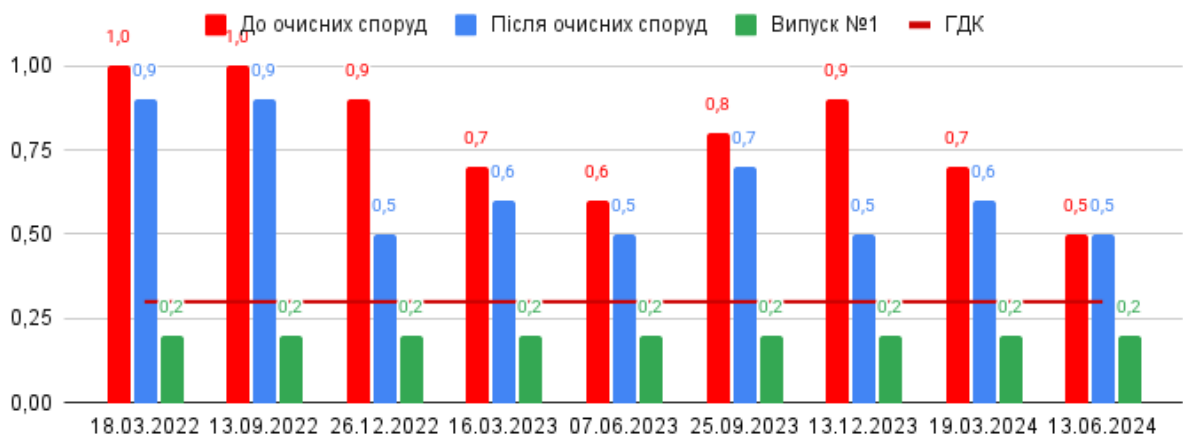
Найвищі концентрації заліза припадають на весну (березень) та осінь (вересень). Наприклад, у «Капітальної» в березні 2022 року зафіксовано $1,0 \text{ мг/дм}^3$, а у «Центральної» у вересні 2022 — $0,8 \text{ мг/дм}^3$. Це може бути пов'язане з активізацією видобутку, використанням антильодових реагентів або підвищеною вологістю, яка сприяє корозії. Водночас у зимові місяці (грудень) деякі показники тимчасово покращуються, як у «Капітальної» після очистки ($0,5 \text{ мг/дм}^3$).



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.6 – Динаміка вмісту сухого залишку у стічних водах шахт, мг/ дм³.

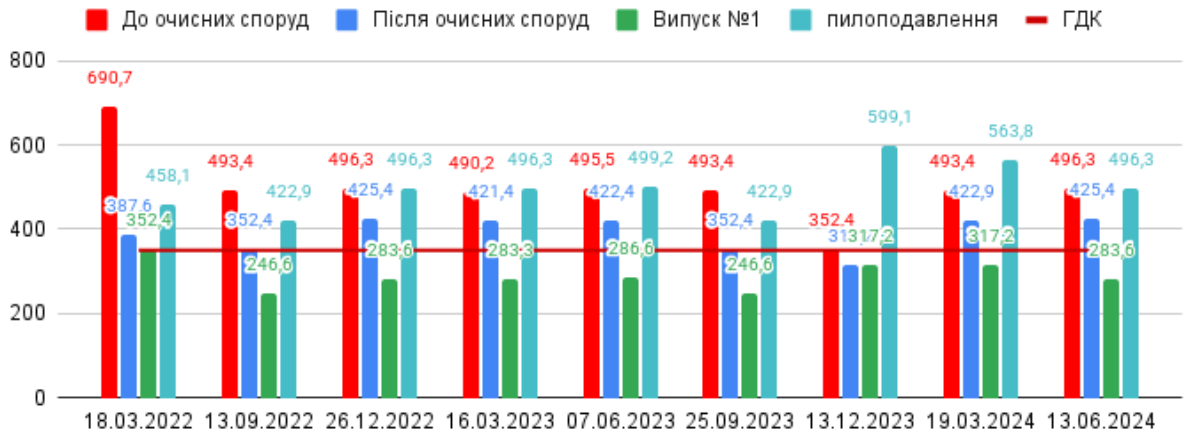
Динаміка концентрації хлоридів у стічних вод шахт. Рис. 3.7 демонструє гістограми змін концентрації хлоридів у стічних водах шахт «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в).

Рівень хлоридів у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» значно перевищує допустиму норму (350 мг/дм^3), що створює серйозні екологічні ризики. Найкритичніша ситуація спостерігається в шахти «Капітальна», де концентрація хлоридів до очистки досягає $2963,9 \text{ мг/дм}^3$ (у 8,5 разів вище ГДК), а після очистки — $2739,8 \text{ мг/дм}^3$. Такі показники свідчать про повну неефективність очисних систем, які знижують рівень солей лише на 5–15%. Навіть на випуску №1, який має бути контрольним пунктом, значення коливаються в межах $1912,6\text{--}2702,9 \text{ мг/дм}^3$, що робить цей об'єкт основним джерелом засолення водою.

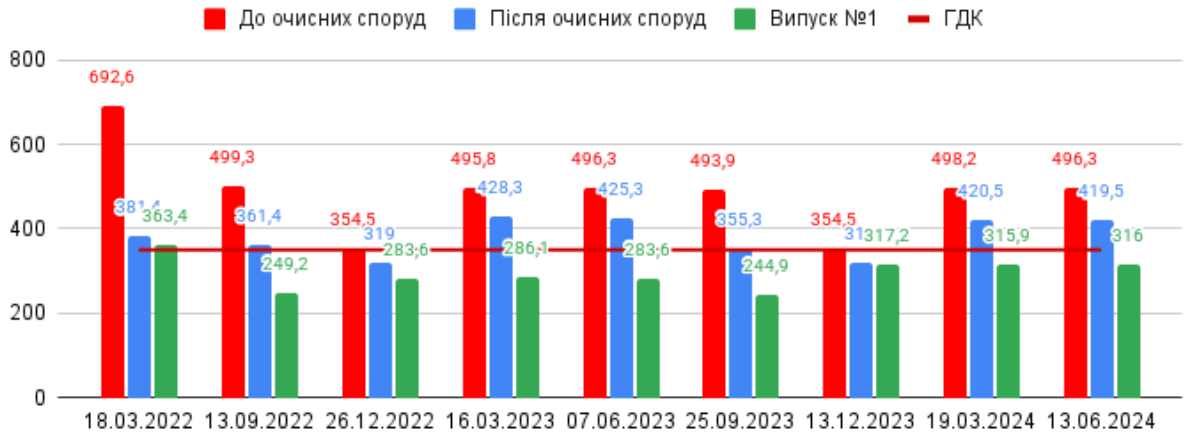
Шахти «Центральна» та «5/6» демонструють менш критичні, але все ще небезпечні показники. До очистки рівень хлоридів тут становить $493,4\text{--}692,6 \text{ мг/дм}^3$ ($1,4\text{--}2 \times$ ГДК), після очистки — $317,2\text{--}428,3 \text{ мг/дм}^3$. Випуск №1 іноді відповідає нормі: наприклад, у вересні 2023 року фіксується $244,9 \text{ мг/дм}^3$. Однак система пилоподавлення «Центральної» стає додатковим джерелом забруднення, де показники досягають $599,1 \text{ мг/дм}^3$, ймовірно через використання хлоридвмісних реагентів.

Сезонні коливання відіграють ключову роль. Навесні (березень) концентрації хлоридів різко зростають: у «Капітальної» до $2963,9 \text{ мг/дм}^3$, у «Центральної» — до $690,7 \text{ мг/дм}^3$. Восени (вересень) ситуація залишається напруженою, особливо для «Капітальної» ($2725,3 \text{ мг/дм}^3$). Водночас у зимові місяці (грудень) шахта «5/6» тимчасово покращує показники до $354,5 \text{ мг/дм}^3$, що, однак, все ще перевищує норму.

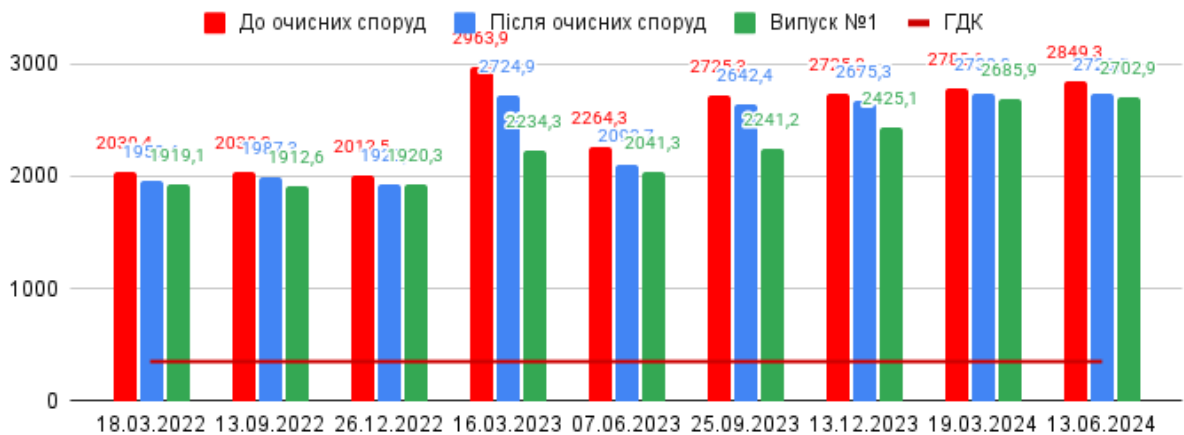
Головною проблемою залишається недостатня ефективність очисних технологій. Наприклад, у «Капітальної» вони не враховують високе мінеральне навантаження, а механічні фільтри не справляються із завданням. Для вирішення цієї кризи необхідно термінове впровадження глибоких методів очистки, таких як зворотний осмос або іонний обмін.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.7 – Динаміка вмісту хлоридів у стічних водах шахт, мг/ дм³.

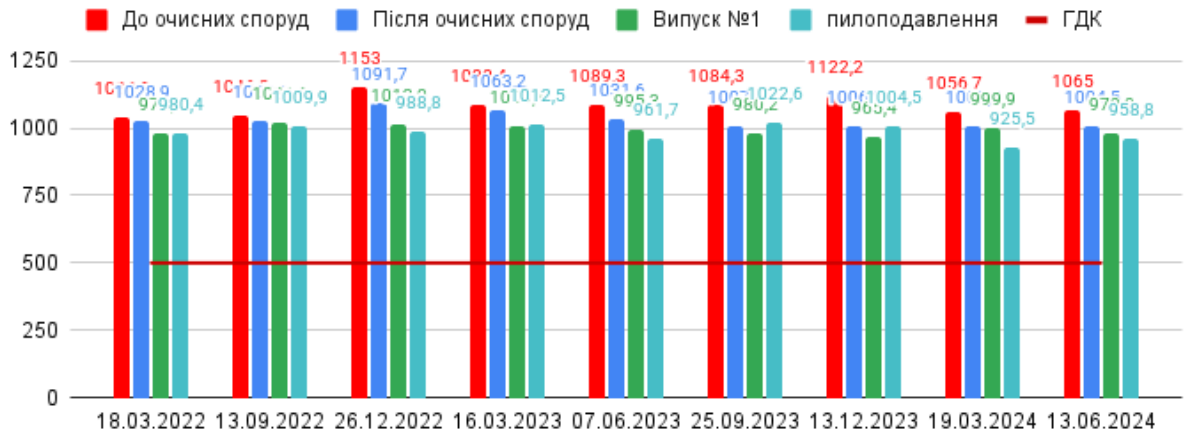
Також критично важливо провести аудит технологій видобутку в «Капітальної», щоб виявити джерела надходження солей — можливо, це ґрунтові води або застаріле обладнання.

Для «Центральної» та «5/6» пріоритетом має стати заміна хлоридвмісних реагентів у системах пилоподавлення та оптимізація роботи випуску №1. Наприклад, стабільність показників на рівні 244,9–246,6 мг/дм³ у вересні 2023 року свідчить, що досягнення норми можливе за умови точнішого контролю технологічних процесів.

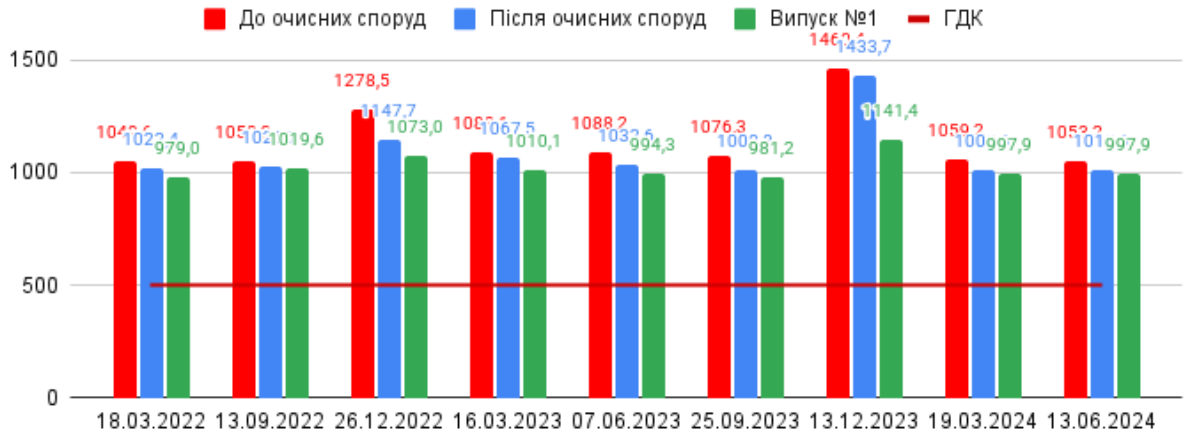
Динаміка вмісту сульфатів у стічних вод шахт. Динамічні характеристики вмісту сульфатів у водах шахт «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в) наведено на рисунку 3.8.

Сульфати у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» систематично перевищують гранично допустиму концентрацію (500 мг/дм³), що призводить до закислення водойм, корозії інженерних споруд. Найбільш гостра ситуація спостерігається в шахти «5/6», де рівень сульфатів до очистки досягає 1460,4 мг/дм³ (2,9× ГДК), а після очистки — 1433,7 мг/дм³. Це свідчить про повну неефективність очисних систем, які знижують концентрацію лише на 2–5%. Навіть на випуску №1, який має бути контрольним пунктом, значення перевищують норму: у грудні 2023 року вони становлять 1141,4 мг/дм³ (2,3× ГДК).

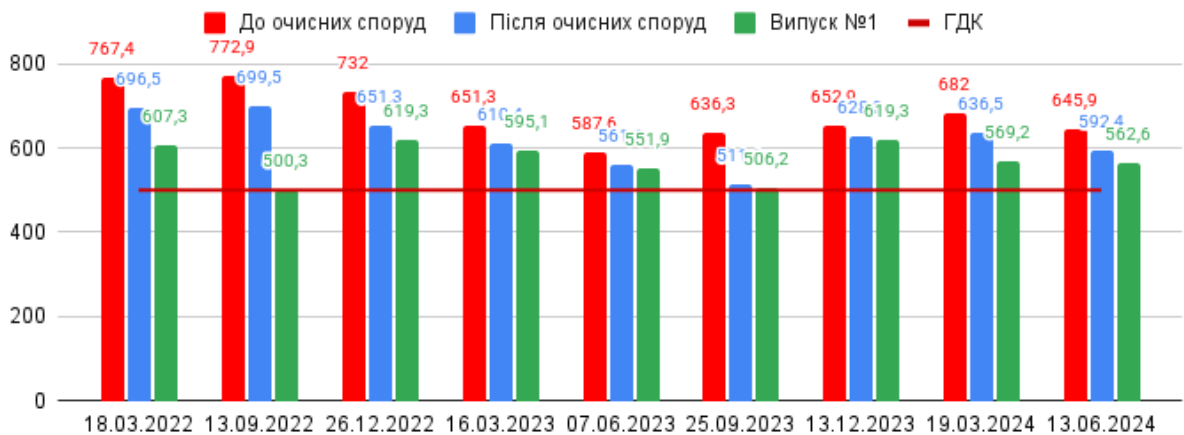
Шахта «Центральна» демонструє стабільно високі показники. До очистки рівень сульфатів коливається в межах 1039,5–1153,0 мг/дм³ (2,1–2,3× ГДК), з піком у грудні 2022 року. Після очистки концентрація знижується незначно — до 1004,5–1091,7 мг/дм³, що залишається удвічі вищим за норму. Випуск №1 також не відповідає вимогам: показники тут становлять 965,4–1021,6 мг/дм³. Система пилоподавлення додатково погіршує ситуацію, фіксуючи 925,5–1022,6 мг/дм³, ймовірно через використання сульфатвмісних реагентів для боротьби з пилом.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.8 – Динаміка вмісту сульфатів у стічних водах шахт, мг/ дм³.

Шахта «Капітальна» виділяється відносно кращими, але все ще незадовільними результатами. До очистки сульфати становлять 587,6–772,9 мг/дм³ (1,2–1,5× ГДК), після очистки — 511,6–699,5 мг/дм³. На випуску №1 у вересні 2022 року зафіксовано єдиний випадок відповідності нормі (500,3 мг/дм³), але в інші періоди показники досягають 619,3 мг/дм³.

Сезонні коливання в динаміці вмісту сульфатів мають місце. Взимку (грудень) шахта «5/6» фіксує максимальні значення сульфатів — 1460,4 мг/дм³, що може бути пов'язане з використанням антильодових реагентів або збільшенням видобутку. Навесні (березень) всі шахти демонструють зростання рівня забруднення: «Капітальна» досягає 767,4 мг/дм³, «Центральна» — 1088,4 мг/дм³. Восени (вересень) лише «Капітальна» тимчасово наближається до норми на випуску №1 (500,3 мг/дм³), що може бути наслідком сезонного зниження навантаження.

Головною проблемою залишається недостатня ефективність очисних технологій. Наприклад, у «5/6» сульфати після очистки знижуються лише на 2%, що свідчить про відсутність спеціалізованих методів нейтралізації. Використання сульфатвмісних реагентів у системах пилоподавлення «Центральної» додатково підсилює проблему. Для вирішення цих проблем необхідно впровадити хімічні методи очистки, такі як осадження сульфатів вапном або хлоридом барію, а також провести аудит джерел забруднення — від ґрунтових вод до технологічних процесів.

Динаміка у показника амоній у стічних вод шахт. На рис. 3.9 продемонстровано, як змінювався вміст амонію у стічних водах шахт «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в) залежно від етапів очищення протягом періоду проведення дослідження.

Рівень амонію у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» переважно перевищує допустиму норму (0,5 мг/дм³), що загрожує токсичним впливом на водні організми та порушенням азотного балансу. Найкритичніша ситуація спостерігається в шахти «Капітальна», де навіть після очистки рівень амонію досягає 1,2 мг/дм³ (2,4× ГДК), а на

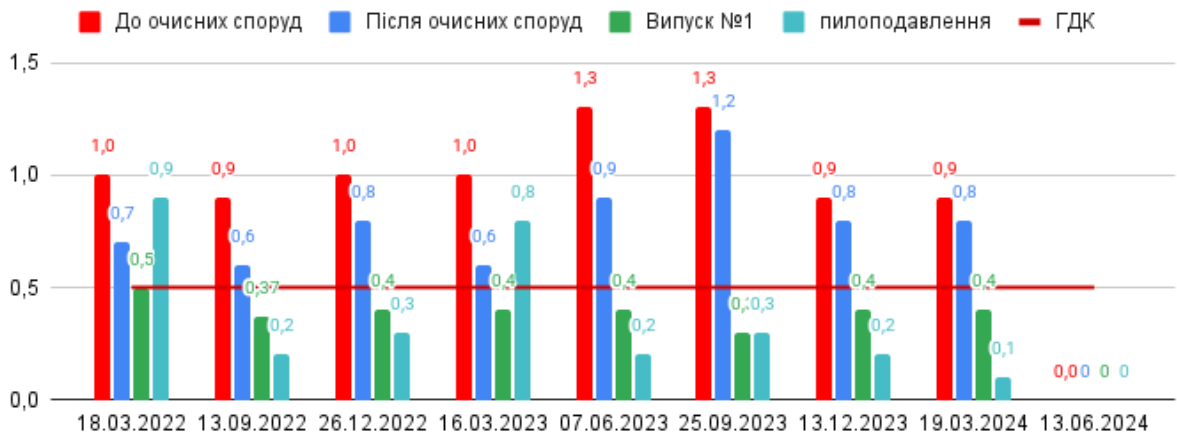
випуску №1 — 1,0 мг/дм³. Це свідчить про системні недоліки в управлінні азотними сполуками та неефективність очисних технологій.

Шахта «Центральна» демонструє нестабільні показники. До очистки рівень амонію коливається в межах 0,9–1,3 мг/дм³ (1,8–2,6× ГДК), з піком у червні 2023 року. Після очистки концентрація знижується до 0,6–1,2 мг/дм³, але значення залишаються вищими за норму. Випуск №1 іноді відповідає стандартам: наприклад, у вересні 2023 року тут зафіксовано 0,3 мг/дм³. Однак у червні 2024 року спостерігається аномальне зниження до 0,0 мг/дм³, що може бути пов'язане з помилкою вимірювань.

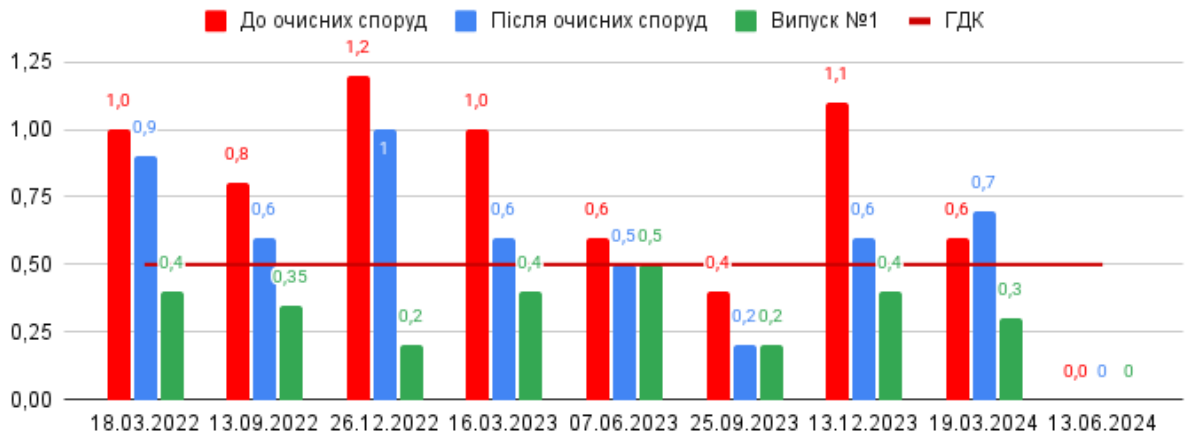
Шахта «5/6» має найкращі результати серед трьох об'єктів. До очистки рівень амонію тут становить 0,4–1,2 мг/дм³, після очистки — 0,2–1,0 мг/дм³. На випуску №1 у вересні 2023 року зафіксовано 0,2 мг/дм³, що відповідає нормі. Проте взимку (грудень 2022) показники до очистки досягають 1,2 мг/дм³, що вказує на сезонні проблеми, пов'язані з уповільненням біологічних процесів.

Шахта «Капітальна» виділяється постійним перевищенням норм, до очистки рівень амонію тут коливається в межах 1,0–1,3 мг/дм³ (2–2,6× ГДК), після очистки — 0,6–1,2 мг/дм³. Навіть на випуску №1 значення залишаються небезпечно високими (0,7–1,0 мг/дм³). Це може бути наслідком використання азотних сполук у технологічних процесах або недостатньої потужності очисних систем.

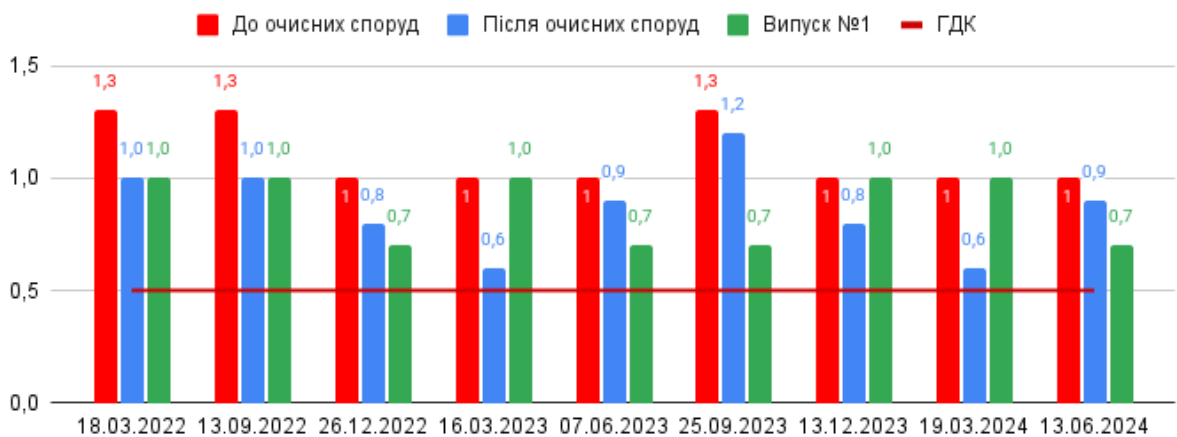
Влітку (червень) усі шахти фіксують зниження рівня амонію. Наприклад, у «Центральній» на випуску №1 показник падає до 0,0 мг/дм³, а в «5/6» після очистки — до 0,5 мг/дм³. Це може бути пов'язане з активністю бактерій-редуцентів у теплу погоду або зниженням інтенсивності видобутку. Водночас взимку (грудень) «Капітальна» демонструє підвищення концентрацій до 1,0 мг/дм³, що свідчить про неефективність очисних систем у холодний період.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.9 – Динаміка у показника амоній у стічних водах шахт, мг/ дм³.

Динаміка вмісту нітритів у стічних вод шахт. Рис. 3.10 містить графіки, що показують зміни у показниках вмісту нітритів у стічних водах шахт «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в). «Центральна».

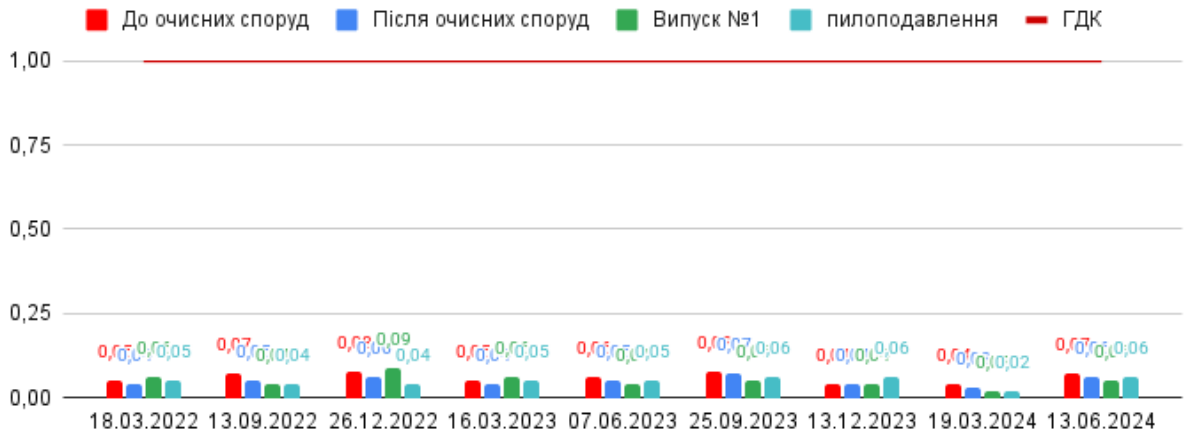
Рівень нітритів у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» переважно не перевищує гранично допустиму концентрацію (1,0 мг/дм³), що свідчить про відсутність гострих екологічних ризиків, пов'язаних із цим параметром. Однак окремі випадки потребують уваги для запобігання потенційним загрозам.

Шахта «Центральна» демонструє стабільно низькі показники. До очистки рівень нітритів коливається в межах 0,04–0,08 мг/дм³ (4–8% від ГДК), після очистки — 0,03–0,07 мг/дм³. На випуску №1 значення не перевищують 0,09 мг/дм³ (найвищий показник у грудні 2022 року), а система пилоподавлення фіксує мінімальні концентрації (0,02–0,06 мг/дм³). Це свідчить про ефективність технологій очистки та відсутність системних проблем.

Шахта «5/6» має аналогічну ситуацію. До очистки нітрити становлять 0,04–0,09 мг/дм³ (4–9% від ГДК), після очистки — 0,03–0,07 мг/дм³. Випуск №1 фіксує показники на рівні 0,02–0,08 мг/дм³, що також значно нижче норми. Єдиний виняток — грудень 2023 року, коли до очистки зафіксовано 0,09 мг/дм³, але це значення все ще не становить загрози.

Шахта «Капітальна» виділяється випадковим різким зростанням нітритів у вересні 2023 року. До очистки рівень забруднення досяг 0,8 мг/дм³ (80% від ГДК), після очистки — 0,7 мг/дм³ (70% від ГДК). Це може бути пов'язане з технологічним скидом, аварійним викидом або помилкою вимірювань. На випуску №1 ситуація залишається стабільною (0,04–0,05 мг/дм³), що свідчить про тимчасовий характер проблеми.

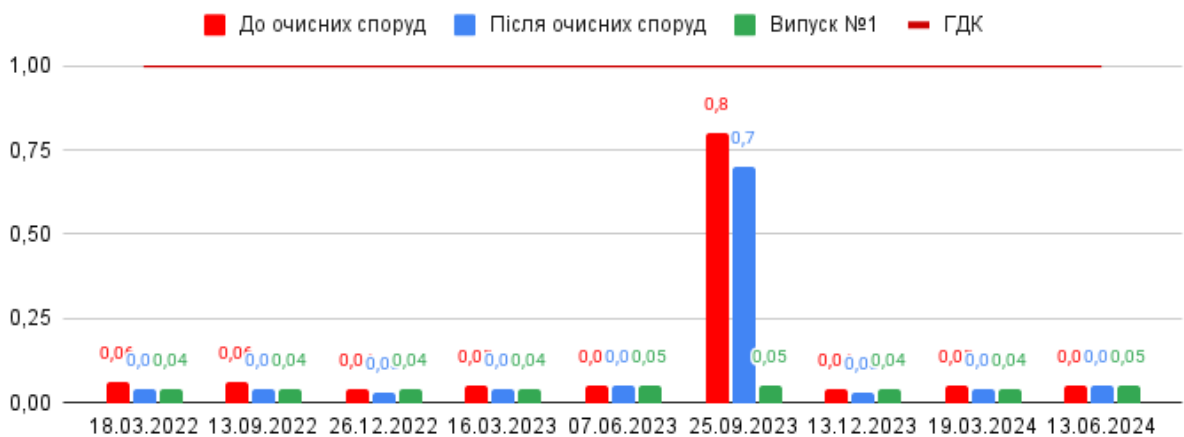
Сезонні тенденції не виявляють чітких закономірностей, окрім аномалії у вересні 2023 року в «Капітальній». Решта періодів усі шахти демонструють низькі та безпечні показники. Наприклад, улітку (червень) рівень нітритів на випуску №1 у «Центральній» становить 0,05 мг/дм³, а в «5/6» — 0,06 мг/дм³.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.10 – Динаміка вмісту нітритів у стічних водах шахт, мг/ дм³.

Динаміка концентрації нітратів у стічних вод шахт. Рис. 3.11 містить гістограми динаміки показників концентрації нітратів у стічних водах шахти «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в).

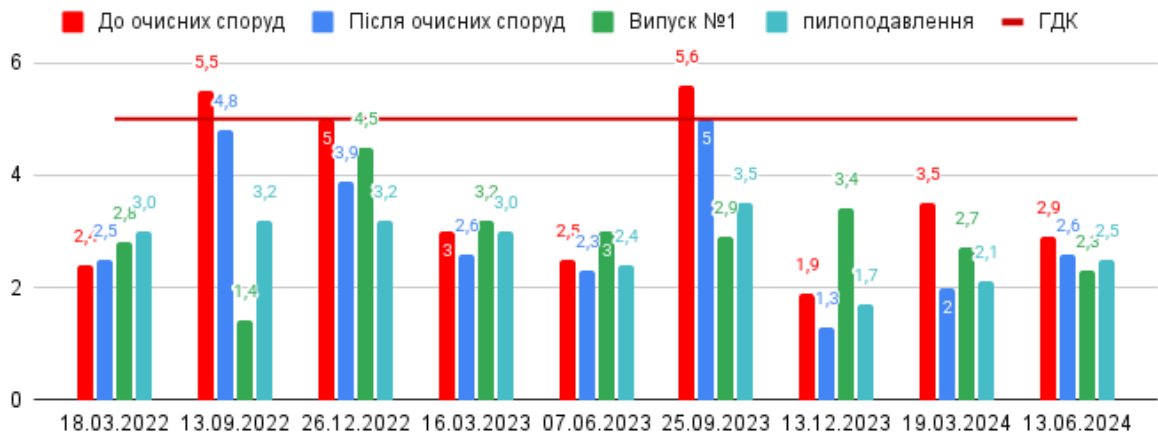
Рівень нітратів у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» переважно не перевищує гранично допустиму концентрацію ($5,0 \text{ мг/дм}^3$), що свідчить про контрольовану ситуацію.

Шахта «Центральна» демонструє найвищі показники. У вересні 2023 року рівень нітратів до очистки досягає $5,6 \text{ мг/дм}^3$ (перевищення ГДК на 12%), а після очистки знижується до межі норми ($5,0 \text{ мг/дм}^3$). Це вказує на тимчасове перевантаження системи, можливо пов'язане зі збільшенням видобутку або опадами. На випуску №1 найвищий показник зафіксовано в грудні 2022 року — $4,5 \text{ мг/дм}^3$ (90% від ГДК), що близько до критичного рівня. Система пилоподавлення працює стабільно, фіксуючи $1,7\text{--}3,5 \text{ мг/дм}^3$.

Шахта «5/6» має схожу динаміку. У вересні 2023 року нітрати до очистки також сягають $5,6 \text{ мг/дм}^3$, а після очистки — $5,0 \text{ мг/дм}^3$. Це свідчить про однакові проблеми в обох шахтах, ймовірно, через схожі технологічні процеси або зовнішні фактори. На випуску №1 ситуація краща: показники не перевищують $3,0 \text{ мг/дм}^3$ (60% від ГДК).

Шахта «Капітальна» виділяється стабільністю. Рівень нітратів до очистки коливається в межах $2,1\text{--}3,8 \text{ мг/дм}^3$ (42–76% від ГДК), після очистки — $2,3\text{--}3,3 \text{ мг/дм}^3$. На випуску №1 значення не перевищують $3,4 \text{ мг/дм}^3$ (68% від ГДК), що свідчить про ефективність очисних систем. Проте наближення до 70% ГДК вимагає пильності, щоб уникнути майбутніх перевищень.

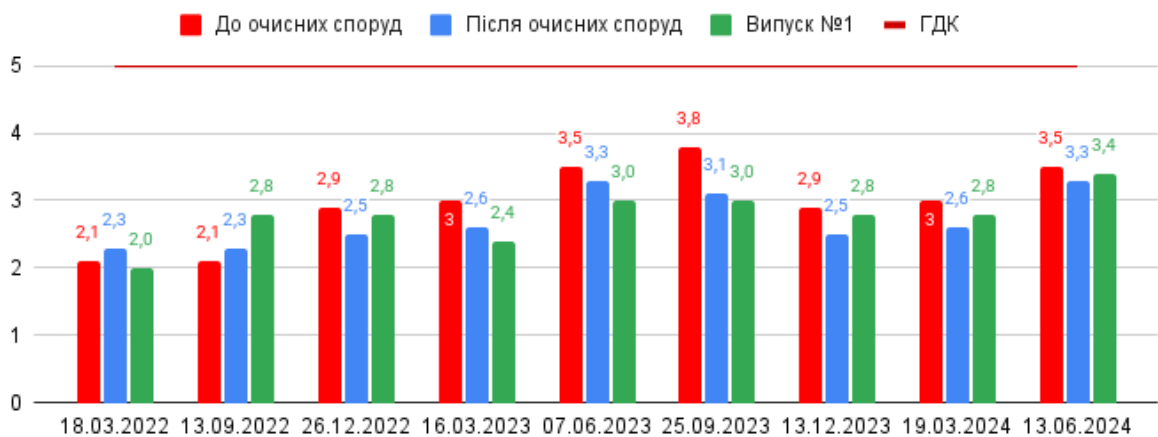
Вересень 2023 року став критичним для «Центральної» та «5/6» через піки нітратів. Зимові місяці (грудень) демонструють зростання нітратів на випуску №1 у «Центральної» ($4,5 \text{ мг/дм}^3$), ймовірно через зниження активності біологічних процесів очистки в холодну пору. Літо (червень) є найстабільнішим періодом: усі шахти фіксують показники в межах норми.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.11 – Динаміка концентрації нітратів у стічних водах шахт, мг/ дм³.

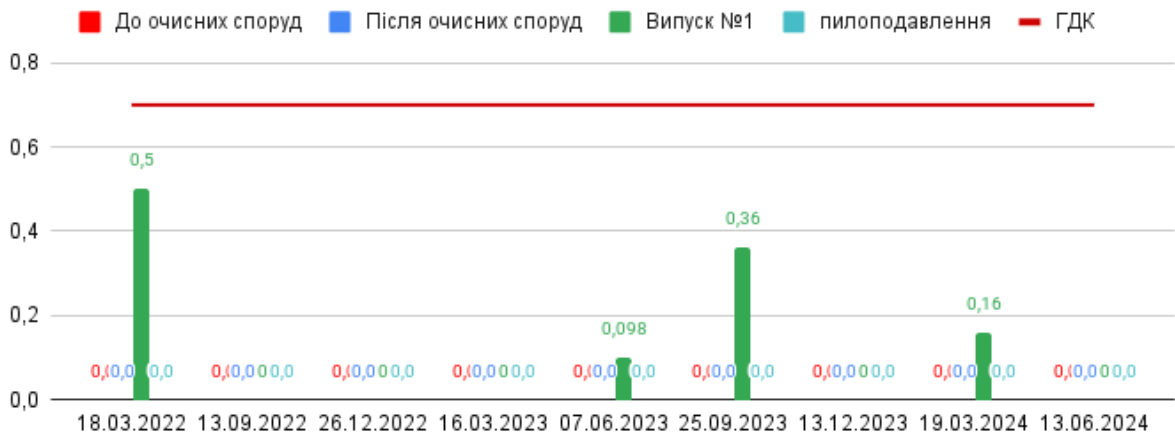
Динаміка вмісту фосфатів у стічних вод шахт.

Фосфати у поверхневих водах спричиняють евтрофікацію — надмірне розростання водоростей, що призводить до дефіциту кисню, загибелі водних організмів. Надлишок фосфатів також збільшує ризик токсичних цвітіннь водоростей, що загрожує здоров'ю людей та тварин через бактеріальне забруднення води. Джерелами фосфатів у шахтних водах можуть бути: фосфатовмісні реагенти, використовувані для боротьби з пилом, вилуговування фосфору з гірничих порід або забруднені ґрунтові води.

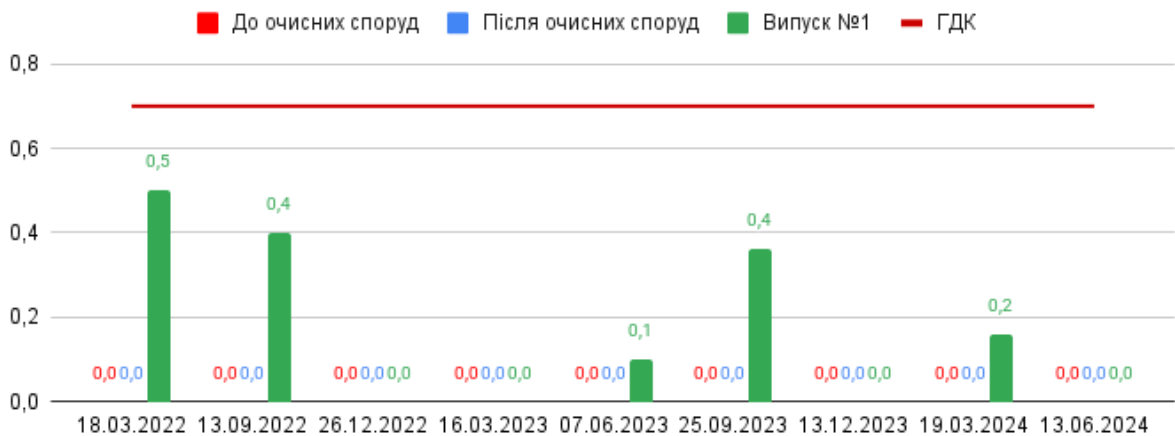
Гістограми рисунку 3.13 подають дані динаміки вмісту фосфату у стічних водах шахт «Центральна» (а), «5/6» (б), у стічних водах шахти «Капітальна» визначення вмісту фосфатів не проводилося.

Рівень фосфатів у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» систематично не перевищує гранично допустиму концентрацію (0,7 мг/дм³). Це свідчить про відсутність гострих екологічних ризиків, пов'язаних із цим параметром. Окремі випадки незначних концентрацій фосфатів на випуску №1 потребують уваги, проте загалом ситуація залишається контрольною. Шахта «Центральна» демонструє мінімальну присутність фосфатів лише на випуску №1. Наприклад, у березні 2022 року рівень становив 0,5 мг/дм³ (71% від ГДК), у вересні 2023 року — 0,4 мг/дм³ (57% від ГДК). Після очистки та на етапі пилоподавлення фосфати не виявляються (0,0 мг/дм³), що підтверджує ефективність основних технологій очистки. Шахта «5/6» має схожу динаміку. Фосфати фіксуються виключно на випуску №1: 0,5 мг/дм³ у березні 2022 року та 0,4 мг/дм³ у вересні 2023 року.

Сезонні тенденції не виражені чітко, проте незначні зростання концентрацій на випуску №1 («Центральна» та «5/6») спостерігаються навесні (березень) та восени (вересень). Це може бути пов'язане з сезонними роботами або використанням спеціалізованих реагентів. Взимку та влітку фосфати практично не виявляються.



а) шахта «Центральна»;

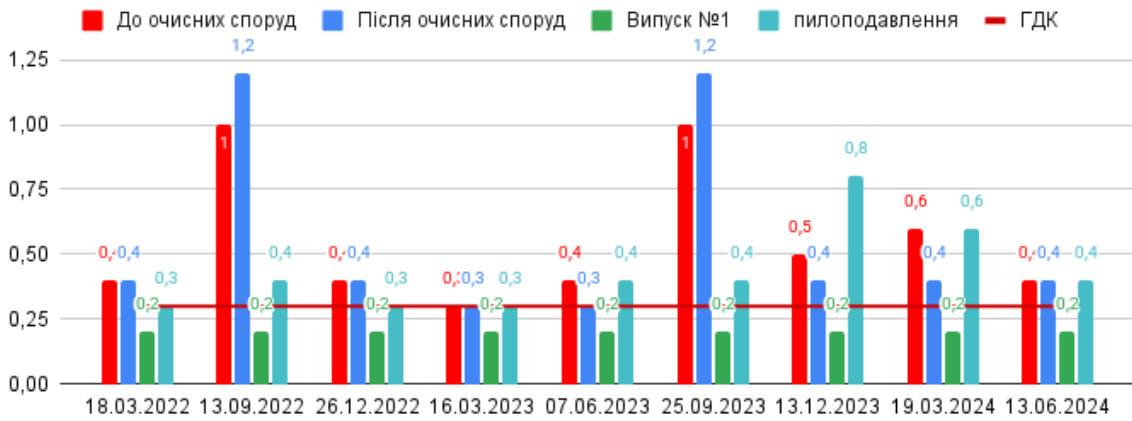


б) шахта «5/6».

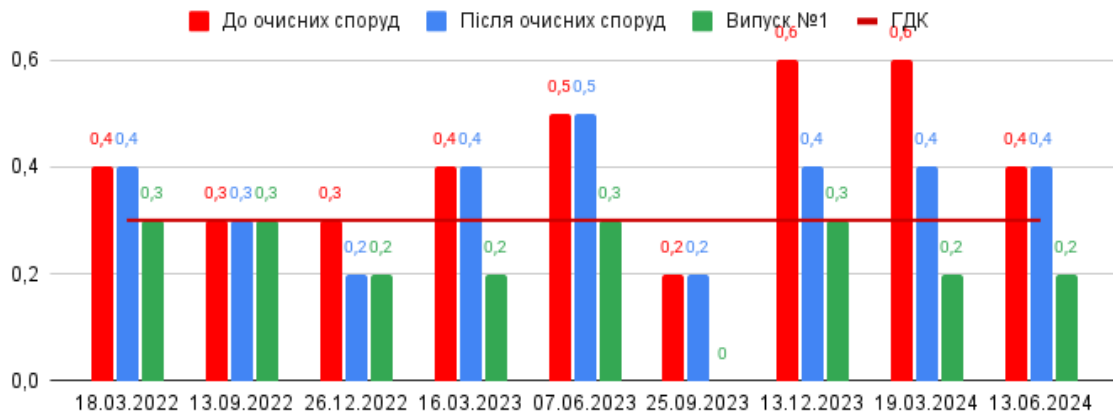
Рис. 3.13 – Динаміка вмісту фосфатів у стічних водах шахт, мг/ дм³.

Динаміка вмісту нафтопродуктів у стічних вод шахт. На графіках, що представлених на рис. 3.14 можна побачити, як змінювався з часом вміст нафтопродуктів у стічних водах шахт «Центральна» (а), «5/6» (б) та «Капітальна» (в) протягом досліджуваного періоду.

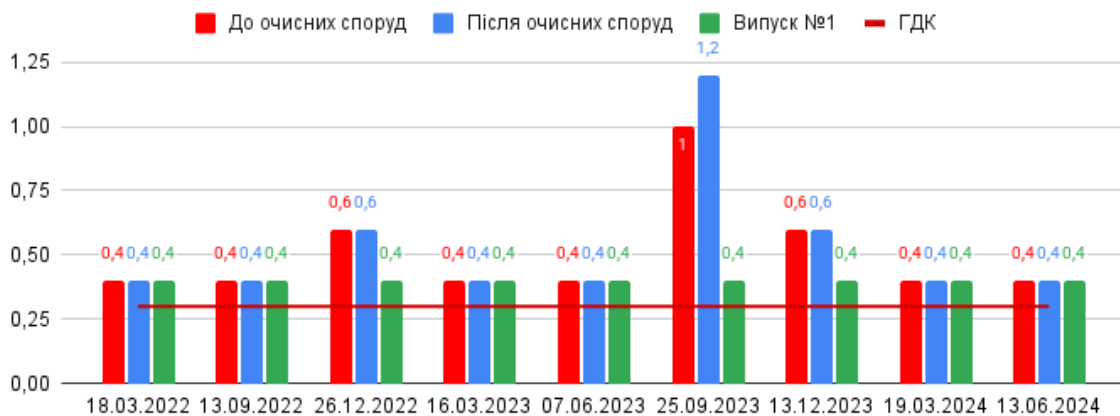
Рівень нафтопродуктів у стічних водах шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» систематично перевищує ГДК (0,3 мг/дм³), що створює серйозні екологічні ризики.



а) шахта «Центральна»;



б) шахта «5/6»;



в) шахта «Капітальна».

Рис. 3.14 – Динаміка вмісту нафтопродуктів у стічних водах шахт, мг/дм³

Найкритичніша ситуація спостерігається в шахти «Капітальна», де навіть після очистки показники досягають $1,2 \text{ мг/дм}^3$ (у 4 рази вище норми), а на випуску №1 концентрація постійно перевищує ПДС ($0,4 \text{ мг/дм}^3$).

Це свідчить про системні недоліки в роботі очисних систем, які не лише неефективно видаляють забруднення, але іноді й погіршують ситуацію. Наприклад, у вересні 2022 року в «Центральній» рівень нафтопродуктів після очистки зріс з $1,0 \text{ мг/дм}^3$ до $1,2 \text{ мг/дм}^3$.

Найвищі перевищення фіксуються восени (вересень) та взимку (грудень). У вересні 2023 року «Капітальна» фіксує $1,2 \text{ мг/дм}^3$ після очистки, а «Центральна» — $1,0 \text{ мг/дм}^3$ до очистки. Водночас у «Центральній» на випуску №1 показники залишаються в межах норми ($0,2 \text{ мг/дм}^3$).

Динаміка вмісту фенолу у стічних вод шахт. Вмісту фенолу у стічних водах шахти «Центральна», «5/6», «Капітальна» не було виявлено у досліджуваній період.

3.2 Розрахунок комплексного індексу забруднення стічних вод для шахт ДП «Мирноградвугілля»

Результати обчислень комплексного індексу забруднення (КІЗ) для шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» (табл. 3.1. та табл. 3.2) виявили суттєві відмінності у рівні впливу на навколишнє середовище.

Шахта «Центральна» має найвищий КІЗ (54), що вказує на критичний стан. Коефіцієнт комплексності тут становить 60%, тобто 60% досліджених показників перевищують ГДК. Найбільш проблемними є зважені речовини, БСК₅, ХСК та сульфати, які отримали максимальні оціночні бали ($S_i = 8$) через високі концентрації (до $6,4 \times$ ГДК) та постійні перевищення.

Шахта «5/6» має найнижче значення КІЗ (15). Коефіцієнт комплексності (40%) показує, що лише 40% показників перевищують ГДК. Головною проблемою в стоках шахти є сухий залишок, який отримав максимальний

бал ($S_i = 8$) через високі концентрації ($2,2 \times \text{ГДК}$). Хлориди та сульфати також присутні, але їхній вплив обмежений ($S_i = 4$).

Шахта «Капітальна» займає проміжне положення ($\text{КІЗ} = 32$) з коефіцієнтом комплексності 40%. Однак локальні проблеми тут гостріші: хлориди ($6,4 \times \text{ГДК}$) та сульфати ($2,0 \times \text{ГДК}$) отримали максимальні бали ($S_i = 8$), що вказує на критичне забруднення цими речовинами. Нафтопродукти також становлять загрозу ($S_i = 4$), а їхня концентрація після очистки іноді перевищує вхідні значення, що може бути наслідком технологічних збоїв.

Таблиця 3.1

Результати обчислення комплексного індексу забруднення для шахт «Центральна», «5/6» та «Капітальна» та його складових в абсолютних значеннях

Шахта «Центральна»				Шахта «5/6»				Шахта «Капітальна»			
К, %		60		К, %		40		К, %		40	
Показник	P_i	K_i	S_i	Показник	P_i	K_i	S_i	Показник	P_i	K_i	S_i
Зважені р-ни	1	2,1	8	Зважені р-ни	0,4	1,1	3	Зважені р-ни	1	1,2	4
БСК5	1	4,5	8	рН	0,1	1	1	Сухий зал.	1	2,2	8
ХСК	1	3,2	8	БСК5	0,2	0,6	2	Хлориди	1	6,4	8
Сухий зал.	1	1,8	4	Сухий зал.	1	1,6	4	Сульфати	0,8	1,1	4
Залізо заг.	1	2,7	8	Хлориди	0,1	0,8	1	Амоній	1	1,8	4
Хлориди	1	1,4	4	Сульфати	1	2,0	4	Нафтоп.	1	1,3	4
Сульфати	1	2,0	8								
Амоній	0,2	0,7	2								
Нафтоп.	0,7	1,3	4								
КІЗ	54			КІЗ	15			КІЗ	32		

де $K, \%$ – коефіцієнт комплексності;

P_i – стійкість забруднення;

K_i – рівень забруднення;

S_i – оціночні бали;

КІЗ – комплексного індексу забруднення.

Таблиця 3.2

**Результати обчислення комплексного індексу забруднення для шахт
«Центральна», «5/6» та «Капітальна» в умовних значеннях**

Шахта «Центральна»				Шахта «5/6»				Шахта «Капітальна»			
Показник	P_i	K_i	S_i	Показник	P_i	K_i	S_i	Показник	P_i	K_i	S_i
Зважені р-ни	d	b1	db1	Зважені р-ни	c	a1	ca1	Зважені р-ни	d	a1	da1
БСК5	d	b1	db1	pH	a	a1	aa1	Сухий зал.	d	b1	db1
ХСК	d	b1	db1	БСК5	b	a1	ba1	Хлориди	d	b1	db1
Сухий зал.	d	a1	da1	Сухий зал.	d	a1	da1	Сульфати	d	a1	da1
Залізо заг.	d	b1	db1	Хлориди	a	a1	aa1	Амоній	d	a1	da1
Хлориди	d	a1	da1	Сульфати	d	a1	da1	Нафтоп.	d	a1	da1
Сульфати	d	b1	db1								
Амоній	b	a1	ba1								
Нафтоп.	d	a1	da1								
КІЗ	Дуже брудна			КІЗ	Брудна			КІЗ	Дуже брудна		

де P_i – стійкість забруднення;

K_i – рівень забруднення;

S_i – оціночні бали;

КІЗ – комплексного індексу забруднення.

Згідно з класифікацією якості води водних об'єктів за значенням КІЗ, стічні води належать до IV класу якості води. Вода має підвищений вміст забруднюючих речовин, концентрація яких перевищує ГДК.

Таким чином, за класифікацією якості води стічні води належать до III класу якості води. Це означає, що вода має помірні відхилення від встановлених нормативів, що не призводить до критичного погіршення якості. Отже, стічні води шахти, за класифікацією належать до IV класу якості води. Таким чином, можна дійти висновку, що вода сильно забруднена, а система очищення не є ефективною.

ВИСНОВКИ

1. Оцінка діяльності державного підприємства «Мирноградвугілля» та його засобів утилізації відходів дозволив виявити вплив галузі на навколишнє середовище. Діяльність шахт призводить до значних змін в екосистемі, проте наразі основними загрозами для екосистеми є військові дії на території підприємства, що призвели до руйнування та затоплення шахт, підняття рівня ґрунтових вод, забруднення водних об'єктів та атмосфери.

2. Опановані хіміко-аналітичні методи оцінки впливу вугільних підприємств на довкілля дозволили системно дослідити забруднення шахтних стічних вод ДП «Мирноградвугілля». Використання стандартизованих методів відбору проб (згідно з КНД 211.1.0.009-94), лабораторних аналізів (визначення фізико-хімічних параметрів, включаючи БСК5, ХСК, концентрації металів та нафтопродуктів) та розрахунку комплексного індексу забруднення (КІЗ) забезпечило об'єктивність результатів. Впровадження статистичних методів і візуалізації даних виявило динаміку концентрацій забруднювачів на різних технологічних етапах.

3. Аналіз динаміки екологічних показників стічних вод шахт «Центральна», «5/6», «Капітальна» показав, наскільки ефективні очисні споруди у підприємств та які саме хімічні показники перевищують норми. З 15 показників, концентрація 8 з них найчастіше перевищувала ГДК, а саме: зважені речовини, БСК5, сухий залишок, залізо загальне, хлориди, сульфати, амоній та нафтопродукти.

4. Обчислення комплексного індексу забруднення стічних вод показало, які саме шахти найбільш впливають на забруднення водойм. Згідно з розрахунками, шахта «Центральна» та шахта «Капітальна» мають найвищі показники КІЗ і відносяться до IV класу якості води. Це означає, що стічні шахтні води має підвищений вміст забруднюючих речовин, концентрація яких в більшості перевищує ГДК. Шахта «5/6» має невисокий показник КІЗ і

відноситься до III класу якості, вода має помірні відхилення від встановлених нормативів, що не призводить до критичного погіршення екологічного стану поверхневих вод після скидання до них стічних вод.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айрапетян Т. С. Очистка побутових стічних вод. Споруди та обладнання водовідведення : конспект лекцій . Харк. нац. ун–т міськ. госп–ва ім. О. М. Бекетова. Х.: ХНУМГ, 2014. 121 с.
2. Бардась А., Бабець Д. Параметри ентропійної природи вугільних шахт щодо впливу на довкілля та виробничі витрати. *Економічний вісник НГУ*. 2010. № 1. С. 70–80.
3. Богомаз О., Зав'ялова О. Розрахунок показників екологічного впливу гірничих підприємств на стан навколишнього природного середовища. *Проблеми екології*. 2021. № 1. С. 17–22.
4. Бузило В., Павличенко А. Екологічні та техногенні наслідки ліквідації вугільних шахт. *Розробка родовищ: Зб. наук. пр.* 2014. Т. 8. С. 235–240. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/104588> .
5. Державна служба статистики України. Статистичний щорічник Донецької області за 2015 рік. Київ, 2016. 224 с. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 08.09.2024).
6. Державна екологічна інспекція у Донецькій області. Звіт про стан навколишнього природного середовища Донецької області у 2020 р. Київ, 2021. 89 с. URL: <https://www.dei.gov.ua/reports> (дата звернення: 15.09.2024).
7. Державна екологічна інспекція у Донецькій області. Аналітичний огляд екологічних порушень у зоні АТО (2021-2022). Київ, 2023. 67 с. URL: <https://www.dei.gov.ua/reports> (дата звернення: 09.12.2024).
8. Драчук Ю. Напрямки зменшення негативного впливу на довкілля у вугільному регіоні. *Економічний вісник Донбасу*. 2007. № 1. С. 33–37.
9. Ковальчук М., Крошко Ю. Паспортизація породних відвалів вуглевидобувних територій – основа створення їх ГІС-системи та оцінки впливу на довкілля. *Гірнична геологія та геоecологія*,. 2021. № 1(2). С. 35–49.
10. Кочмар І., Карабин В. Сучасні методи використання та поводження з відходами вуглевидобутку. *Техногенно-екологічна безпека*

України: стан та перспективи розвитку : матеріали VI Всеукр. науково-практ. конф., м. Ірпінь, 7 листоп. 2016 р. Ірпінь, 2016. С. 127–128.

11. Кузик І., Артамонов В. Визначення екологічних ризиків при функціонуванні породного відвалу та обґрунтування напрямків щодо їх подолання (методологічний аспект). *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2013. № 78. С. 234–240.

12. Кузик І. Вплив породних відвалів шахт на компоненти довкілля та визначення можливостей щодо його зменшення. *Екологія і природокористування*. 2012. № 15. С. 23–37. URL: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/handle/123456789/57451>.

13. Луньова О. Оцінка екологічних ризиків техноекосистем на прикладі районів вугільних родовищ Донбасу. *Науково-практичний журнал*. 2019. № 4(27). С. 38–44.

14. Петльований М., Гайдай О. А. Аналіз накопичення і систематизація породних відвалів вугільних шахт, перспективи їх розробки. *Геотехнічна механіка*. 2017. № 136. С. 147–158.

15. Петрович І. Забезпечення захисту довкілля на сході України в контексті реінтеграції Донбасу. *Стратегічна панорама*. 2019. № 1-2. С. 20–29.

16. Піндер В., Попович В. Рекультивація породних відвалів ліквідованих шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27, № 3. С. 113–116.

17. Попович В., Волощишин А. Екологічні особливості формування фітомеліоративного вкриття на териконах вугільних шахт. *Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України* : матеріали Всеукр. наук. конф., м. Миколаїв, 21 верес. 2024 р. Миколаїв, 2018. С. 86.

18. Розробка методики відбору проб для контролю небезпек хімічного та радіоактивного походження при надзвичайних ситуаціях / В. Нуянзін та ін. Збірник наукових праць Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного

захисту України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація». 2020. Т. 4, № 2. С. 64–76.

19. Соловцова О. Використання досвіду Німеччини з рекультивації земель у Донецькій області. *Наукові праці ДонНТУ*. 2013. Т. 2, № 44. С. 213–216.

20. СОУ-П 10.1-00174102.007. Викиди шкідливих речовин з породних відвалів. Методика розрахунку. Чинний від 2009-01-01. Вид. офіц. Київ, 2008. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0414-20#Text>

21. Терехова Т. Використання шахтної породи ВП «Шахта Капітальна» для підвищення екологічної безпеки довкілля. *Регіональна науково-практична конференція «Комплексне використання ресурсів довкілля»* : Зб. тез доп., м. Покровськ, 20 листоп. 2018 р. Покровськ, 2018. С. 40–45.

22. Klieshch A. A., Musykhina M. O., Cherkashyna N. I. Analysis of the dynamics of petroleum products content in waste water of the state enterprise "Myrnohradvuhillia" 5/6 mine. *Ecology is a priority : all-Ukrainian English-speaking student conference*, march 14, 2025, Kharkiv / Ed.: N. V. Maksymenko, N. I. Cherkashyna. Kharkiv: V. N. Karazin National University, 2025. 142 p. URI: <https://ekhnuir.karazin.ua/handle/123456789/20978>

ДОДАТКИ

Таблиця 2.1

Методики хімічного аналізу води зразків стічних шахтних вод, що використовувались у ході лабораторного дослідження

Хімічні показники	Назва та позначення методики	Метод вимірювання
Запах, балл		<p>Для правильної оцінки запаху води, важливо встановити походження. Запах поділяють на природне походження(земляний,болотяний,сірководневий) та штучне походження(запах нафтопродуктів,хлору тощо).Оцінку запаху проводять невдовзі після відбору проби. Якщо вода підлягає хлоруванню, запах визначають через 30 хвилин після внесення хлору. Проби при цьому не фільтрують і не консервують.Характер і ступінь інтенсивності запаху визначають органолептично (на основі чуттєвого сприйняття). Дослідження проводять за двох температурних режимів: при кімнатній температурі (18–20 °С) та при нагріванні (50–60 °С).</p>
Колір		<p>Забарвлення шахтних і поверхневих вод зумовлене наявністю розчинених органічних речовин і завислих частинок. Основним методом оцінки забарвлення є візуальний огляд — колір визначають шляхом перегляду шару відфільтрованої або нефільтрованої води. Для цього пробу наливають у прозорий циліндр із плоским дном до висоти 10 см. Огляд здійснюють згори, на фоні білого аркуша, при розсіяному денному світлі. Результат описується словами із зазначенням відтінку і ступеня інтенсивності забарвлення. Кількісну оцінку кольоровості здійснюють шляхом порівняння з еталонною кольоровою шкалою, а результат виражають у градусах кольоровості.</p>
Прозорість,		Прозорість води визначається за кольором у

см		каламутності. Залежно від прозорості, воду поділяють на категорії: прозора, слабо опалесціююча, опалесціююча, злегка каламутна, каламутна, сильно каламутна. Показником прозорості є висота водяного стовпа, по якій можна розпізнати шрифт, результати надають у сантиметрах. Прозорість води визначають у нефільтрованій пробі, не консервуючи. Вимірювання здійснюють не пізніше ніж за добу.
Зважені в-ва, мг/дм ³	КНД 211.1.4.039-95 Методика визначення завислих (суспендованих) речовин в природних і стічних водах	Використовують метод фільтрування води, через мембранний або паперовий фільтр. В залежності від фільтра висушують 2 години (паперовий), або 1 годину (мембранний) при температурі $t=105\pm 2^{\circ}\text{C}$, а після зважують осад. Тривалість визначень також залежить від фільтра, через паперовий (8 годин), через мембранний (5,5 годин)
pH	МВВ № 081/12-0317-06 Методика виконання вимірювань водного показника (рН) електрометричним методом	Для визначення рН для всіх типів шахтних вод рекомендується електрометричний метод. Проби не консервують, визначення проводять у першу добу після відбору. Визначення рН засноване на вимірі потенціалу скляного електрода, що залежить від концентрації іонів водню досліджуваному розчині.
Розчинений кисень, мг/дм ³	МВВ №081/12-0008-01 Методика виконання вимірювань масової концентрації розчиненого кисню методом йодометричного титрування за Вінклером	Проби для визначення кисню відбирають у калібровані кисневі склянки місткістю 100-300 мл з притертими пробками, заповнюючи так щоб вода була до краю і не було всередині бульбашок повітря. Перед цим склянки обполіскують 2-3 рази, а під час відбору фіксують температуру. Воду набирають з допомогою батометра через гумову трубку. Одразу після відбору додають по 1 мл розчину хлориду марганцю та лужного розчину йодиду калію, закривають склянку без доступу повітря. Після ретельно перемішують і доставляють в лабораторію, аналіз слід проводити не пізніше ніж через добу.
БСК5,	КНД 211.1.4.024-95	Визначення проводять шляхом вимірювання

мгО ₂ / дм ³	Методика визначення біохімічного споживання кисню після n-днів (БСК) в природних і стічних водах	кількості розчиненого кисню, який втрачається мікроорганізмами на розкладання органічних речовин у воді. Перед аналізом пробу води нейтралізують і розбавляють підготовленою водою, яка містить поживні речовини. Після вимірюють вміст розчиненого кисню до і після періоду інкубації при температурі (20) °С у середовищі без доступу повітря. Різниця між цими значеннями і є БСК.
ХСК мг/ дм ³	КНД 211.1.4.021-95 Методика визначення споживання кисню (ХСК) в поверхневих і стічних водах	Для визначення хімічного споживання кисню проводять окиснення органічних речовин біхроматом калію, що протікає в сірчано кислому середовищі при кип'ятінні, при цьому хром відновлюється. Для підвищення ступеня окиснення органічних речовин додають в пробу як каталізатор сульфат срібла. Після окиснення надлишок біхромату калію (не менше 50%) відтитрують розчином солі Мора.
Жорсткість заг., мг-екв/дм ³		Загально жорсткість обумовлена головним чином присутністю розчинених у воді солей кальцію та магнію та підрозділяється на карбонатну та некоарбонатну. Карбонатна жорсткість відповідає кількості гідрокарбонатів і карбонатів, а некарбонатна відповідає різниці між загальною та карбонатною жорсткістю і показує кількість катіонів кальцію та магнію. При кип'ятінні води гідрокарбонати переходять у карбонати, що випадають в осад, карбонатну жорсткість називають тимчасовою або усувною жорсткістю. Жорсткість, що залишається після кип'ятіння, є постійною. У шахтних водах загальна жорсткість коливається від одиниць до десятків мг-екв/л, рекомендують для аналізу використовувати комплексометричний метод. Для відбирання проби використовують скляний або поліетиленовий посуд без консервування. Визначення проводить одразу або протягом 2-3 днів.
Сухий залишок, мг_дм ³	МВВ № 081/12-0109-03 Методика визначення	Метод полягає у випаровуванні вологи з профільтрованої проби, висушуванні осаду при 105°С протягом 3 годин і зважуванні.

	масової концентрації сухого залишку(розчинених речовин) гравіметричним методом	Кількість сухого залишку повинна бути в межах 50-500 мг.
Залізо загальне, мг/дм ³	МВВ 081/37-0734-11 Методика виконання вимірювань масової концентрації іонів заліза у питній, поверхневій природній, стічній, морській воді, у воді басейнів та технологічній воді спектрофотометричним методом	Метод заснований на вимірюванні оптичної щільності розчину, який утворюється в результаті хімічної реакції з індикаторним реактивом. Оптична щільність пропорційна концентрації забарвленого продукту реакції, а отже і концентрації іонів заліза. Обробка результатів вимірювань автоматична, згідно з алгоритмами вимірювального приладу. Іони заліза (III), що містяться в розчині, відновлюються аскорбіновою кислотою до іонів заліза (II), які реагують з 1,10-фенантроліном, утворюючи помаранчевий комплекс. Вимірювання оптичної щільності проводять на довжині хвилі 510 нм.
Хлориди, мг/дм ³	МВВ № 081/12-0653-09 Методика виконання вимірювань масової концентрації хлоридів титрометричним методом	У методі використовують осадження хлорид-іонів. У нейтральному середовищі до проби додають розчин нітрату срібла, після чого хлорид осаджується як нерозчинний. Розчин калію хромовокислого реагує з надлишком іонів срібла і утворює оранжево-цегляний осад хромату срібла, який служить індикатором кінця реакції. За об'ємом витраченого розчину AgNO ₃ за градувальною кривою розраховують масову концентрацію хлоридів.
Сульфати, мг/дм ³	МВВ 081/37-0700-10 Методика виконання вимірювань масової концентрації сульфат-іонів у питній, поверхневій природній, стічній, морській воді, у воді басейнів та технологічній воді спектрофотометричним методом.	Метод заснований на фотометричному вимірюванні інтенсивності забарвлення або мутності розчину, що виникає при сульфат-іонів із барієм. Ступінь поглинання (або розсіювання) світла прямо пропорційний кількості утвореного нерозчинного сульфату барію, а отже — концентрації сульфат-іонів у пробі. Обробка та розрахунок результатів відбуваються автоматично за допомогою вбудованих алгоритмів приладу.

Амоній, мг/дм ³	МВВ № 081/12-0106-03 Методика виконання вимірювань масової концентрації амоній-іонів фотоколориметричним методом з реактивом Неслера.	Метод базується на реакції взаємодії іонів амонію з тетраїодо-меркуроатом калію у лужному середовищі. внаслідок реакції утворюється нерозчинна, коричнева йодиста сіль у воді, яка при низьких концентраціях амонію перебуває в колоїдному стані. Після фотоколориметричним методом вимірюють оптичну густину забарвленого розчину при оптимальній довжині хвилі 425 нм. За градувальною характеристикою отримані значення оптичної густини переводять у масову концентрацію амоній-іонів в аліквоті проби, а далі розрахунковим методом визначають їхню концентрацію у вихідному об'ємі води.
Нітрити, мг/дм ³	МВВ 081/37-0696-10 Методика виконання вимірювань масової концентрації нітрит-іонів питної, поверхневої природної, стічної, морської води, у воді басейнів та технологічної води спектрофотометричним методом.	Метод ґрунтується на вимірюванні оптичної щільності розчину реакції нітрит-іонів з індикаторним реагентом. Інтенсивність поглинання світла прямо пропорційна концентрації нітрит-іонів у пробі, а обробка й розрахунок результатів відбуваються автоматично за допомогою вбудованих алгоритмів приладу.
Нітрати, мг/дм ³	МВВ № 081/12-0651-09 Методика виконання вимірювань масової концентрації нітрит-іонів фото колориметричним методом	Для визначення нітратів рекомендується використовувати фотометричний метод із саліциловою кислотою, прийнятий для нейтральних шахтних вод будь якого складу та мінералізації. Для відбирання проби використовують скляний або поліетиленовий посуд. Якщо аналіз не може бути виконаний у день відбору, проби необхідно консервувати з додаванням 2-4 мл хлороформу на 1 л води та зберігати при 3-4 °С протягом 1-3 діб.
Нафтопродукти, мг/дм ³	Методика виконання вимірювань масової концентрації нафтопродуктів гравіметричним методом №1	Проби для визначення нафтопродуктів відбирають у скляні банки чи пляшки з притертими пробками. Якщо провести аналіз неможливо у день відбору, то проби консервують 2-4 мл екстранта на 1 л води. Такі проби можуть зберігатися протягом 2

		тижнів. Оскільки нафтопродукти можуть сорбуватися на твердих зважених частинках та стінках посудини, проби не фільтруються, а аналізуються повністю, ополіскуючи стінки посудини розчинником, який потім використовують для екстракції.
Феноли, мг/дм ³	МВВ № 081/12-0119-03 Методика виконання вимірювань масової концентрації легких фенолів з паром фенолів з використанням 4 аміноантипірину	Проби відбирають у скляний посуд з притертими пробками. Якщо аналіз не може бути виконаний у день відбору, проби необхідно консервувати з додаванням 4 г їдкою натру на 1 л води, зберігаючи при 3-4 °С протягом 3-4 діб. Перед визначенням фенолів їх попередньо відганяють водяною парою, щоб виділити лише леткі феноли й уникнути впливу сторонніх домішок.
Фосфати мг/дм ³	МВВ № 081/12-0879-13 Методика виконання вимірювань масової концентрації ортофосфатів фотоколориметричним методом	Найбільш поширеним методом визначення ортофосфатів є фотометричний метод, що ґрунтується на отриманні відновленої фосфорно молібденової гетерополікислоти. Метод підходить для аналізу нейтральних(солонуватих) шахтних вод. Проби необхідно відбирати у скляний або поліетиленовий посуд. Якщо аналіз в день відбору неможливий, проби консервують додаванням 2-4 мл хлороформу на 1 л води і зберігають при 3-4°С трохи більше 3 діб.

**Санітарно-профілактична Підприємство
лабораторія ВП «Стандарт»
ДП «Мирноградвугілля»**

**ВП «Шахта «Центральна»
ПРОТОКОЛ АНАЛІЗУ ШАХТНИХ ВОД**

Дата відбору

18.03.2022

Хімічні показники	ПДС для ставків	до очисних споруд	після очисних споруд	випуск №1	пилоподав лення	ефект. очищення
Запах, балл		0	0	0	0	
Колір		б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	
Прозорість, см		25,0	25,0	25,0	25,0	
Зважені р-ни, мг/дм ³	20,0	48,8	44,0	25,2	38,5	9,8%
рН	6,5-8,5	8,5	8,5	8,2	8,6	
Розчинений кисень, мг/дм ³		6,0	5,9	5,4	5,4	
БСК5, мгО ₂ /дм ³	4,5	33,2	16,5	6,0	33,2	
ХСК мг/ дм ³	15,0	79,6	39,8	15,9	79,6	
Жорсткість заг., мг-екв/дм ³		10,6	10,8	11,2	10,6	
Сухий залишок, мг/дм ³	1500,0	2652	2264	2515	2645	
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	0,8	0,8	0,2	0,7	
Хлориди, мг/дм ³	350	690,7	387,6	352,4	458,1	
Сульфати, мг/дм ³	500	1039,5	1028,9	979,0	980,4	
Амоній, мг/дм ³	0,5	1,0	0,7	0,5	0,9	
Нітрити, мг/дм ³	1,0	0,05	0,04	0,06	0,05	
Нітрати, мг/дм ³	5,0	2,4	2,5	2,8	3,0	
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	
Феноли, мг/дм ³	0,001			н/о		
Фосфати мг/дм ³	0,7			0,5		

**Санітарно-профілактична Підприємство
лабораторія ВП «Стандарт»
ДП «Мирноградвугілля»**

**ВП «Шахта «Центральна»
ПРОТОКОЛ АНАЛІЗУ ШАХТНИХ ВОД**

Дата відбору**13.09.2022**

Хімічні показники	ПДС для ставкі в	до очисних споруд	після очисних споруд	випуск №1	пилоподав лення	ефект. очищення
Запах, бал		0	0	0	0	
Колір		б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	
Прозорість, см		25,0	25,0	25,0	25,0	
Зважені р-ни, мг/дм ³	20,0	54,0	47,2	24,0	45,6	12,6%
рН	6,5-8,5	8,30	8,30	8,60	8,4	
Розчинений кисень, мг/дм ³		7,7	7,7	7,8	7,7	
БСК5, мгО ₂ /дм ³	4,5	16,6	16,6	1,7	16,6	
ХСК мг/ дм ³	15,0	39,8	39,8	3,98	39,8	
Жорсткість заг, мг-екв/дм ³		12,7	11,8	11,4	12,7	
Сухий залишок, мг/дм ³	1500	2699	2531	2514	2603	
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	0,7	0,6	0,2	1,0	
Хлориди, мг/дм ³	350	493,4	352,4	246,6	422,9	
Сульфати, мг/дм ³	500	1046,2	1029,9	1021,6	1009,9	
Амоній, мг/дм ³	0,5	0,9	0,6	0,37	0,2	
Нітрити, мг/дм ³	1,0	0,07	0,05	0,04	0,04	
Нітрати, мг/дм ³	5,0	5,5	4,8	1,4	3,2	
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,3	1,0	1,2	0,2	0,4	
Феноли, мг/дм ³	0,001					
Фосфати мг/дм ³	0,7				н/о	

**Санітарно-профілактична Підприємство
лабораторія ВП «Стандарт»
ДП «Мирноградвугілля»**

**ВП «Шахта «Центральна»
ПРОТОКОЛ АНАЛІЗУ ШАХТНИХ ВОД**

Дата відбору

26.12.2022

Хімічні показники	ПДС для ставки в	до очисних споруд	після очисних споруд	випуск №1	пилоподав лення	ефект. очищення
Запах, бал		0	0	0	0	
Колір		б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	
Прозорість, см		25,0	25,0	25,0	25,0	
Зважені р-ни, мг/дм ³	20,0	48,8	44,0	25,2	38,5	9,8%
pH	6,5-8,5	8,5	8,5	8,2	8,6	
Розчинений кисень, мг/дм ³		6,4	6,5	6,6	6,5	
БСК5, мгО ₂ /дм ³	4,5	19,5	13,6	1,6	16,6	
ХСК мг/ дм ³	15,0	39,9	39,9	3,99	39,9	
Жорсткість заг., мг-екв/дм ³		10,2	11,0	11,6	10,2	
Сухий залишок, мг/дм ³	1500	2681	2529	2509	2607	
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	0,7	0,6	0,2	1,0	
Хлориди, мг/дм ³	350	496,3	425,4	283,6	496,3	
Сульфати, мг/дм ³	500	1153,0	1091,7	1012,0	988,8	
Амоній, мг/дм ³	0,5	1,0	0,8	0,4	0,3	
Нітрити, мг/дм ³	1,0	0,08	0,06	0,09	0,04	
Нітрати, мг/дм ³	5,0	5,0	3,9	4,5	3,2	
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	
Феноли, мг/дм ³	0,001			н/о		
Фосфати мг/дм ³	0,7			н/о		

**Санітарно-профілактична Підприємство
лабораторія ВП «Стандарт»
ДП «Мирноградвугілля»**

**ВП «Шахта «Центральна»
ПРОТОКОЛ АНАЛІЗУ ШАХТНИХ ВОД**

Дата відбору

16.03.2023

Хімічні показники	ПДС для ставки в	до очисних споруд	після очисних споруд	випуск №1	пилоподав лення	ефект. очищення
Запах, бал		0	0	0	0	
Колір		б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	
Прозорість, см		25,0	25,0	25,0	25,0	
Зважені р-ни, мг/дм ³	20,0	56,4	43,6	25,0	44,8	22,7%
pH	6,5-8,5	8,5	8,5	8,4	8,6	
Розчинений кисень, мг/дм ³		6,5	6,5	6,3	6,5	
БСК5, мгО ₂ /дм ³	4,5	16,6	16,6	1,66	16,6	
ХСК мг/ дм ³	15,0	40,0	40,0	3,9	39,8	
Жорсткість заг., мг-екв/дм ³		11,4	11,8	11,0	12,1	
Сухий залишок, мг/дм ³	1500	2687	2527	2507	2587	
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	0,7	0,6	0,2	0,9	
Хлориди, мг/дм ³	350	490,2	421,4	283,3	496,3	
Сульфати, мг/дм ³	500	1088,4	1063,2	1009,1	1012,5	
Амоній, мг/дм ³	0,5	1,0	0,6	0,4	0,8	
Нітрити, мг/дм ³	1,0	0,05	0,04	0,06	0,05	
Нітрати, мг/дм ³	5,0	3,0	2,6	3,2	3,0	
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	
Феноли, мг/дм ³	0,001			н/о		
Фосфати мг/дм ³	0,7			н/о		

**Санітарно-профілактична Підприємство
лабораторія ВП «Стандарт»
ДП «Мирноградвугілля»**

**ВП «Шахта «Центральна»
ПРОТОКОЛ АНАЛІЗУ ШАХТНИХ ВОД**

Дата відбору

07.06.2023

Хімічні показники	ПДС для ставкі в	до очисних споруд	після очисних споруд	випуск №1	пилоподав лення	ефект. очищення
Запах, бал		0	0	0	0	
Колір		б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	
Прозорість, см		20,0	20,0	21,0	20,0	
Зважені р-ни, мг/дм ³	20,0	68,4	42,8	20,0	43,6	37,4%
pH	6,5-8,5	8,5	8,5	8,2	8,4	
Розчинений кисень, мг/дм ³		7,9	6,8	6,9	7,1	
БСК5, мгО ₂ /дм ³	4,5	16,5	16,5	1,5	16,6	
ХСК мг/ дм ³	15,0	39,8	39,8	3,98	39,8	
Жорсткість заг., мг-екв/дм ³		12,5	10,0	11,0	10,2	
Сухий залишок, мг/дм ³	1500	2679	2522	2502	2583	
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	0,5	0,5	0,2	0,6	
Хлориди, мг/дм ³	350	495,5	422,4	286,6	499,2	
Сульфати, мг/дм ³	500	1089,3	1031,6	995,3	961,7	
Амоній, мг/дм ³	0,5	1,3	0,9	0,4	0,2	
Нітрити, мг/дм ³	1,0	0,06	0,05	0,04	0,05	
Нітрати, мг/дм ³	5,0	2,5	2,3	3,0	2,4	
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	
Феноли, мг/дм ³	0,001			н/о		
Фосфати мг/дм ³	0,7			0,098		

**Санітарно-профілактична Підприємство
лабораторія ВП «Стандарт»
ДП «Мирноградвугілля»**

**ВП «Шахта «Центральна»
ПРОТОКОЛ АНАЛІЗУ ШАХТНИХ ВОД**

Дата відбору

25.09.2023

Хімічні показники	ПДС для ставки в	до очисних споруд	після очисних споруд	випуск №1	пилоподав лення	ефект. очищення
Запах, бал		0	0	0	0	
Колір		б/ц с пр	б/ц	б/ц	св.сер	
Прозорість, см		18,0	25,0	25,0	12,0	
Зважені р-ни, мг/дм ³	20,0	54,0	47,2	24,8	45,2	12,6%
pH	6,5-8,5	8,5	8,4	8,2	8,5	
Розчинений кисень, мг/дм ³		7,9	6,5	6,6	6,5	
БСК5, мгО ₂ /дм ³	4,5	33,3	16,5	6,1	33,3	
ХСК мг/ дм ³	15,0	79,6	39,8	15,9	79,6	
Жорсткість заг., мг-екв/дм ³		10,2	11,0	11,0	10,2	
Сухий залишок, мг/дм ³	1500	2651	2265	2512	2643	
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	0,7	0,7	0,3	0,7	
Хлориди, мг/дм ³	350	493,4	352,4	246,6	422,9	
Сульфати, мг/дм ³	500	1084,3	1007,8	980,2	1022,6	
Амоній, мг/дм ³	0,5	1,3	1,2	0,3	0,3	
Нітрити, мг/дм ³	1,0	0,08	0,07	0,05	0,06	
Нітрати, мг/дм ³	5,0	5,6	5,0	2,9	3,5	
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,3	1,0	1,2	0,2	0,4	
Феноли, мг/дм ³	0,001			н/о		
Фосфати мг/дм ³	0,7			0,36		

Санітарно-профілактична Підприємство

**лабораторія ВП «Стандарт»
ДП «Мирноградвугілля»**

**ВП «Шахта «Центральна»
ПРОТОКОЛ АНАЛІЗУ ШАХТНИХ ВОД**

Дата відбору

13.12.2023

Хімічні показники	ПДС для ставкі в	до очисних споруд	після очисних споруд	випуск №1	пилоподав лення	ефект. очищення
Запах, бал		0	0	0	0	
Колір		б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	
Прозорість, см		20,0	20,0	21,0	19,0	
Зважені р-ни, мг/дм ³	20,0	48,8	40,4	18,8	44,8	17,2%
рН	6,5-8,5	8,4	8,4	8,6	8,2	
Розчинений кисень, мг/дм ³		5,4	5,6	5,8	5,4	
БСК5, мгО ₂ /дм ³	4,5	16,6	16,6	1,7	16,6	
ХСК мг/ дм ³	15,0	39,9	39,9	3,99	39,9	
Жорсткість заг., мг-екв/дм ³		12,7	11,4	11,8	11,0	
Сухий залишок, мг/дм ³	1500	2754	2622	2515	2673	
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	0,7	0,7	0,2	0,6	
Хлориди, мг/дм ³	350	352,4	317,2	317,2	599,1	
Сульфати, мг/дм ³	500	1122,2	1006,9	965,4	1004,5	
Амоній, мг/дм ³	0,5	0,9	0,8	0,4	0,2	
Нітрити, мг/дм ³	1,0	0,04	0,04	0,04	0,06	
Нітрати, мг/дм ³	5,0	1,9	1,3	3,4	1,7	
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,3	0,5	0,4	0,2	0,8	
Феноли, мг/дм ³	0,001	-	-	-	н/о	
Фосфати мг/дм ³	0,7	-	-	-	н/о	

**Санітарно-профілактична Підприємство
лабораторія ВП «Стандарт»
ДП «Мирноградвугілля»**

ВП «Шахта «Центральна»

ПРОТОКОЛ АНАЛІЗУ ШАХТНИХ ВОД

Дата відбору

19.03.2024

Хімічні показники	ПДС для ставкі в	до очисних споруд	після очисних споруд	випуск №1	пилоподав лення	ефект. очищення
Запах, бал		0	0	0	0	
Колір		б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	
Прозорість, см		19,0	19,0	20,0	20,0	
Зважені р-ни, мг/дм ³	20,0	42,8	38,0	19,1	40,0	11,2%
рН	6,5-8,5	8,4	8,2	8,2	8,4	
Розчинений кисень, мг/дм ³		6,0	5,9	5,4	5,4	
БСК5, мгО ₂ /дм ³	4,5	16,6	16,6	1,6	16,6	
ХСК мг/ дм ³	15,0	39,7	39,7	3,97	39,7	
Жорсткість заг., мг-екв/дм ³		10,0	9,8	13,3	10,6	
Сухий залишок, мг/дм ³	1500	2651	2586	2512	2657	
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	0,7	0,7	0,2	0,7	
Хлориди, мг/дм ³	350	493,4	422,9	317,2	563,8	
Сульфати, мг/дм ³	500	1056,7	1009,8	999,9	925,5	
Амоній, мг/дм ³	0,5	0,9	0,8	0,4	0,1	
Нітрити, мг/дм ³	1,0	0,04	0,03	0,02	0,02	
Нітрати, мг/дм ³	5,0	3,5	2,0	2,7	2,1	
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,3	0,6	0,4	0,2	0,6	
Феноли, мг/дм ³	0,001			н/о		
Фосфати мг/дм ³	0,7			0,16		

Санітарно-профілактична Підприємство
лабораторія ВП «Стандарт»
ДП «Мирноградвугілля»

ВП «Шахта «Центральна»
ПРОТОКОЛ АНАЛІЗУ ШАХТНИХ ВОД

Дата відбору

13.06.2024

Хімічні показники	ПДС для ставки в	до очисних споруд	після очисних споруд	випуск №1	пилоподавлення	ефект. очищення
Запах, бал		0	0	0	0	
Колір		б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	
Прозорість, см		20,0	20,0	21,0	20,0	
Зважені р-ни, мг/дм ³	20,0	68,4	42,8	20,0	43,6	37,4%
pH	6,5-8,5	8,6	8,60	8,50	8,70	
Розчинений кисень, мг/дм ³		7,8	6,8	6,9	7,1	
БСК5, мгО ₂ /дм ³	4,5	16,7	16,7	1,8	16,7	
ХСК мг/ дм ³	15,0	39,8	39,8	3,98	39,8	
Жорсткість заг., мг-екв/дм ³		12,5	10,8	11,0	10,2	
Сухий залишок, мг/дм ³	1500	2704	2577	2545	2708	
Залізо загальне, мг/дм ³	0,3	0,5	0,5	0,2	0,9	
Хлориди, мг/дм ³	350	496,3	425,4	283,6	496,3	
Сульфати, мг/дм ³	500	1065,0	1004,5	979,8	958,8	
Амоній, мг/дм ³	0,5	н/о	н/о	н/о	н/о	
Нітрити, мг/дм ³	1,0	0,07	0,06	0,05	0,06	
Нітрати, мг/дм ³	5,0	2,9	2,6	2,3	2,5	
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	
Феноли, мг/дм ³	0,001			н/о		
Фосфати мг/дм ³	0,7			н/о		