

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Факультет природничих наук та технологій
(факультет)
Кафедра гідрогеології та інженерної геології
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студентки Ільенко Вікторії Володимирівни
(ІПБ)

академічної групи 103-19-2
(шифр)

Спеціальності 103 Науки про Землю
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Геологія»
(офіційна назва)

на тему: «Оцінка умов формування техногенного режиму підземних вод лівобережної частини р. Інгулець в зоні впливу об'єктів гірничо-рудного виробництва та захист території від підтоплення»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Загриценко А.М			
розділів:				
Загальний	Загриценко А.М			
Спеціальний	Загриценко А.М			
Рецензент	Жильцова І.В.			
Нормоконтролер	Дерев'ягіна Н.І.			

Дніпро
2023

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 73 с., 1 табл, 41 рис., 16 джерел.

Об'єкт досліджень – гідродинамічні процеси, що формуються у підніжжі Лівобережних відвалів гірських порід на території гірничо-збагачувального комплексу.

Предмет досліджень – кількісні та якісні параметри джерел фільтрації, їх генезис та умови живлення.

Метою роботи оцінка умов формування техногенного режиму підземних вод лівобережної частини р. Інгулець в зоні впливу об'єктів гірничо-рудного виробництва та захист території від підтоплення.

У вступі викладено суть проблеми, пов'язаної з докорінною зміною геологічного середовища під впливом експлуатації об'єктів гірничо-рудного профілю. Визначена мета та задачі досліджень.

В загальній частині проаналізовані геолого-гідрологічні умови і тектонічна будова Криворізького залізорудного басейну, охарактеризовані види техногенного навантаження і визначена його ступінь.

В основній частині систематизовані дані щодо геолого-гідрологічних умов ділянки розташування відвалів гірських порід, багаторічної динаміки рівня підземних вод та хімічного складу. Оцінені результати моніторингових досліджень за витратами та якісним складом джерел фільтрації навколо відвалів гірських порід, умов їх формування та живлення. Виконана прогнозна оцінка зміни рівня підземних вод та умов розвитку суфозії. Обгрунтовані заходи запобігання підтопленню території.

Ключові слова: ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ГІДРОДИНАМІЧНИЙ РЕЖИМ, ДЖЕРЕЛА ВИСОЧУВАННЯ, МОНІТОРИНГ, ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ВИТРАТИ, ДРЕНАЖ

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
1 ОСОБЛИВОСТІ ПРИРОДНИХ УМОВ ТА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ КРИВОРІЗЖЯ	6
1.1 Геоморфологія і гідрографія району досліджень	6
1.2 Геологічна будова і тектонічна схема району досліджень	9
1.3 Гідрогеологічні умови	14
1.4 Характеристика основних видів техногенного навантаження	17
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ГЕОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ ДОСЛІДЖЕНЬ	19
2.1 Фізико-географічна характеристика	19
2.2 Характеристика Лівобережних відвалів	20
2.3 Аналіз геологічної будови та гідрогеологічних умов ділянки розташування Лівобережних відвалів	26
3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РЕЖИМНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА РІВНЕМ ПІДЗЕМНИХ ВОД В ЗОНІ ВПЛИВУ ЛІВОБЕРЕЖНИХ ВІДВАЛІВ	32
3.1 Динаміка рівнів підземних вод водоносного горизонту кристалічних та неогенових порід	33
3.2 Аналіз динаміки рівнів підземних вод четвертинного водоносного горизонту	36
3.3 Аналіз джерел фільтрації води з Лівобережних відвалів	40
4 ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЕНОГО РЕЖИМУ ПІДЗЕМНИХ ВОД В ЗОНІ ВПЛИВУ ВІДВАЛІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД	53
5 ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЇ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ	56
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62
Додаток 1 Сертифікат участі в конференції	64
Додаток 2 Результати хімічних аналізів води джерел	65
Додаток 3 Відгук керівника	71
Додаток 4 Відгук рецензента	72
Додаток 5 Довідка про перевірку на плагіат	73

ВСТУП

Криворізький залізорудний басейн належить до гірничопромислових регіонів України з критичним станом довкілля. Ведення понад 100 років відкритих і підземних гірничих робіт на значних площах (сотні квадратних кілометрів) і глибинах (1000 метрів і більше), накопичення на денній поверхні значних обсягів твердих і рідких відходів видобутку та збагачення залізних руд, розкритих порід, застосування недосконалих технологій і нехтування природоохоронними заходами призвели до негативних змін стану довкілля з відповідними екологічними, економічними і соціальними проблемами.

У зв'язку з цим *метою роботи* є оцінка умов формування техногенного режиму підземних вод лівобережної частини р. Інгулець в зоні впливу об'єктів гірничо-рудного виробництва та захист території від підтоплення.

Для реалізації мети поставлені та вирішені наступні *задачі*:

1. Характеристика природно-техногенних умов Криворіжжя, регіональних особливостей та впливу гірничо-рудних об'єктів на гідросферу.
2. Аналіз геолого-гідрогеологічних умов ділянки розташування відвалів гірських порід, багаторічної динаміки рівня підземних вод та хімічного складу.
3. Аналіз результатів моніторингових досліджень за витратами та якісним складом джерел фільтрації навколо відвалів гірських порід, умов їх формування та живлення.
4. Прогнозна оцінка зміни рівня підземних вод та умов розвитку суфозії
5. Обґрунтування заходів запобігання підтопленню території та навколишнього середовища від забруднення.

Об'єкт дослідження – – гідродинамічні процеси, що формуються у підніжжі Лівобережних відвалів гірських порід на території гірничо-збагачувального комплексу.

Предмет досліджень – кількісні та якісні параметри джерел фільтрації, їх генезис та умови живлення.

Результати досліджень довідались на конференції «Тиждень студентської науки» (Додаток 1), тези опубліковані в електронному збірнику матеріалів https://science.nmu.org.ua/ua/conferences/week_of_stud_science_archiv_e.php

1. ОСОБЛИВОСТІ ПРИРОДНИХ УМОВ ТА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ КРИВОРІЖЖЯ

Криворізький залізорудний басейн розташований в Дніпропетровській області на правобережжі р. Дніпро і витягнутий смугою в північно-східному напрямку на 100 км. Ширина смуги залізистих руд в районі Кривого Рогу складає близько 5-6 км.

1.1 Геоморфологія і гідрографія району досліджень

Територія Кривбасу належить до морфоструктур рівнинних областей і характеризується різними типами рельєфу. На описуваній території, в межах морфоструктур рівнинних областей, виділяються такі типи рельєфу: аккумулятивно-денудаційна підвищена рівнина; денудаційно-аккумулятивна платова рівнина; аккумулятивно-ерозійний долинно-ярочно-балковий рельєф; рельєф просідання; долинний терасовий рельєф.

Геологічна будова території має досить виразну лінеаментно-блокову структуру, яка простежується у сучасному рельєфі. Зокрема, в конфігурації річкової мережі спостерігаються прямолінійні ділянки різної орієнтації – субширотної, субмеридіональної і декількох різновидностей субдіагональної. Найвищі ділянки території досягають абсолютних відміток +200 м і розміщені на півночі площі, на південь іде зниження абсолютних відміток до +70...+75 метрів.

У межах рівнин виділяються такі підпорядковані їм форми рельєфу: долини річок і великих балок, розвинені в басейнах Інгульця, Саксагані, Кам'янки, Жовтої, Зеленої та інших річок; техногенні форми рельєфу, створені діяльністю людини, представлені водосховищами, відстійниками, кар'єрами, відвалами, просіданнями в зонах обвалення, насипами та дамбами і поширені переважно в зонах діяльності гірничорудних підприємств [1-2].

На території відносно широко розвинені екзогенні процеси, зокрема лінійна ерозія, а на півночі (у верхів'ях р. Саксагані) і площинна, а також абразія берегів, особливо в межах Каховського водосховища. У долинах річок і

великих балок іноді спостерігаються зсуви, в гирлах деяких балок та ярів спостерігаються пролювіальні конуси виносів.

Річка Інгулець бере свій початок з джерел у балці біля с. Топила Знам'янського району Кіровоградської області (рис. 1.1), на висоті 180 м над рівнем моря. Тече вона переважно у південному напрямку і впадає у Дніпро з правого берега у 46 км від його гирла в с. Садова Херсонської області, на висоті 1,6 м над рівнем моря. При впадінні річка поділяється на два рукави, з яких лівий має довжину 1,5 км, а правий – 0,9 км. Довжина річки 549 км, площа водозбору 13 700 км² [3].

Басейн р. Інгулець розташований у двох геоморфологічних районах: північна його частина лежить у межах Придніпровської чи Правобережної височини, південна – на території Причорноморської низинної рівнини. Межа цих районів проходить приблизно по широті Кривого Рогу. Басейн має загальний нахил з півночі на південь. Рельєф басейну відзначається м'якими, спокійними формами, за винятком верхньої частини, де він сильно розчленований річковою та яружно-балковою мережею. У середній та нижній частині рельєф слабо розчленований, тут же є площі, зовсім позбавлені річкової мережі.

У верхів'ї басейну, де знаходяться майже всі основні притоки, формується 80 % сумарного стоку річки. Головні притоки р. Інгулець: річки Жовта, Зелена, Бокова, Боковенька, Саксагань, Висунь. В Інгулець впадають 377 малих річок, з них довжиною менше 10 км – 327. Сумарна їх довжина складає 1992 км, з них довжина річок, коротших 10 км – 879 км. Густота річкової мережі 0,18 км/км².

Водний режим р. Інгулець типовий для рівнинних річок півдня України. Основна область живлення розташована у верхній частині басейну, що межує з Лісостеповою зоною. У весняний і, значною мірою, зимовий періоди річка та її притоки живляться за рахунок талих вод. В інший час річковий стік підтримується припливом підземних вод та частково опадами. Через незначні об'єми підземного припливу багато малих річок басейну влітку пересихають.

Повеневий стік складає в середньому 70 % від річного, а підземний складає 10 – 20 % від поверхневого.

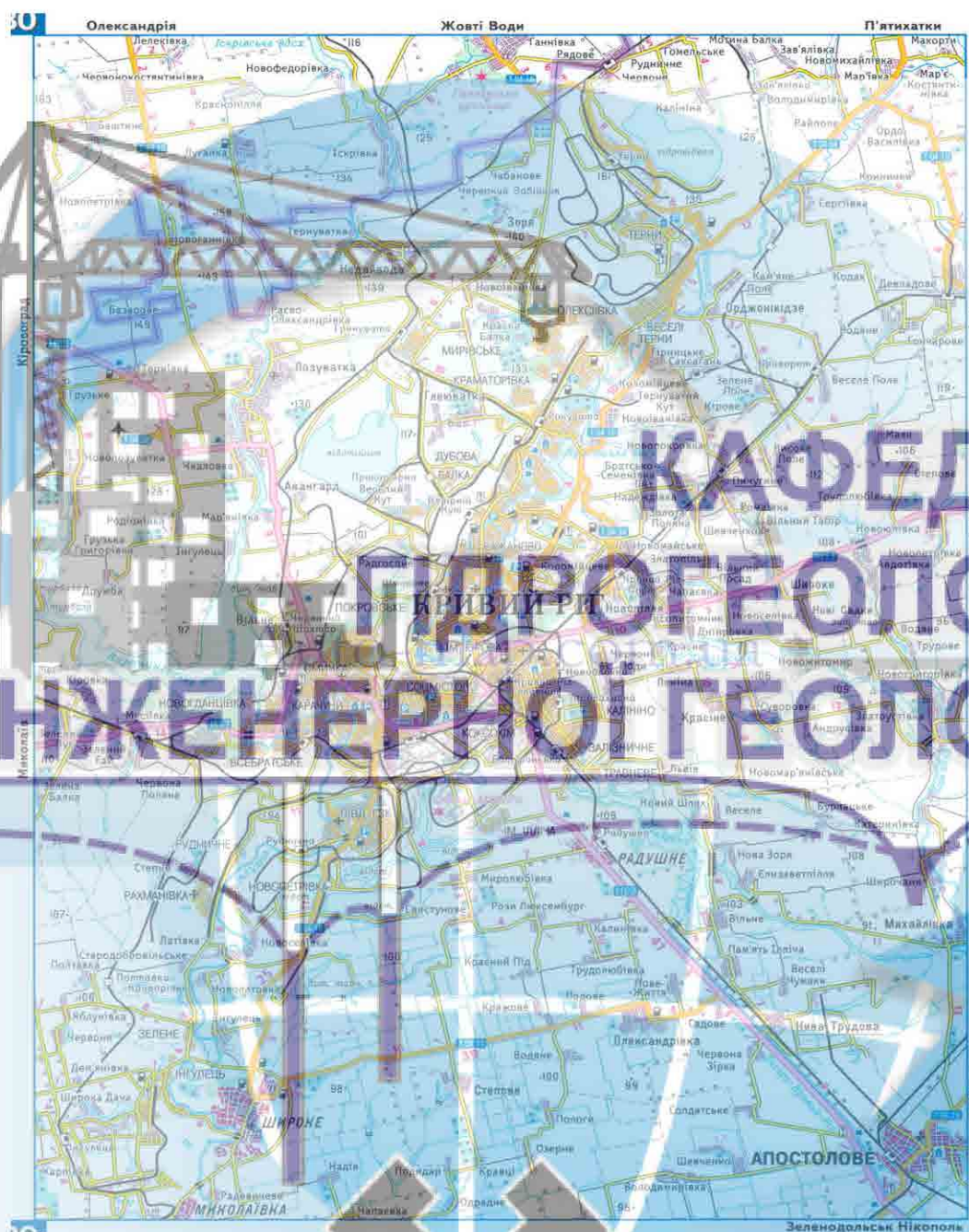


Рисунок 1.1 – Гідрографічна мережа Криворіжжя

Стік Інгульця на 80 % зарегульований існуючими водосховищами - Олександрійським, Іскрівським та Карачунівським. Крім того, в басейні споруджено значну кількість невеликих водосховищ і ставків. Майже по всій довжині річка знаходиться під значним антропогенним навантаженням, особливо в районі міста Кривий Ріг, де розміщені великі гірничодобувні та переробні підприємства. Її природний режим тут порушений роботою

водосховищ, забором води на зрошення, водопостачання, а також періодичним скиданням шахтних та кар'єрних вод через каналізоване русло р. Саксагань і балки Свистунова.

Річка Саксагань, довжина якої становить 144 км, а площа басейну – 2 025 км², є найбільшою притокою Інгульця. Гідрологічний режим р. Саксагань аналогічний режиму р. Інгулець. Середні річні витрати води за багаторічний період складають 1,6 м³/с. Стік річки повністю зарегульовано каскадом водосховищ: Макортівським, Кресівським та Держинським.

В басейні рр. Інгулець та Саксагань нараховується також 377 малих річок сумарною довжиною 1 992 км, в т.ч. в басейні Саксагані їх кількість становить 146 загальною довжиною 335 км. У зв'язку з низьким водозабезпеченням регіону ступінь зарегульованості малих річок басейну Інгульця досить значний: всього тут нараховується 34 водосховища та 671 ставок, в т.ч. в басейні Саксагані – 11 водосховищ та 125 ставків. Більшість ставків на малих річках споруджено без необхідної проектної документації.

Надмірне зарегулювання стоку приводить до замулення русел цих річок, погіршення санітарно-епідеміологічної обстановки.

1.2 Геологічна будова і тектонічна схема району досліджень

У структурному відношенні Криворізький басейн представляє собою складний однокрилий (із зрізаним західним крилом) синклінорій, шарнір якого під кутом 18-20° занурюється на північ і в тому ж напрямку зростає потужність порід. Глибина занурення досягає 4-5 і більше кілометрів. За структурно-геологічними ознаками Криворізький залізорудний басейн поділяється на три частини у складі шести районів: Жовторіченський, Аннівський та Первомайський – Північне Криворіжжя, Саксаганський – центральна частина, Південний та Інгулецький – південна частина басейну. Райони відрізняються структурно-тектонічними особливостями, потужністю та складом порід. У найповнішому вигляді будова синклінорію представлена в центральній та південній частинах басейну (рис. 1.2), де розташована Основна або Криворізька

синкліналь з складками другого порядку, які утворюють її крила: західне (Тарапако-Лихманівська структура) та східне (Саксаганська структура).

У межах Південного Криворіжжя в Інгулецькому районі розташована Лихманівська синкліналь, західне крило якої зрізане насувом. У центральній частині Кривого Рогу синкліналь переходить у Тарапако-Лихманівську антикліналь. До південного району тяжіє ядро синклінорію з Основною (Криворізькою) синкліналлю, ускладненою східною та західною Інгулецькими мільдами, що розмежовуються Інгулецькою антикліналлю. Замикається синкліналь південніше м. Кривого Рогу.

Центральна частина басейну (Саксаганський район) характеризується складною складчастою будовою з розвитком ізоклінальних перекинутих лускоподібних складок. На півдні виділяється Саксаганська синкліналь з насунутою на західне крило Саксаганською антикліналлю, що в цілому надає структурі району вигляд однокрилої синкліналі (рис. 1.2).



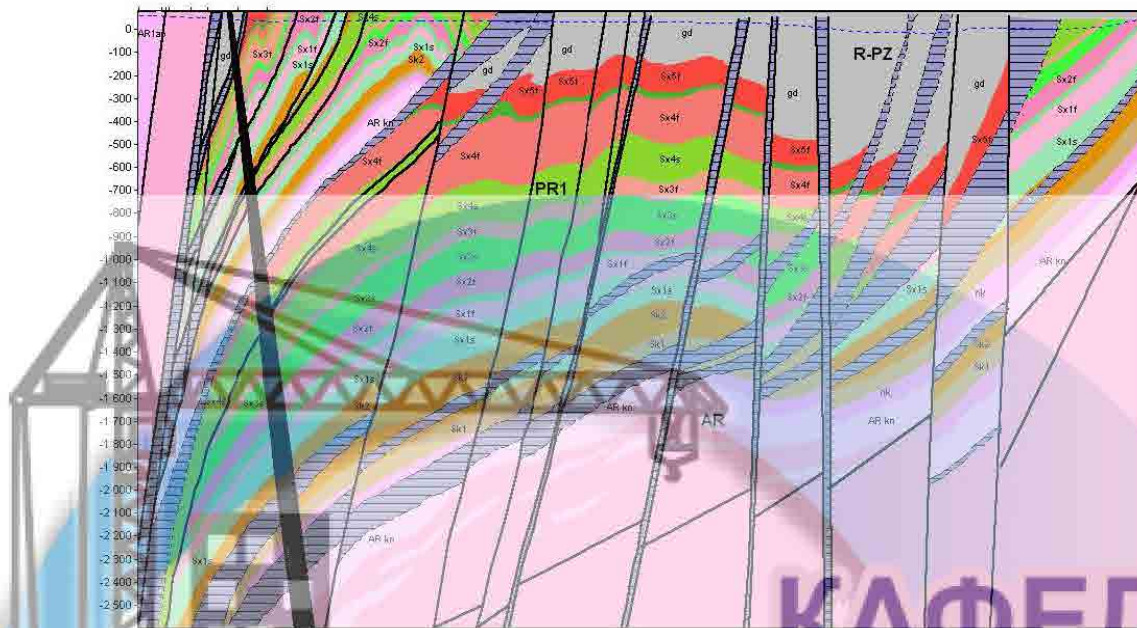
Рисунок 1.2– Тектонічна схема Криворізького району (За Я. Белевцевим)

У стратиграфічному відношенні породи басейну представлено трьома комплексами: архейським, протерозойським та кайнозойським. Архейські та

протерозойські утворення являють собою метаморфічні, вулканогенні й вулканогенно-осадочні відклади, що складають двоярусну кристалічну основу. Нижній структурний поверх – найдавніші утворення пізнього архею – представлений мігматитами, гнейсами, амфіболітами розкритою потужністю 120-150 м. Складчастий комплекс ранньо-протерозойського віку (Pr_1) являє собою залізородну формацію криворізької серії. До її утворень віднесено метаморфізовані теригенні та хемогенно-теригенні відклади, представлені конгломератовмісними породами новокриворізької та скелеватської світ і залізисто-кремністими асоціаціями саксаганської світи, яка містить поклади залізних руд (рис. 1.3, 1.4).



Рисунок 1.3 – Геолого-гідрогеологічний розріз Південної частини Криворіжжя



розломи різних порядків
зони розломів з відкритою і залкоченою тріщинуватістю
рівні підземних вод
діабазова дайка

R-PZ (рифей-палеозой)
gd - гданцевська світа
PR1 (нижній протерозой)
sx - саксаганська світа
f - залізисті горизонти
s - сланцеві горизонти

sk - скаловатська світа
nk - новокриворізьська світа
AR (археї)
kn - конська світа

Рисунок 1.4 – Геолого-гідрогеологічний розріз Центральної частини Криворіжжя

Новокриворізька світа (Pr₁nk), складена сланцево-амфіболітовими породами потужністю від 80 до 200 м, з розмивом залягає на пізньоархеїських утвореннях у вигляді вузької смуги вздовж східного борту Криворізької структури.

Скаловатська світа (Pr₁sk) незгідно залягає на новокриворізькій світі. Представлена метапісковиками, метаконгломератами та філітовими сланцями. Потужність 250-300 м.

Саксаганська світа (Pr₁sx) – залізородна, об'єднує залізисті й сланцеві породи, що утворюють два типи парагенерацій, які закономірно чергуються у розрізі. Перший тип складений асоціацією сланців та безрудних кварцитів, другий представляє парагенезис магнетит-мартитових, гематит-мартитових кварцитів, багатих залізних руд та сланців. Кількість залізистих та сланцевих горизонтів і їх потужність змінюється за падінням та простяганням порід.

Повний розріз світи характерний для центральної частини Кривбасу – сім залізистих та сім сланцевих горизонтів, у південній частині – п'ять парагенерацій і у північній – чотири. Загальна потужність світи – 800-1400 м.

Гданцевська світа (Pr_{1gd}) складається з трьох підсвіт: залізорудно-сланцевої, карбонатно-вуглецево-сланцевої та метапісковиково-сланцевої. Загальна потужність порід серії 700-850 м.

Глєсватська світа (Pr_{1gl}) являє собою ритмічношарувату товщу, складену метапісковиками, метаконгломератами та сланцями. Потужність 500-600 м.

Криворізьку серію порід вхрест простяганню розтинає низка діабазових дайок – молодих магматичних утворень потужністю до 10-25 м і довжиною до 4 км, падіння близьке до вертикального.

Породи криворізької серії майже повсюдно вкриті чохлам пухких кайнозойських відкладів (рис. 1.5). Останні належать до палеогенової, неогенової та четвертинної систем. У розрізі палеогенової системи виділяють відклади бучацького та київського ярусів.

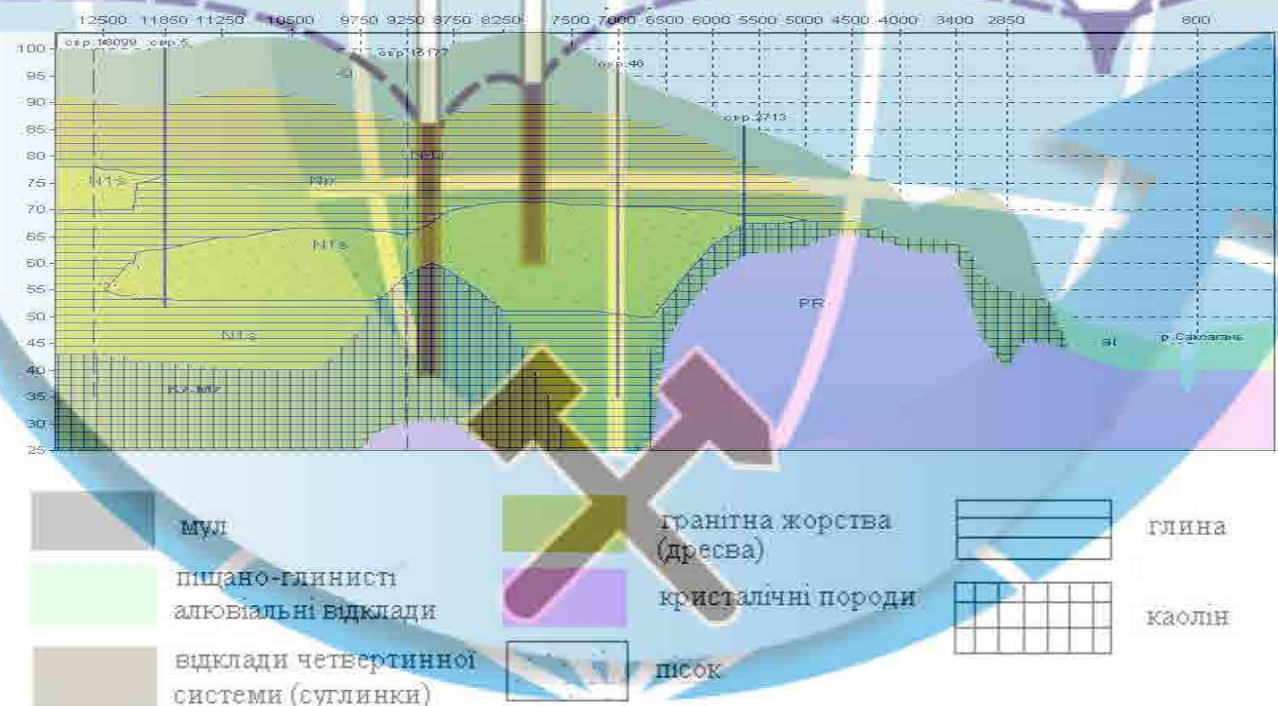


Рисунок 1.5 – Геологічний розріз (гірничий відвід шахти “Родіна”)

Буцацький представлений вуглистими пісками, глинами, бурим вугіллям та бокситовими породами потужністю до 31 м. Київський ярус складений глинами, пісками та пісковиками потужністю 35-40 м. Неогенові відклади включають породи сарматського, понтійського та верхньооліоценового ярусів. Сарматські відклади – глини, глинисті піски й вапняки потужністю до 20 м, понтійські – черепашкові вапняки потужністю до 10 м і верхньооліоценові – червоно-бурі глини потужністю до 30 м. За типами серед четвертинних відкладів розрізняють еолові, делювіальні, алювіальні, представлені суглинками, лесами, глинами, пісками та викопними ґрунтами. Потужність відкладів досягає 30 м.

1.3 Гідрогеологічні умови

У межах району досліджень поширені два водоносних комплекси (рис. 1.6): неоген-палеогенових і четвертинних відкладів; тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію й метаморфізованих відкладів криворізької серії нижнього протерозою [2, 6].

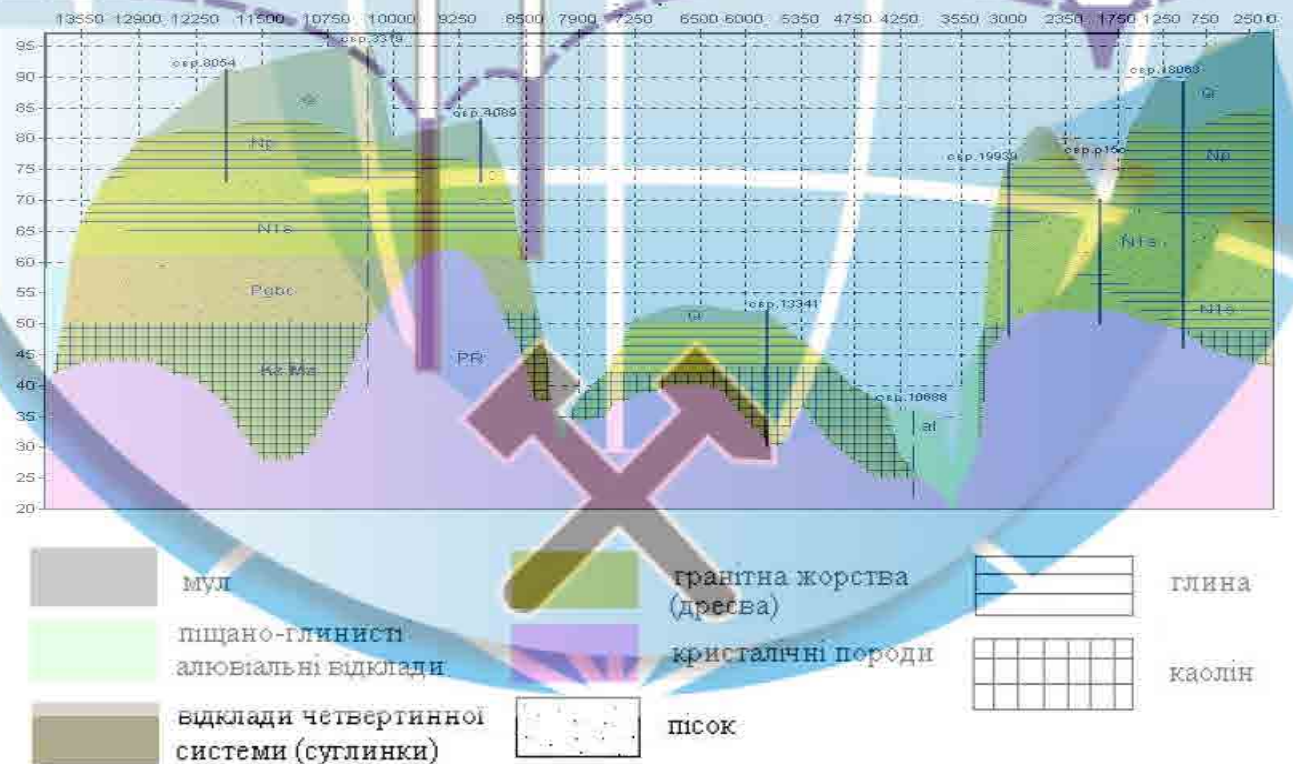


Рисунок 1.6 – Геологічний розріз (закрут р. Інгулець)

Водоносний горизонт четвертинних відкладів поширений переважно на вододілах та у долинах річок і балок. Свердловини, що розкрили четвертинні відклади на глибинах 10-15 м у зонах впливу шахтного водовідливу, здреновано. Поза зоною впливу дренажу ґрунтові води простежуються на глибинах 9-12 м. Водотривом є червоно-бурі глини. Коефіцієнти фільтрації коливаються від тисячних часток до п'яти метрів на добу. Дебіти свердловин і колодязів змінюються від 0.3 до 3 м³/год. при пониженнях рівня 2-10 м. Алювіальні відклади, розвинені у долинах річок Інгулець та Саксагань, складені різнозернистими пісками, суглинками й уламками кристалічних порід. Глибина залягання рівня 0.5-3.5 м від поверхні, коефіцієнти фільтрації 0.17-2.8 м/добу.

Делювіальні відклади приурочені до схилів балок і представлені в основному суглинками. Глибина залягання води – 1-3 м. Цьому водоносному горизонту властивий несталый характер багатоводності та хімічного складу. Мінералізація коливається від 0.6 до 6 г/л.

Водоносний горизонт понтичних відкладів тяжіє головним чином до тріщинуватих вивітрених вапняків та дрібнозернистих глинистих пісків. Його потужність незначна – від 2 до 12 м. Коефіцієнт фільтрації пісків 1.3-12.5 м/добу, вапняків – 0.04-75 м/добу. Рівні залягають на глибинах 20-30 м.

Водоносний горизонт сарматських відкладів приурочений до пісків та тріщинуватих вапняків, середня потужність яких складає біля 10-15 м, поширений у західній та східній частинах досліджуваної території. Потужність водоносної частини пісків – 2-6 м, вапняків – 11-22 м, коефіцієнт фільтрації змінюється у межах від 0.3 до 4.2 м/добу. Підшовою горизонту є неогенові глини, на ділянках їх відсутності підземні води осадового чохла гідравлічно пов'язані з водоносним комплексом кристалічних порід докембрію.

Водовмісні палеогенові відклади поширені локально і займають понижені ділянки у кристалічному фундаменті. Коефіцієнт фільтрації харківських пісків змінюється від 0.69 до 2.93 м/добу, питомі дебіти свердловин – 0.05-1.19 м³/год.

Коефіцієнт фільтрації бучацьких відкладів близько 1.9 м/добу, питомі дебіти коливаються від 0.11 до 3,6 м³/год.

У цілому водоносний комплекс неоген-палеогенових відкладів безнапірний. Наявність лінз слабопроникних глин та алевритів створює місцевий напір підземних вод, який може досягати 10 м і більше. Загальна потужність водовмісних порід коливається від 2.5 до 30 м. Глибина залягання рівня підземних вод змінюється в межах від 1-5 (у долинах річок) до 20-40 метрів (на вододільному плато). Відклади осадового чохла у зонах обвалення переважно здреновані. Тут відбувається поглинення поверхневого стоку, а по контуру - ще й розвантаження підземних вод у кристалічні породи. Коефіцієнти фільтрації суглинків, що потрапили до зони обвалення, змінюються від 1 до 3 м/добу і зменшуються з часом до 0,5 м/добу.

Живлення водоносного комплексу осадових порід здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, техногенних витоків з хвостосховищ і на зрошуваних територіях, а також за рахунок перетоку з водоносного комплексу кристалічних порід, що залягає нижче. Потік підземних вод спрямований з півночі на південь і розвантаження відбувається у річки, балки, зони зсування та обвалювання порід, а на вододілах – у водоносний комплекс, що залягає нижче.

Підземні води кристалічних порід криворізької серії належать до тріщинно-пластового типу напірного та безнапірного характеру. Конгломерати, сланці та пісковики глеєваської і гданцевської світ розбиті численними тектонічними порушеннями скидово-насувного типу. Як тріщинуватість, так і тектонічні порушення забезпечують водопроникність сланцево-пісковикової товщі й гідравлічний зв'язок її з іншими водоносними пластами. Водопроникність конгломератів низька, коефіцієнти фільтрації становлять 0.0002-0.113 м/добу. Конгломерати відзначаються слабкою водоносністю і в зонах розломів. Вони, також як сланці та пісковики, погано піддаються хімічному звітрюванню, в той час як фізичне звітрювання відбувається в них досить інтенсивно. Внаслідок цього у верхніх частинах розрізу до глибин 150-

200 м сланці й пісковики є сильно вивітряними до глинистого стану. Пісковики характеризуються слабкою водоносністю. Витрати свердловин змінювалися у межах 1.5-6.8 м³/год при пониженні відповідно 52 та 23 м. Питомі дебіти змінювалися від 0.075 до 0.5 м³/год.

1.4 Характеристика основних видів техногенного навантаження

Об'єкти гірничодобувної і переробної галузі сконцентровані на площі близько 330 км², в межах промислово-міської агломерації (ПМА), а також в безпосередній близькості до неї. Тут налічується понад 75 промислових підприємств, серед яких найпотужнішими як за обсягами виробництва, так і за впливом на довкілля є: 5 гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК), 9 кар'єрів відкритого видобутку залізних руд, 7 діючих шахт і 4 шахти, що перебувають виключно в режимі гідрозахисту, Криворізький металургійний комбінат (КМК), коксохімічний комбінат, цементно-гірничий завод, завод гірничого обладнання та ін (рис. 1.7).

Інтенсивна розробка родовищ залізних руд докорінно змінила природний ландшафт, перетворивши його на характерний для гірничодобувних регіонів техногенний, з численними штучно створеними масштабними об'єктами: кар'єрами, відвалами розкривних порід та некондиційних руд, ставком-накопичувачем зворотних вод, хвостосховищами, зонами зсувів і проваллями. Кар'єри і відвали простягаються з півночі на південь більше ніж на 160 км, відображаючи контур залізрудного родовища. Загальна площа кар'єрів Кривбасу – близько 4 тис. га. У відвалах, що займають приблизно 6 тис. га, накопичено понад 3 млрд. тонн відходів видобутку та збагачення залізних руд і 3,5 млрд. м³ розкривних порід.

Відходи збагачення залізних руд нагромаджуються у хвостосховищах, які водночас акумулюють шахтні і кар'єрні води. Концентрація відходів у цих об'єктах досягла такого рівня, що вони можуть розглядатися як вторинні (техногенні) родовища [4-5].



Рисунок 1.7 – Техногенне навантаження у середній течії басейну р. Інгулець (територія Кривоїзького територіально-виробничого комплексу): 1 – шахта, 2 – підприємство, 3 – кар'єр, 4 – водойма, 5 – місця скидів виробничих стічних вод

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ГЕОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ділянка дослідження представлена техногенним об'єктом гірничорудного комплексу ПівдГЗК, а саме відвалом Лівобережний, експлуатація та нарощування якого потребує оцінки гідрогеологічної ситуації в його підніжжі та розробки заходів попередження підтоплення.

2.1 Фізико-географічна характеристика

Ділянка досліджень – відвал Лівобережний – розташований в Інгулецькому районі м. Кривий Ріг Дніпропетровської області в межах промзони Південного гірничо-збагачувального комбінату (рис. 2.1). В орогідрографічному відношенні район приурочений до лівобережжя річки Інгулець.



Рисунок – 2.1 Схема розташування гірничорудних об'єктів

Річка Інгулець є основною водною артерією та приймає водні потоки ряду великих балок. У верхній течії річка Інгулець зарегульована Карачунівським водосховищем. Долина річки порівняно широка – у районі досліджень сягає 2,5-3,0 км. Крім заплави, в долині річки виділяють дві

надзаплавні тераси. Глибина річки на перекатах 0,2-0,6 м, на плесі збільшується до 5,0 м. Швидкість течії води в річці досягає 0,5 м/с. У цьому районі річка протікає спочатку у широтному напрямі, підмиваючи правий берег. Потім водний потік робить круту петлю, різко змінює напрямок на субмеридіональний. Русло річки має ширину 8-35 м та глибину від 0,5 м на перекатах до 2-3,5 м на плесах, повністю прорізаючи неогенові та частково палеогенові відкладення. Ложем річки в межах Кривого Рогу служать переважно кристалічні породи протерозою та місцями продукти їх вивітрювання (переважно каоліни). Дно річки піщане. Абсолютна відмітка урізу води в річці – (+25,7) м.

Джерелом живлення річки Інгулець, переважно, є снігові (талі) і дощові води, частка яких сягає 77 % річного стоку; величина підземного живлення становить 17%, а фільтрація із гідротехнічних споруд – 6%. Підйом рівня води у річці зазвичай починається наприкінці лютого чи початку березня. Спад триває до середини квітня. Максимальна висота весняної повені змінюється від 1,5 м до 5,5-6,0 м. Мінералізація води в річці зазнала значних змін у бік збільшення з 0,95 г/л до 1,5-2,0 г/л.

Вода в річці слаболужна. За 25-річний період відзначається покращення показника біологічного споживання кисню (БПК), який у 1997 р. становив 8,8 мг O₂/л (що вище ГДК у 2,2 рази), а у 2019 р. – 2,89 мг O₂ / л, що нижче ГДК для водойм культурно-побутового призначення. Також відзначається покращення показників якості води за вмістом інших забруднюючих речовин: нітриту, нітрату, азот амонійний, залізо, хлориди, залізо, марганець, хром, цинк, вміст яких скоротився у 2-10 разів. Практично незмінним залишається вміст алюмінію та сульфатів.

2.2 Характеристика Лівобережних відвалів

Складування розкривних порід та формування Лівобережних відвалів проводили з 60-х років минулого століття. Їх вік становить близько 60 років. Фактична будова (у розрізі) відсипаної частини відвалу обумовлена

особливостями розвитку розкривних робіт у кар'єрі. Проектні контури існуючого відвалу Лівобережний було досягнуто у кілька етапів у вісімдесяти роки минулого століття. У відвал уклали в основному скельні розкривні породи, які від вибоїв у кар'єрі на відвал доставляли залізничним транспортом. Така ж транспортна схема діє нині для формування ярусів (+60)...(+160) м.

Проектна площа відвалу складає 995 га, а фактична – 835 га. Розмір відвалу у плані 2,9 км², довжина 4,2 км. За проектом ємність відвалу (загальна) – 491,3 млн м³, фактична ємність відвалу – 376,6 млн м³. Висота відвалу становить від 90 м до 130 м, кількість ярусів – 5, висота ярусу від 10 м до 40 м, ширина берм безпеки від 35 м до 40 м.

Відвал залізничними коліями поділено на дві частини (західну та східну). У східній частині складають окислені кварцити 4-го та 6-го залізістих горизонтів. Розвиток східної частини відвалу передбачено здійснювати надалі на північ і північний схід у межах існуючого контуру основи.

У західну частину відвалу складували і окислені кварцити та розкривні породи. Їхню межу (контактну зону) добре видно на поверхні (рис. 2.2). Нині до західної частини складають кристалічні сланці.



Рисунок 2.2 – Границі відсіпання різних типів порід у відвал

Станом на 01.01.19 в Лівобережні відвали укладено $165,4 \text{ м}^3$ окислених кварцитів із вмістом $\text{Fe}_{\text{заг.}}$ - 35,94%.

На досліджуваній території Лівобережних відвалів укладені скельні розкривні породи до абсолютної позначки +160 м (рис. 2.3).

Підлога ділянки розширення західної (лівої) частини відвалів проходить з півдня північ від балки Вовча через територію знесеного с. Ново-Петрівка до межі охоронної зони річки Інгулець. За технологічними умовами розширення проводиться у західному та південно-західному напрямку відвалів у бік річки при максимальному просуванні до 700 м.



Рисунок 2.3 – Схематичний план відвалу

Залізорудний відвал Лівобережний за умовами його відсіпання у проектних контурах оцінюється як середньої складності. Це зумовлено тим, що його основа представлена пухкими відкладеннями кайнозою в заплаві р. Інгулець. Це переважно пілуватоглинисті та піщані осадові породи, потужністю від 2 до 19 і більше метрів. Розвиток відвалу до проектної позначки

(+180) м передбачається за проектом шляхом відсипання скельних розкривних порід.

Значних порушень стійкості відвалу в процесі відсипання скельних розкривних порід не спостерігалось. Станом на 01.06.93 р. у південній частині відвалу у відм. (+110)-(+50) м відзначався зсув до 570 м завдовжки простяганням борту і до 200 - хрест його простягання в умовних осях 53,0-53,5/28,5 [7].

Район розташування Лівобережних відвалів характеризується високою щільністю розташування різних за призначенням гідротехнічних споруд та підприємств залізничної промисловості, до яких належать: проммайданчик комбінату, кар'єр, хвостосховище, потужні відвали розкривних порід (Правобережні, Лівобережні) та інші.

Крім того, в цьому ж районі розташовані об'єкти інших ГЗК, як діючі, так і виведені з експлуатації.



Рисунок 2.4 – Техногенне навантаження в районі розташування Лівобережних відвалів

На представленому рисунку 2.4 фрагменті з 228 км² загальної площі території приблизно 134 км² займають техногенні об'єкти гірничорудної промисловості.

Ступінь техногенного навантаження на гірничодобувні регіони можна визначити за наступними співвідношеннями [8]

$$H_{\text{Тех}} = \frac{\sum S_{\text{Н}} + \sum S_{\text{Т}}}{S_{\text{Г.р.}}} = \frac{134}{228} = 0,59$$

$$H_{\text{Тех}} = \frac{\sum N_{\text{Н}} + \sum N_{\text{Т}}}{S_{\text{Г.р.}}} = \frac{11 + 19}{228} = 0,14 \text{ об/км}^2$$

де $H_{\text{Тех}}$ – техногенне навантаження на гірничодобувний регіон; $S_{\text{Г.р.}}$ – площа гірничодобувного регіону, км²; $S_{\text{Н}}$ та $S_{\text{Т}}$ – відповідно площі порушеного та техногенного геологічного середовища в межах регіону; $N_{\text{Н}}$ і $N_{\text{Т}}$ – кількість об'єктів, що становлять порушені та техногенні масиви, од.

Для території, що розглядається, рівень техногенного навантаження визначається як надзвичайно високий.

До будівництва об'єктів гірничодобувної діяльності рельєф місцевості характеризувався як піднесена пересічена рівнина (рис.2.5).

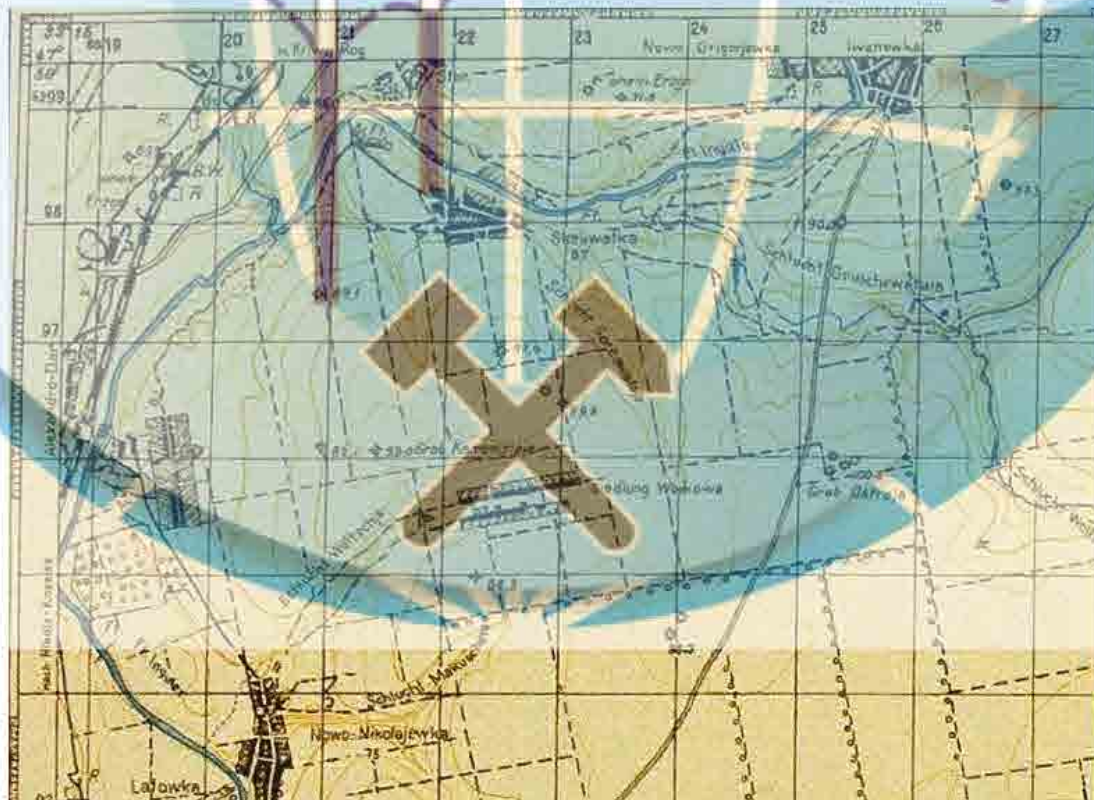


Рисунок 2.5 – Фрагмент топографічної карти 1944 р. в зоні розташування Лівобережних відвалів (суцільні горизонталі проведено через 10 м)

Відповідно до наведеної на рисунку 2.5 інформації техногенні об'єкти ПівдГЗК (Лівобережні відвали, хвостосховище «Войково», хвостосховище «Перша карта», ставок накопичувач шахтних вод у балці Свистунове, ставок оборотного водопостачання), а також відвали НКГЗК розташовані на балках.

Так Лівобережні відвали повністю перекрили б. Скелеватську (рис. 2.6) і більшість б. Вовча.



Рисунок 2.6 – Поєднання топографічної карти 1944 р. із сучасним положенням Лівобережних відвалів та хвостосховища «Войково»

Хвостосховище «Войково» перекрило верхів'я б. Вовча (див. рис.2.6) та повністю б. Городувату.

Хвостосховище «Перша карта» займає верхів'я б. Вовчище, хвостосховище «Миролюбівське» повністю перекрило балки Мала Кроква та Велика Кроква. Ставок відстійник оборотних вод розташований у верхів'ї б. Грушувата. Ставок накопичувач шахтних вод у б. Свистунова зайняв верхів'я б. Свистунова.

В даний час рельєф поверхні характеризується як техногенний з наявністю як глибоких виробок (кар'єри), так і високих насипів (відвали, хвостосховища). Відвали та хвостосховища височіють над природним рельєфом на 58-125 м (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Зміна природнього рельєфу місцевості відвалами та хвостосховищами

Наявність великої кількості техногенних об'єктів на площі, що розглядається, змінила природний гідрогеологічний режим підземних вод, що розглянуто далі.

2.3 Аналіз геологічної будови та гідрогеологічних умов ділянки розташування Лівобережних відвалів

Досліджувану територію в геолого-структурному відношенні приурочено до Центрального та Південного районів Криворізького залізорудного басейну (південно-східна окраїна Українського кристалічного масиву). У геологічній будові району досліджень беруть участь дніпровський комплекс архейських порід, осадово-метаморфічні породи Криворізької серії протерозою, а також відкладення палеогенової, неогенової та четвертинної систем [3].

Дніпровський комплекс архейських порід (Dn Ar₂). До найдавніших порід Кривбасу більшість дослідників відносять дніпровську серію гнейсів, плагіогранітів і мигматитів. Гнейси характеризуються різноманітним мінералогічним складом: біотитовим, роговообманко-плагіоклазовим, піроксено-плагіоклазовим, силімонітовим та ін. другорядними – рогова обманка, апатит.

Нижній протерозой (PR1). Криворізька серія нижнього протерозою представлена наступними свитами: глеєватською (метапісковики, метаконгломерати, сланці); гданцівській (сланці, доломіти, метапісковики, залізняки); саксаганській (залізисті кварцити, сланці); скелюватську (сланці, пісковики); новокриворізької (метавулканіти, сланці). У покрівлі всі породи Криворізької серії сильно вивітрілі та тріщинуваті. Долиною річки Інгулець, а також ряду великих балок спостерігаються виходи кристалічних порід на денну поверхню.

Кайнозойські відкладення представлені палеогеновою, неогеновою та четвертинною системами.

Палеогенова система (P) у розглянутому районі представлена відкладеннями бучацької та київської світ.

Бучацькі відклади (P₂, бс) представлені каоліновими глинами та алевролітами з малопотужними прошарками вугілля. Сумарна потужність відкладень складає 10-20 м.

Київські оточення (P₂kv) представлені щільними глинами з незначними прошарками пісків. Загальна потужність відкладень київської свити сягає 15 м. Глини мають повсюдне поширення на водороздільних плато та їх схилах, повністю відсутні в долинах річки Інгулець та у великих балках.

Абсолютні позначки підшви палеогенових відкладень змінюються від мінус 10 – мінус 15 м на занурених ділянках до +30 – +40 м у районі підняття кристалічного масиву по долині річки Інгулець [4].

Неогенова система (N) у межах району дослідження представлена відкладеннями сарматського та понтичного ярусів.

Сарматський ярус (N_{1s}) складений різнозернистими (від дрібно-до крупнозернистих) пісками, глинами та витриманими пластами вапняків. Потужність порід сарматського ярусу змінюється від 28 до 40 м, а потужність прошарків вапняків коливається в межах від 15 до 35 м. Відкладення сарматського ярусу мають повсюдне поширення, крім заплави р. Інгулець. Вапняки зустрічаються як міцні, так і вивітрілі.

Понтичний ярус ($N_2\text{рп}$) представлений різнозернистими (в основному, дрібнозернистими) пісками та пісковиками, які перешаровуються з темно-сірими щільними глинами загальною потужністю до 20 м.

Абсолютні позначки підшви неогенових відкладень здебільшої території становлять від +30 до +40 м.

Відкладення сарматського та понтичного ярусів перекриваються червоно-бурими глинами (N_2-Q_I). Потужність товщі червоно-бурих глин коливається від перших метрів у днищі балки Грушувата (район ставка зворотного водопостачання) до 25-30 м на вододільних ділянках. У долині річки Інгулець, у нижній частині балки Грушувата глини відсутні.

Максимальні абсолютні позначки підшви червоно-бурих глин досягають +65...+70 м та просторово відповідають частині площ хвостосховищ «Войково», «Перша карта» та «Друга карта».

Четвертинні відкладення (Q) мають повсюдне поширення та представлені всіма чотирма віковими групами ($Q_{IV}-Q_I$). На вододілах четвертинні відкладення представлені лесоподібними суглинками потужністю 7-16 м. На схилах великих балок переважають делювіальні суглинки з прошарками пісків та глин загальною потужністю до 10-16 м (рис. 2.8).

Алювіальні відкладення (піски, супіски, суглинки) розвинені в заплаві та на терасах річки Інгулець, у великих балках. Сумарна потужність їх сягає 20 м.

Абсолютні позначки підшви четвертинних відкладень часто повторюють особливості рельєфу та змінюються від +20 м у заплаві річки Інгулець до 80-90 м на вододільних ділянках.

У межах досліджуваного району підземні води приурочені до відкладень четвертинної, неогенової та палеогенової систем, а також до гнівсам і гранітам Дніпровського комплексу архейських порід [6-8].

У районі виділяють три водоносні горизонти:

- у тріщинуватій зоні кристалічних порід;
- в осадових породах неогенової системи;
- у відкладах четвертинної системи.

Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід має повсюдне поширення в районі досліджень. Коефіцієнт фільтрації його змінюється в діапазоні 0,4...1,0 м/добу. Горизонт характеризується невисокою водозбагаченістю, яка визначається ступенем тріщинуватості порід. Глибина залягання рівнів підземних вод у долині річки Інгулець змінюється від 7,4 м до 21,5 м.



Рисунок 2.8 – Карта-схема четвертинних відкладень

Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід у долині річки Інгулець має гідравлічний зв'язок з водоносним горизонтом алювіальних відкладень і розглядається як єдиний водоносний горизонт. Глибина залягання рівнів підземних вод у долині річки Інгулець змінюється від перших сантиметрів до 14-16 м, що відповідає абсолютним відміткам 30,0 – 41,0 м.

На промайданчиках водоносний горизонт, що розглядається, гідравлічно пов'язаний з неогеновим і являє собою єдину гідравлічну систему з глибиною до рівня 22,9-30,9 м.

До введення в експлуатацію гідротехнічних споруд ГЗК, розробки кар'єрів підземні води тріщинуватої зони кристалічних порід мали сульфатно-гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий тип з мінералізацією до 1,0 г/л і використовувалися для місцевого водопостачання.

Неогеновий водоносний горизонт приурочений до пісків (дрібно-і середньозернистих) і тріщинуватих вапняків сарматського та понтичного ярусів. Нижнім водотривом слугують щільні глини київської свити, а верхнім - червоно-бурі неоген-четвертинні глини.

Водоносний горизонт відсутній лише в долині річки Інгулець. Горизонт безнапірний, на деяких площах напірно-безнапірний. Глибина залягання рівня підземних вод становить 32,8-55,0 м (абсолютні позначки рівня дорівнюють 44,0-55,0 м). Потужність обводненої товщі порід дорівнює 35-40 м, коефіцієнт фільтрації пісків змінюється від 0,1 м/добу до 8,0 м/добу, а вапняків - від 1,0 м/добу до 100,0 м/добу.

Горизонт безнапірний або слабонапірний. На вододільній ділянці, на південь від хвостосховища «Миролобівське» напір над покрівлею неогенового водоносного горизонту складає 1,0-1,5 м.

Коефіцієнт фільтрації сарматських та понтичних пісків змінюється від 0,1 м/добу до 8,0 м/добу, вапняків – від 1,0 м/добу до 100,0 м/добу.

У природних умовах підземні води неогенового водоносного горизонту мали сульфатно-гідрокарбонатно кальцієво-натрієвий тип з мінералізацією 0,1-0,7 г/л та використовувалися для місцевого питного водопостачання.

Водоносний горизонт у четвертинних відкладеннях представлений макропористими лесоподібними суглинками і в природних умовах мав обмежене поширення на вододільних ділянках.

Зашламування балок Грушувата і Велика і Мала Кроква, створення в них численних гідротехнічних споруд, нарощування існуючих хвостосховищ ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та ВАТ «Південний ГЗК», відсіпання відвалів тощо привели до утворення єдиного водоносного горизонту ґрунтових вод за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та потужних техногенних витоків.

Водоносний горизонт ґрунтових вод безнапірний. Водотривом для нього є червоно-бурі глини. Напрямок ґрунтового потоку збігається з ухилом покрівлі водотриву, а на проммайданчиках потік радіально розтікається від купола формування до місць розвантаження – балок та заплави річки Інгулець. Максимальні абсолютні позначки ґрунтового потоку спостерігаються на вододільних ділянках та досягають 96,0 м.

Ухили поверхні ґрунтових вод внаслідок низьких фільтраційних властивостей досить значні та становлять 0,01-0,03. Глибина залягання ґрунтових вод змінюється від 0,08 м до 14,2 м. Коефіцієнти фільтрації лесоподібних суглинків 0,25-0,5 м/добу. Суглинки характеризуються фільтраційною анізотропією. Коефіцієнт фільтрації лесоподібних суглинків у вертикальному напрямку більший, ніж у горизонтальному. Коефіцієнт фільтрації делювіальних відкладень складає 0,1 м/добу, техногенних відкладень (хвостів) - близько 0,04 м/добу.

У природних умовах за хімічним складом ґрунтові води четвертинних відкладень сульфатні натрієво-магнієві, сульфатно-гідрокарбонатні магнієві, хлоридні натрієві та хлоридні натрієво-кальцієві з мінералізацією до 1,4-4,0 г/л. Експлуатація кар'єрів, хвостосховищ, відвалів та інших техногенних об'єктів на обмеженій території призвела до різких змін у рівневому режимі та якісному складі підземних вод. В даний час гідрогеологічні умови району ВАТ «Південний ГЗК» характеризуються як складні.

З АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РЕЖИМНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА РІВНЕМ ПІДЗЕМНИХ ВОД В ЗОНІ ВПЛИВУ ЛІВОБЕРЕЖНИХ ВІДВАЛІВ

Багаторічні спостереження за рівнями підземних вод в період з 1991 по 2018 рр по усіх трьох водоносних горизонтах проводились за мережею моніторингових свердловин (рис. 3.1).

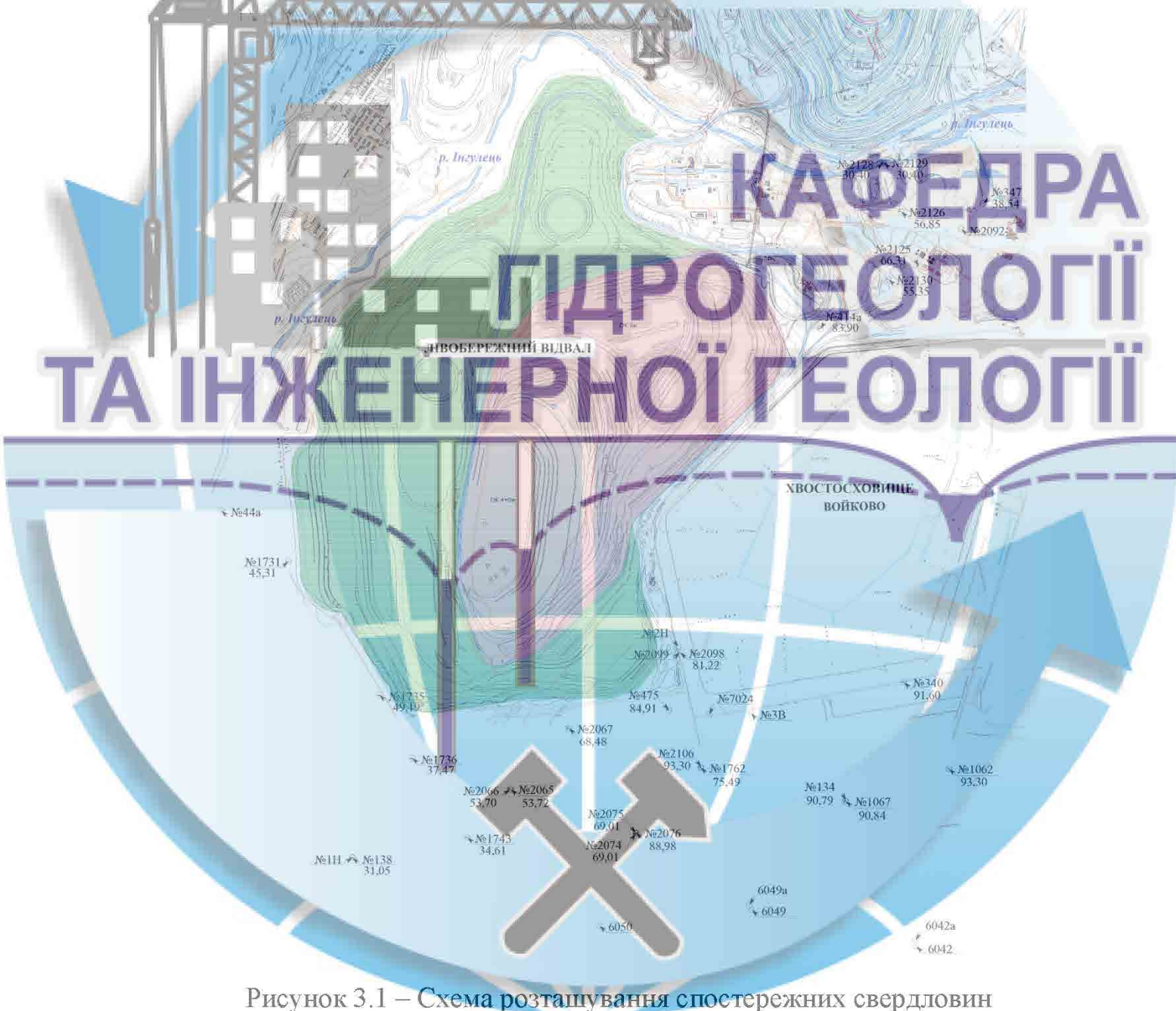


Рисунок 3.1 – Схема розташування спостережних свердловин

3.1 Динаміка рівнів підземних вод водоносного горизонту кристалічних та неогенових порід

Для побудови графіків зміни рівнів підземних вод у часі спостережні свердловини згруповані у дві групи. Одна група свердловин розташована ближче до заплави річки Інгулець, а інша – між Лівобережними відвалами та хвостосховищем «Войково» (див. рис. 3.1).

Динаміка зміни рівня підземних вод кристалічного водоносного горизонту (рис. 3.2 та 3.3) свідчить про усталений режим фільтрації кристалічного комплексу, де не спостерігається різких змін.

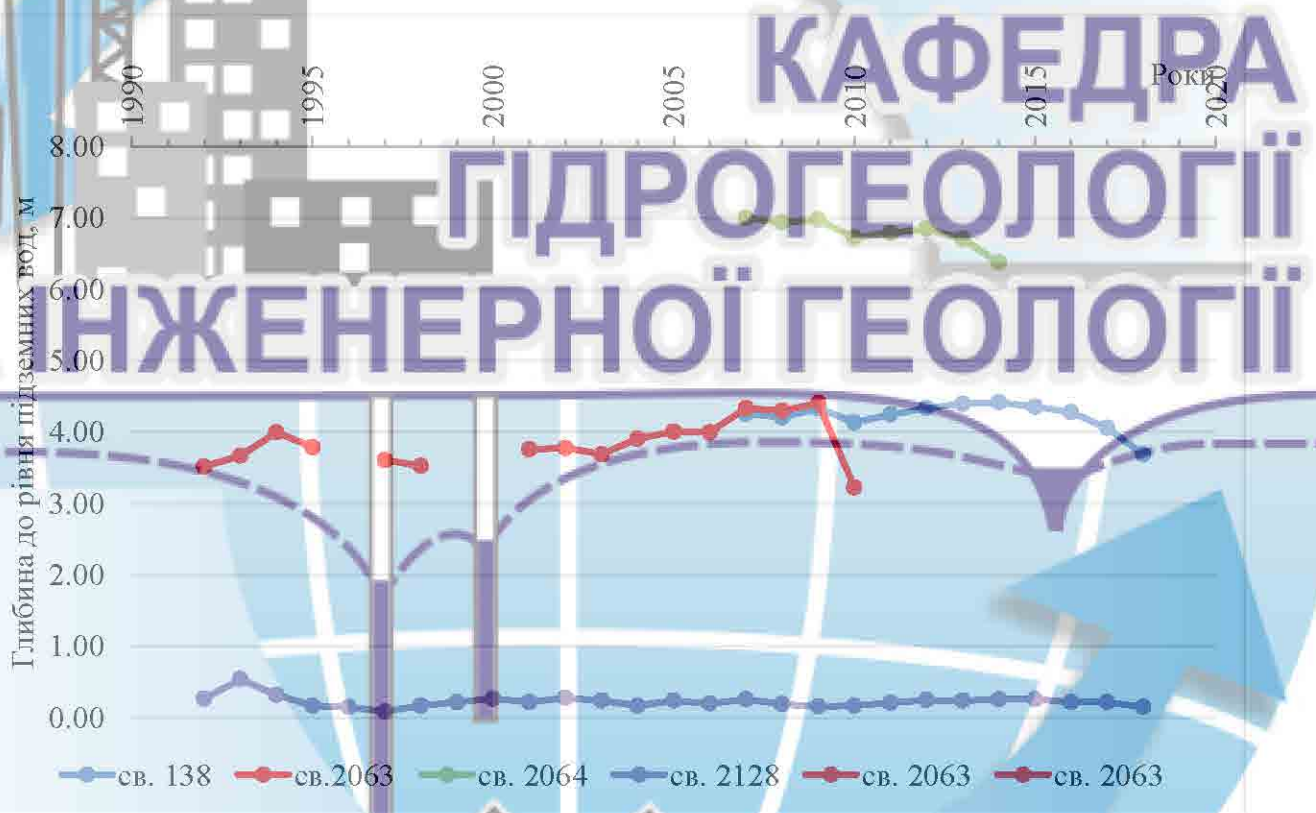


Рисунок 3.2 – Динаміка рівня підземних вод кристалічних порід у свердловинах №№ 138, 2063, 2064, 2128

Результати спостережень за зміною рівня підземних вод неогенового водоносного горизонту зображені на рис. 3.4 та 3.5 за групами свердловин.

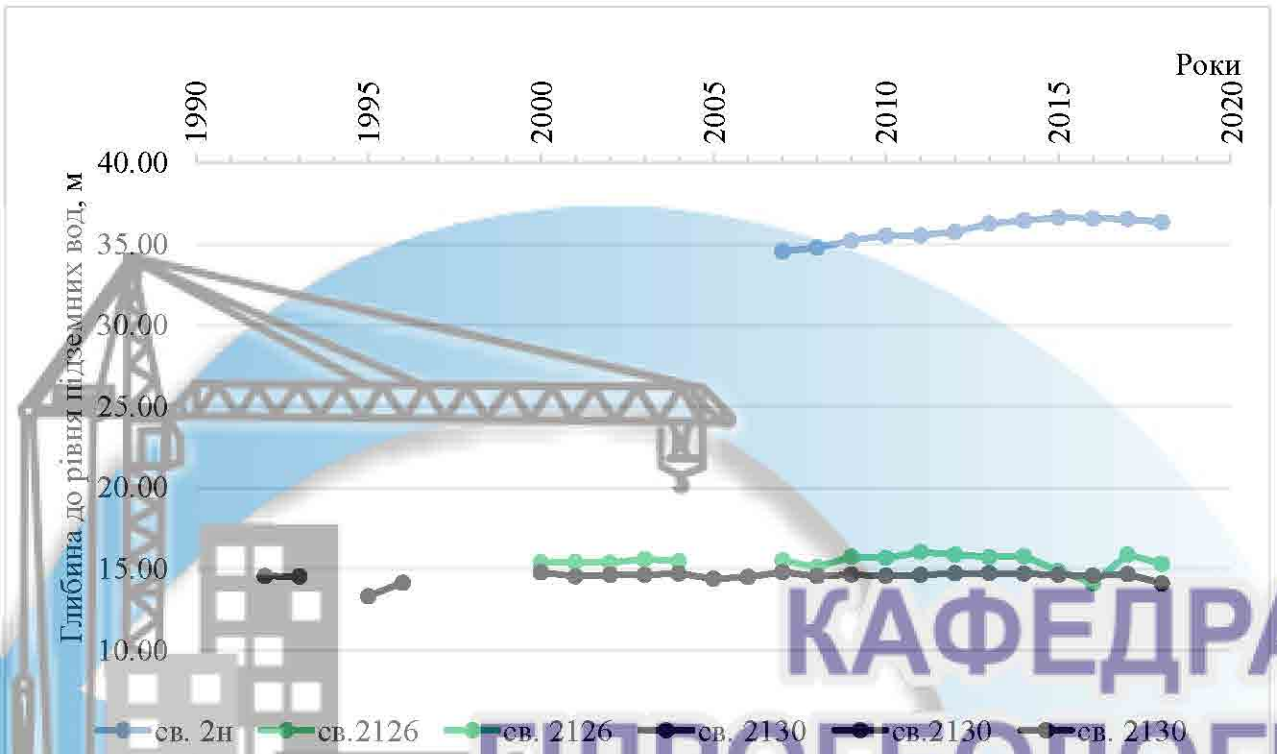


Рисунок 3.3 – Динаміка рівня підземних вод кристалічних порід

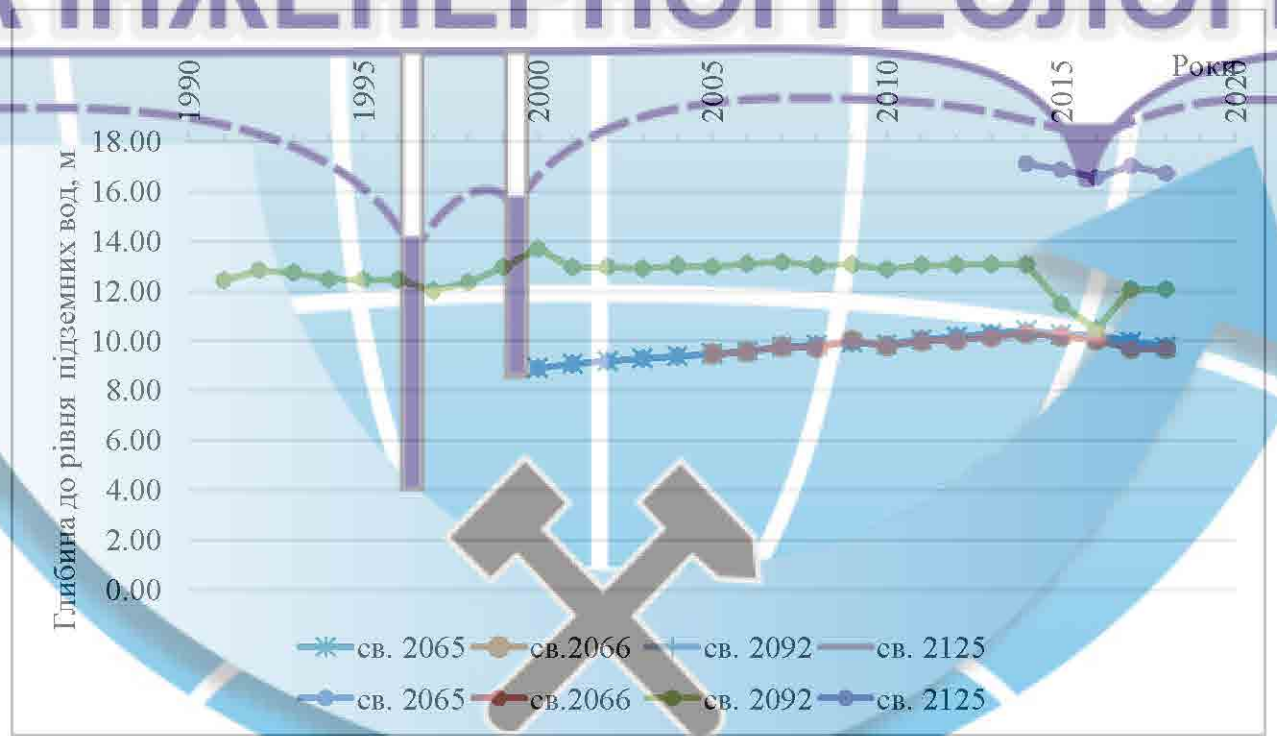


Рисунок 3.4 - Динаміка зміни глибини залягання неогенового водоносного горизонту по свердловинах №№ 2065, 2066, 2092, 2125

Наведені на рис. 3.4 дані свідчать, що по свердловинах №№ 2065 і 2066 в цілому спостерігається тенденція до зниження рівня неогенового горизонту. Свердловини розташовані на південь від Лівобережних відвалів між балками Вовча та Макушина. З 2000 р. рівень знизився на 0,86 м, у тому числі з 2005 р. на 0,22 м. Найбільша зміна рівня характерна для періоду 2000-2005 років. Зниження рівня підземних вод неогенового водоносного горизонту у разі можна пов'язати із зміною області живлення водоносного горизонту. Воно викликано повним перекриттям б. Вовча і зарегулювання б. Макушина.

Для св. 2092, яка розташована на північний схід від Лівобережних відвалів, характерно коливання рівня. Максимальне зниження спостерігалось у 2000 р., а максимальне підняття – 2016 р., коли випала рекордна кількість атмосферних опадів.

Щодо групи свердловин, зображених на рис. 3.5, фіксується стійка тенденція зниження рівня неогенового водоносного горизонту. Найбільша глибина до рівня неогенового водоносного горизонту відзначається у свердловинах №№ 6042, 134 і 1739. Ці свердловини розташовані в південній частині ділянки за контурами хвостосховищ «Войково» і «Перша карта» на вододілі.

У той же час, навіть для свердловин, які розташовані у північно-східній частині від Лівобережних відвалів та на півночі хвостосховища «Об'єднане», відмічено зниження рівня підземних вод за неогеновим водоносним горизонтом від 0,22 м (по св. 2066) до 4,72 м (за св. 2098).

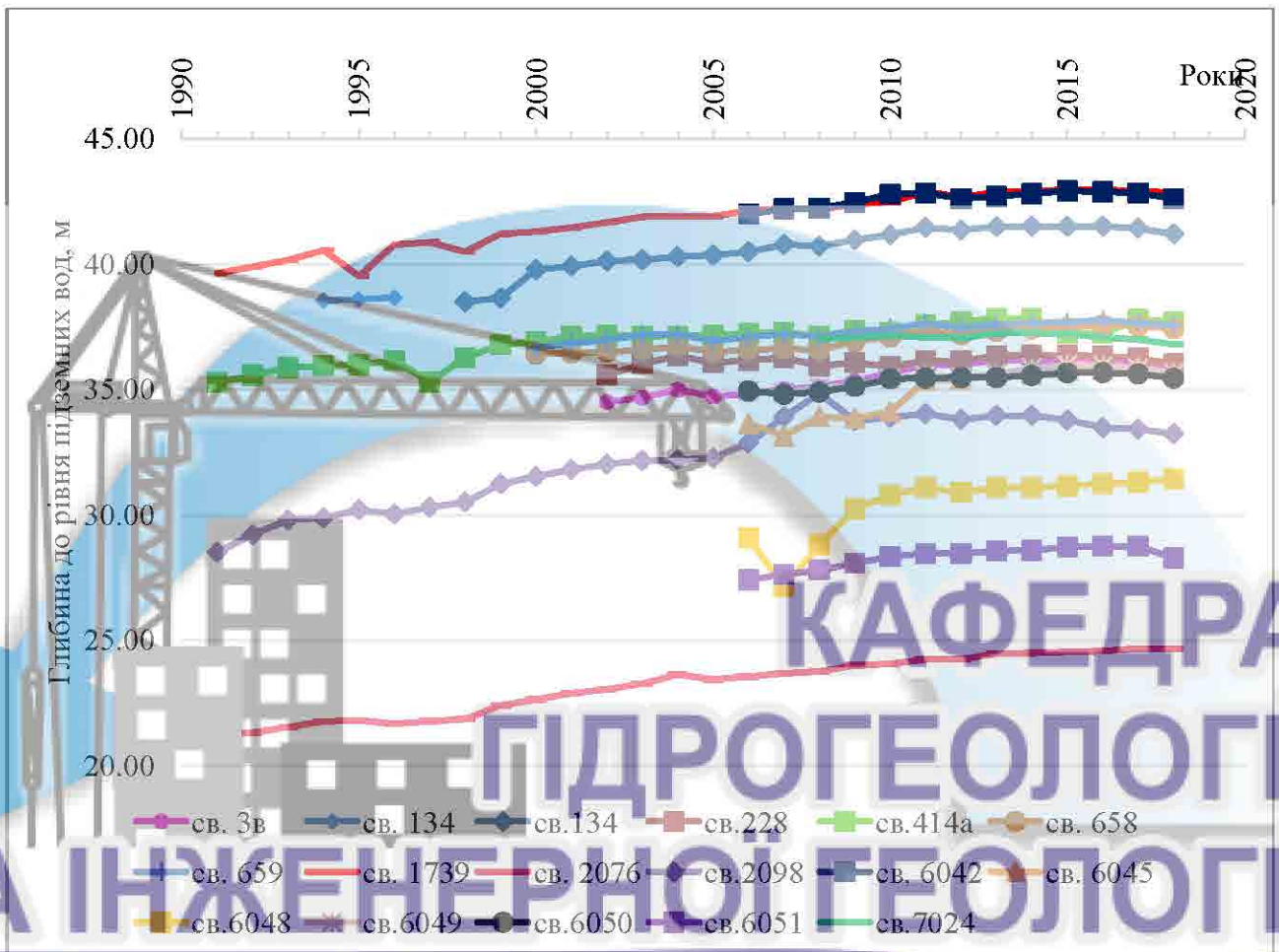


Рисунок 3.5 – Динаміка зміни глибини залягання неогенового водоносного горизонту

3.2 Аналіз динаміки рівнів підземних вод четвертинного водоносного горизонту

За результатами моніторингових даних за рівнем водоносного горизонту четвертинних відкладень спостерігається загальна тенденція коливання рівня, що обумовлена як природними, так і техногенними чинниками. Найбільш близько до поверхні водоносний горизонт четвертинних відкладень знаходиться у св. №№2129 та 347, що знаходяться на північний схід від Лівобережних відвалів (рис. 3.6). При цьому св. № 2129 знаходиться близько до русла р. Інгулець, а св. №347 у зниженій частині рельєфу.

Дані багаторічних спостережень щодо св. 347 та 2129 наведено на рисунку 3.6.

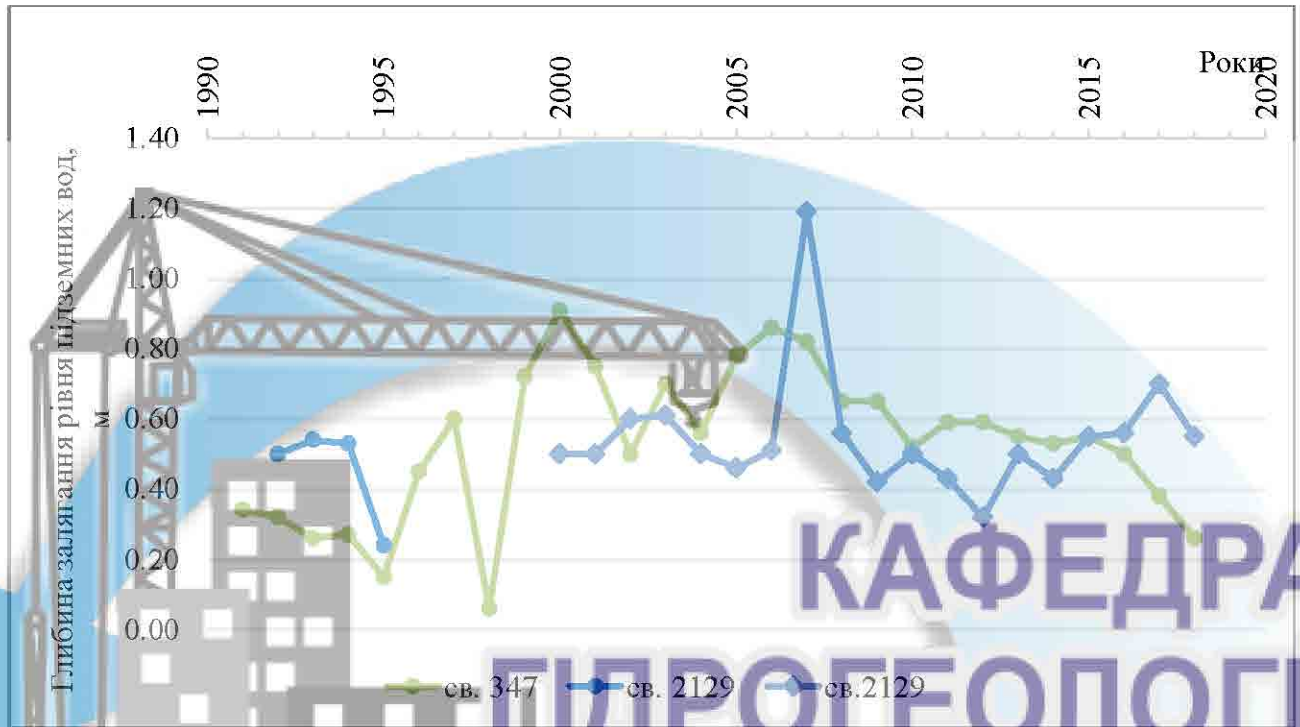


Рисунок 3.6 – Динаміка зміни глибини залягання четвертинного водоносного горизонту по свердловинах 347 та 2129

Варто відзначити, що по групі свердловин спостерігається постійна зміна рівня. Найбільший стрибок рівня відзначений 1998 р. по вкв. 347 - рівень підвищився на 0,54 м, досягнувши глибини 0,06 м від поверхні. По свердловині 2129 найбільший стрибок посідає 2007 р., коли рівень знизився на 0,68 м. Для вкв. 347 із 2015 р. спостерігається підвищення рівня. Рівень ґрунтових вод по розглянутій групі свердловин не залежить від кількості атмосферних опадів, що дає підстави припускати техногенні причини його зміни.

За групою свердловин, розташованих із західного боку Лівобережних відвалів (№№ 6н, 7н, 8н, 44а, 141р, 440, 1731) рівень ґрунтових вод знаходиться на глибинах від 2,33 м (св. 44а та 141 р) до 4,06 -5,40 м (за новими свердловинами 6н, 7н, 8н). Свердловина 1731 р. суха.

Свердловини 44 а і 141 р розташовані в крайній західній частині, а св. 440 – у північно-західній частині від Лівобережних відвалів поблизу русла нар. Інгулець.

Спостереження за вказаними свердловинами велися постійно (рис.3.7).

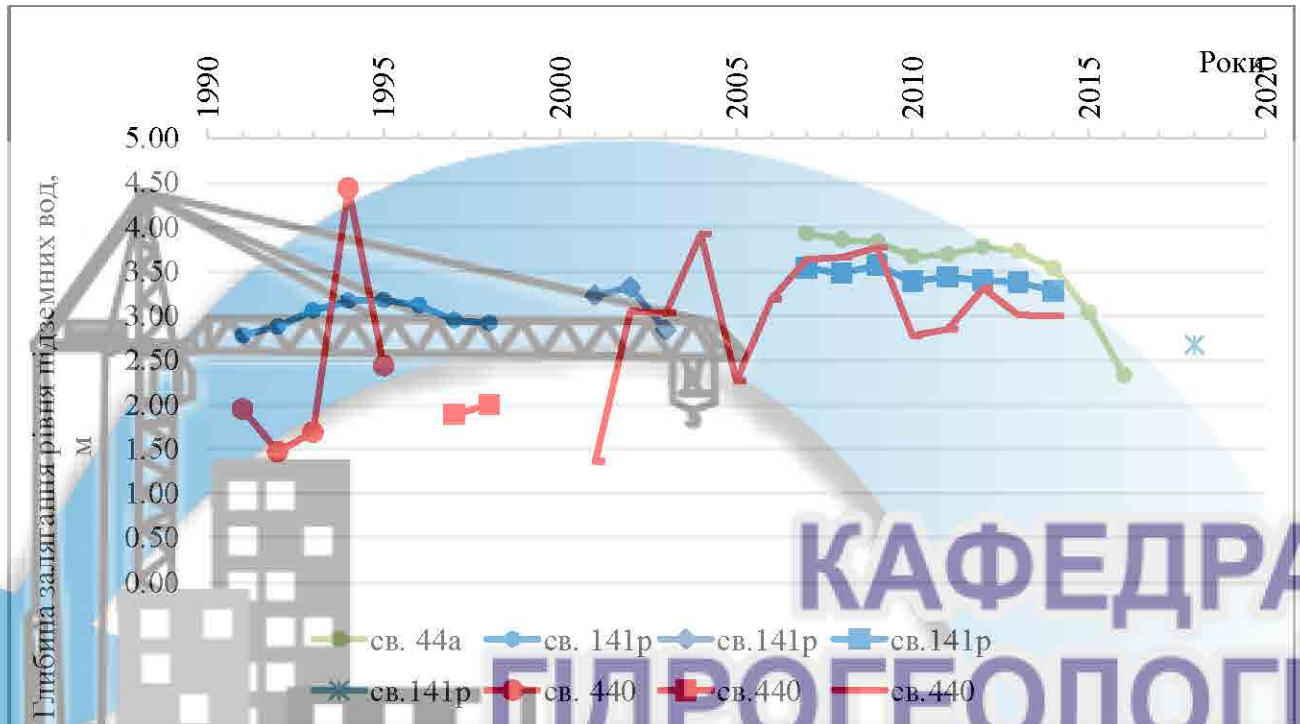


Рисунок 3.7 – Зміна глибини залягання рівня четвертинного водоносного горизонту по свердловинах 44а, 141р та 440

У св. 141р на початку періоду спостерігалось зниження рівня, і з 2007 – підвищення. 2018 р. зафіксовано рівень підземних вод по св. 141 р на глибині 2,67 м від поверхні.

У св. 44 а спостереження велися з 2007 по 2016 роки. За цей період рівень води у свердловині поступово збільшувався, досягнувши у 2016 р. значення 2,33 м. У св. 440 рівень найбільш нестабільний із усіх розглянутих свердловин. За період спостережень глибина до води в св. 440 знизилася.

Залежності між рівнем води у свердловинах та кількістю атмосферних опадів не встановлено.

З південного боку Лівобережних відвалів розташована група свердловин № 1н, 1735, 1736, 1743, 2074, 2067, 475, 2106, 2099.

Найменшу глибину водоносного горизонту четвертинних відкладень по цій групі свердловин спостерігають у св. № 1н, яка значно віддалена від відвалу, знаходиться поблизу русла р. Інгулець і розташовується на шляху

проходження поверхневого стоку по б. Макушина. Рівень води у цій свердловині відрізняється сталістю з незначними коливаннями.

Водночас у св. 1743, яка також розташовується поблизу русла б. Макушина, глибина до рівня води фіксується в межах 8,45-12,30 м.



Рисунок 3.8 - Динаміка зміни глибини залягання четвертинного водоносного горизонту по свердловинах №№ 1н, 1735, 1736, 1743

У св. 1736, яка також знаходиться у зниженій частині рельєфу рівень води відносно стабільний, змінюється в межах 5,23-6,88 м-коду.

Аналіз рельєфу поверхні та рівнів води у св. №№1н, 1736 та 1743 свідчить про те, що ці свердловини відносяться до одного потоку, що рухається з північного сходу на південний захід. У той же час на північний схід і південний схід від цього потоку в свердловинах № 2074, 2067, 2106, 475, 2099 сухо. Отже потік води у св. 1н, 1736 та 1743 може формуватися тільки на сході та має техногенне походження, оскільки у свердловинах, розташованих до південь від хвостосховищ «Войково» і «Перша карта», у свердловинах на четвертинний водоносний горизонт вода відсутня.

Таким чином, аналіз наявності та глибин води по свердловинах на четвертинний водоносний горизонт свідчить про його локальне поширення, здебільшого техногенне походження та незалежність від атмосферних опадів.

Найменші глибини водоносного горизонту четвертинних відкладень, природно, фіксуються в долині річки Інгулець та в руслах балок. Відсутність води в свердловинах навколо хвостосховищ говорить про те, що даний водоносний горизонт не живиться можливими фільтраційними витоками з хвостосховищ.

У той же час, тривалий період часу (понад 20 років) з південного, південно-західного, західного та північно-західного кордону відвалу фіксуються витоки води на поверхню. У зв'язку з чим далі у роботі розглянуто розташування джерел фільтрації, їх характеристики та походження.

3.3 Аналіз джерел фільтрації води з Лівобережних відвалів

За період тривалих спостережень встановлено 12 джерел фільтрації вод з-під Лівобережних відвалів (рис. 3.9).

Під час натурного обстеження території встановлено наявність 11 джерел.

Джерела фільтрації являють собою височування тікання у вигляді струмків, у деяких випадках у підніжжі відвалу сформовані озерця.

Джерело № 1 (тут і далі номери джерел фільтрації відповідають рис. 3.9) є постійно існуючий струмок зі сформованим озерцем біля основи відвалу.

Джерело № 2 представлено неглибокою калюжею.

Джерела №3 та №4 – озерця з глибиною до 1 м.

Джерело №5 займає велику площу розливу, неглибоке, але має велику ширину.

За всіма джерелами кілька разів на рік з 2001р по 2019 рр. відбираються проби води на хімічний аналіз. Результати лабораторних досліджень представлені у Додатку 1 (за даними лабораторії ПівдГЗК).

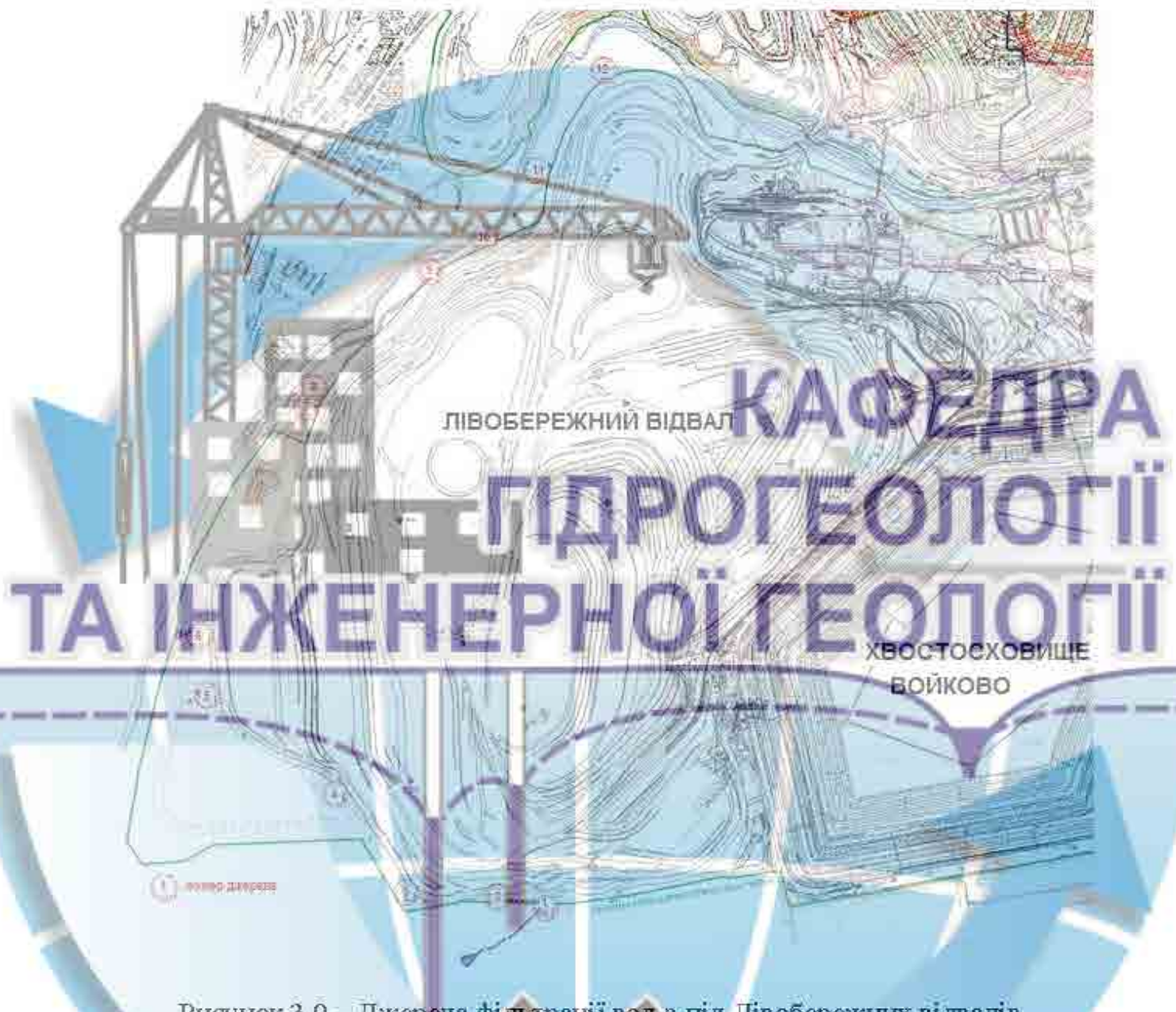


Рисунок 3.9 – Джерела фільтрації вод з-під Лівобережних відвалів

Найбільший розлив та інтенсивність має джерело №6. Джерела № 7 і №8 представлені невеликими каложками. Джерела № 10 та № 11 представлені довгими струмками. Джерело №12 не знайдено.

За всіма джерелами кілька разів на рік відбираються проби води на хімічний аналіз. Аналіз даних хімічного складу за джерелом 1 наведено на рисунках 3.10-3.12.

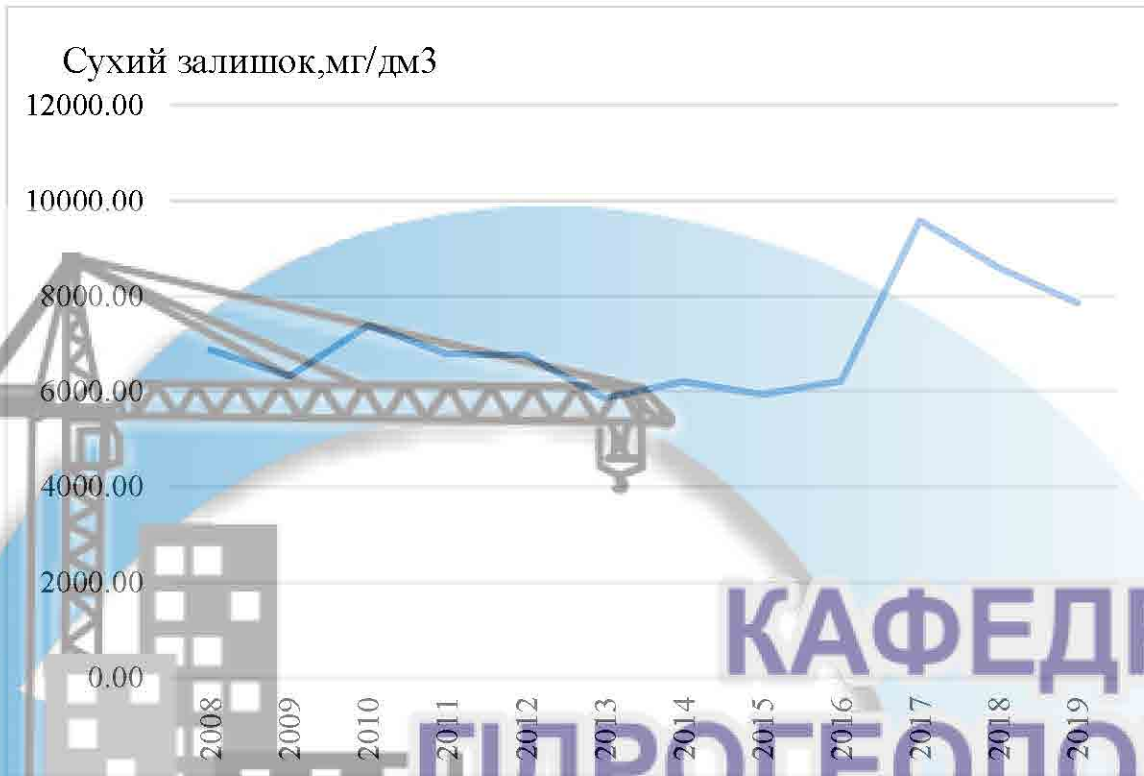


Рисунок 3.10 – Зміна сухого залишку в пробах води джерела 1

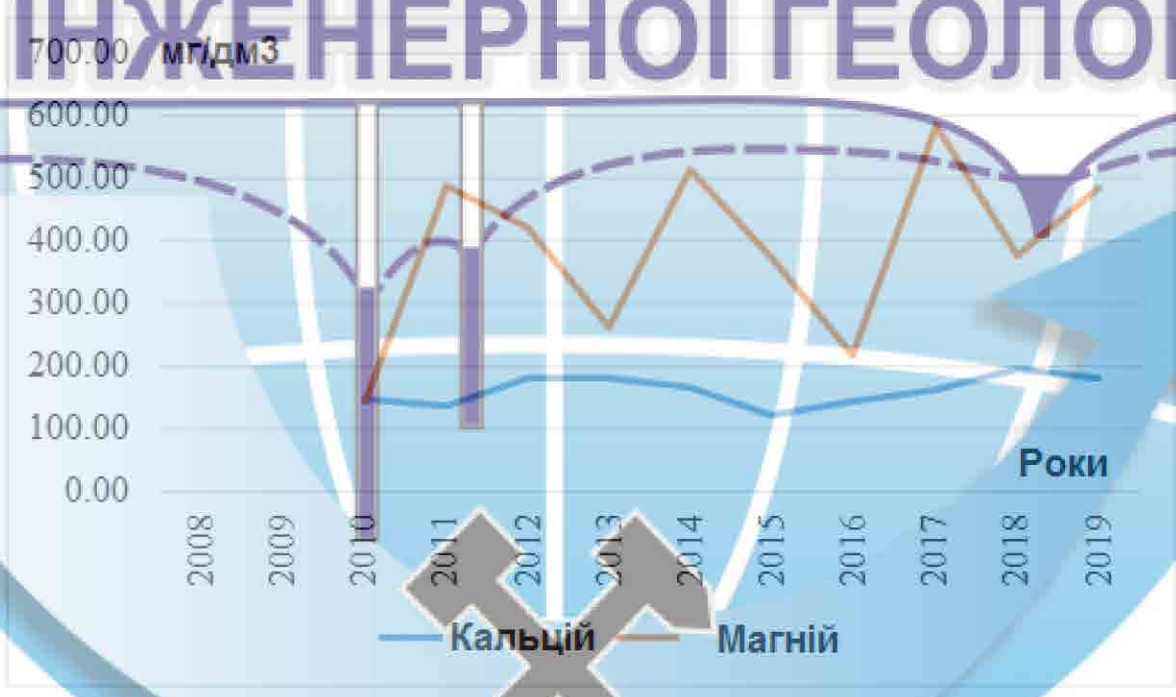


Рисунок 3.11 – Зміна вмісту кальцію та магнію у пробах води джерела № 1



Рисунок 3.12 – Зміна вмісту хлоридів та сульфатів у пробах води джерела № 1

Наведені дані свідчать, що сухий залишок поступово збільшується в пробах води, а вміст кальцію з невеликим підвищенням. Вміст магнію нестабільний і коливається у значних межах. Відзначено значне збільшення вмісту хлоридів у пробах води та скорочення сульфатів.

На рисунку 3.13 показана витрата джерела № 1 суміщена з графіком атмосферних опадів.



Рисунок 3.13– Витрата джерела № 1

Як видно з графіка на рисунку 3.12 витрата джерела № 1 має сезонну залежність від опадів.

Також можна зазначити, що з 2015 р. витрати джерела помітно збільшилися. Максимальні його значення характерні для зимового та весняного періоду. Таким чином, режим джерела № 1 характеризується наявністю і поверхневого та підземного стоку.

За джерелом № 2 дані наведено на рис. 3.14-3.16.



Рисунок 3.14 – Зміна сухого залишку (мг/дм³) у пробах води з джерела №2

Зміна вмісту сухого залишку в пробах води із джерела №2 коливається у значних межах.

Вміст у пробах води кальцію та магнію також нестабільний, відзначено деяке збільшення цих елементів.

У пробах води досить великий вміст сульфатів та стабільний вміст хлоридів.

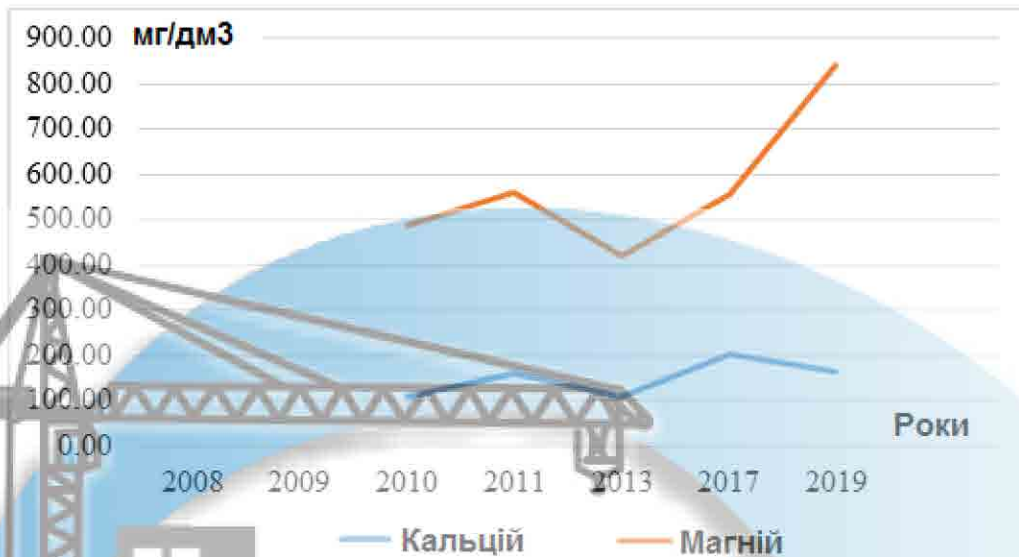


Рисунок 3.15 – Зміна вмісту кальцію та магнію у пробах води з джерела №2

Витрати за джерелом № 2 не визначалися, оскільки саме джерело є невеликою калюжею зі стоячою водою. Важливим також є те, що джерело № 2 з'явилося порівняно нещодавно – у III кварталі 2017 р. Водночас за 2,5 роки параметри джерела не змінилися, що дає змогу визначити його як місце накопичення атмосферних опадів.



Рисунок 3.16 – Зміна вмісту хлоридів і сульфатів в пробах води джерела №2

Джерело №3 представлено невеликим неглибоким озерцем із практично стоячою водою. Хімічний склад вод джерела близький за складом до вод джерела № 2, проте вміст магнію та нітратів більше, а кальцію, хлоридів та

сульфатів менше. Витрата джерела вимірювалася один раз у жовтні 2019 року і становить 2,67 м³/год. Його параметри, розташування та режим дозволяють віднести джерело до місця накопичення атмосферних опадів.

Джерело №4 на початок спостережень (2003 р.) було представлено незначною заболоченістю, потім маленьким озерцем із витратою 1-1,5 м³/год. З 2010 р. джерело перетворилося на струмок, витрата наведена на рис. 3.17.

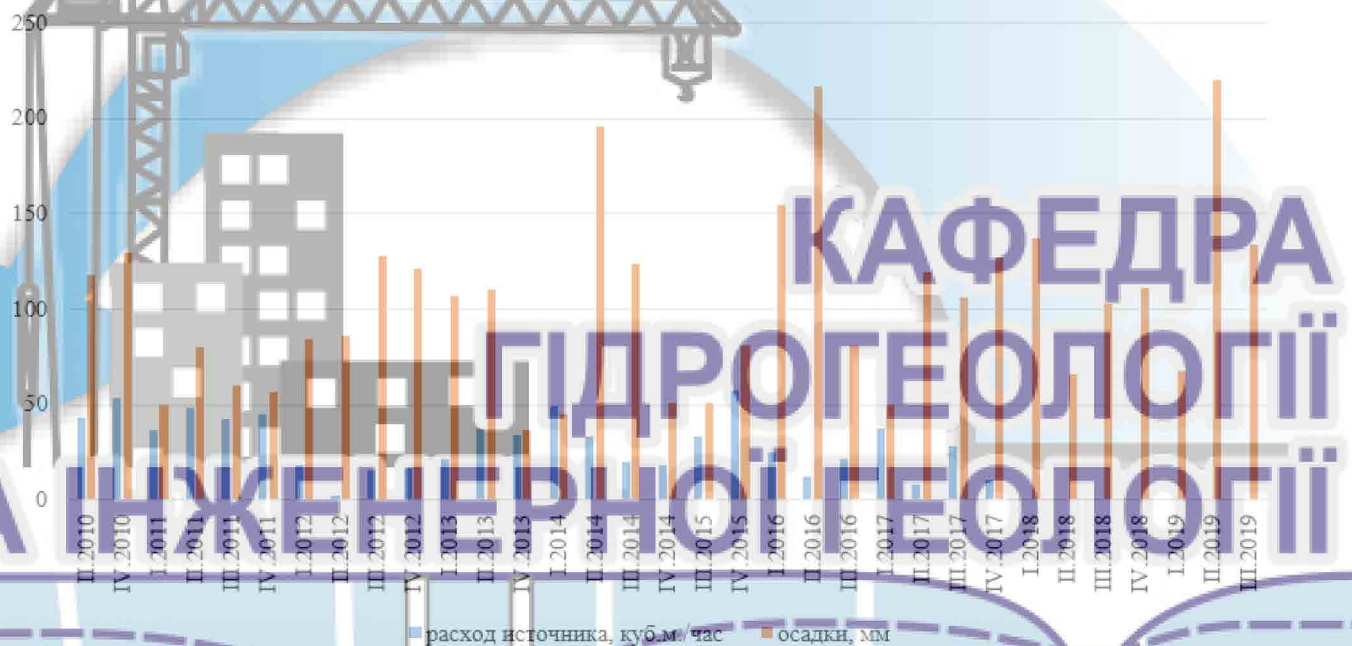


Рисунок 3.17 – Витрата джерела №4 та кількість атмосферних опадів

У I кварталі 2018 р. територію розташування джерела було завантажено розвитком відвалу, внаслідок чого джерело спочатку зникло, потім з'явилося у вигляді невеликої калюжі. Вода у джерела практично стояча, витрата не вимірювалася.

За даними ранніх визначень витрат джерела (див. рис. 3.17) відзначається сезонне коливання витрат і непряма залежність від кількості опадів, таким чином, джерело має живлення як від поверхневого так і від підземного стоку.

Дуже високий вміст сухого залишку відзначено у пробах з джерела №4 (рис. 3.18)

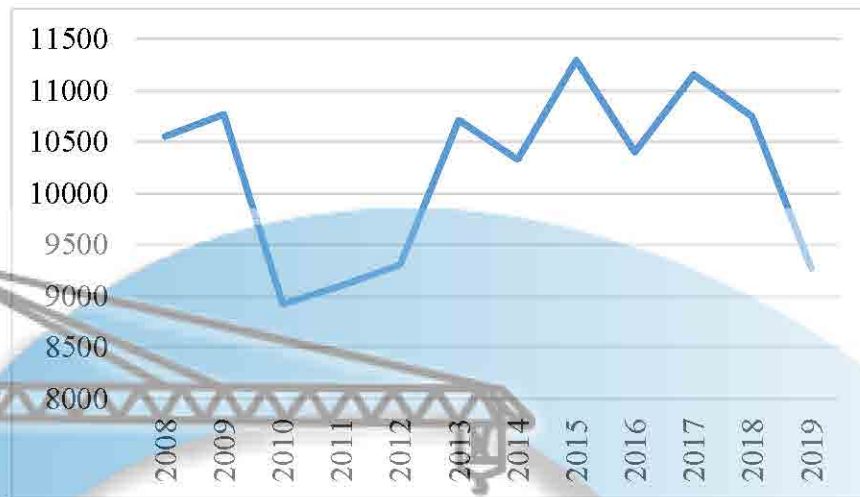


Рисунок 3.18 – Зміна сухого залишку (мг/дм³) в пробах джерела 4

Коливання вмісту кальцію та магнію від 190 до 1000 г/дм³ зафіксовано в пробах джерела 4 (рис.3.19).

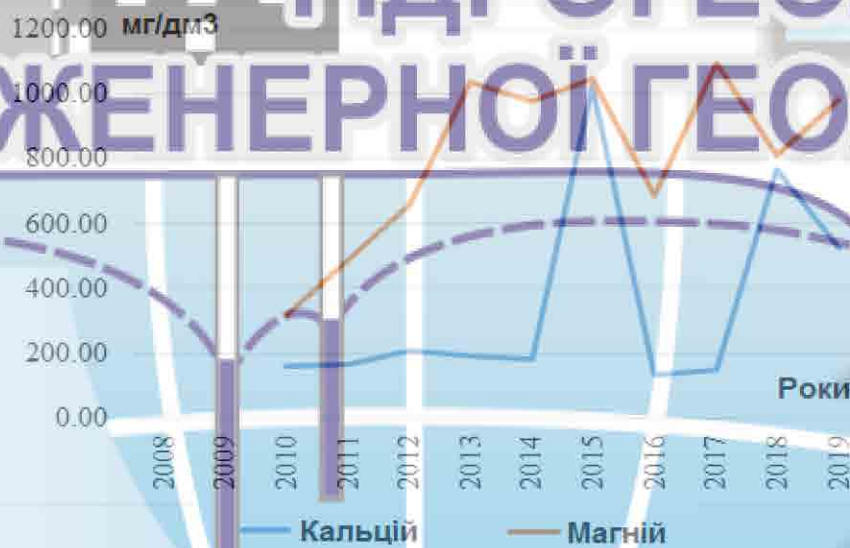


Рисунок 3.19– Зміна вмісту кальцію та магнію в пробах води з джерела № 4

Вміст хлоридів та сульфатів надзвичайно високий (рис.3.20).

Хімічний склад вод із джерела № 4 дозволяє припустити, що його харчування відбувається за рахунок втече з ставка відстійника шахтних вод у б. Свистунова, що підтверджується аналізом сформованого потоку підземних вод, результати якого наведено у п.3.1 цієї роботи.

Аналогічна ситуація спостерігається за пробами води із джерел №№ 5,6 та 7.

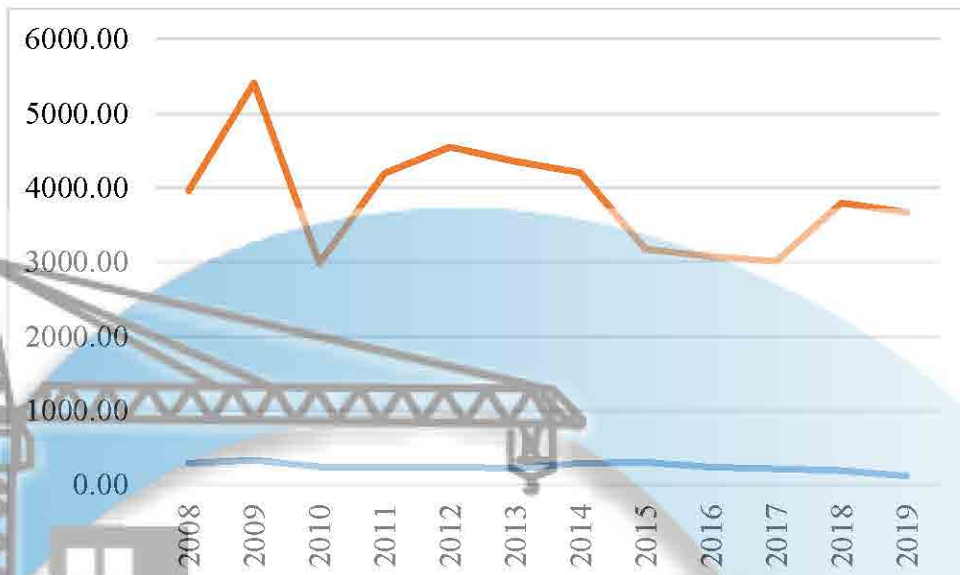


Рисунок 3.20 – Зміна вмісту хлоридів та сульфатів у пробах води із джерела № 4

Джерело № 5 з'явилося у II кварталі 2019 р. Витрата не визначалася. Джерело № 6 у 2004 р. мало витрату 3 м³/год. В даний час витрата складає близько 120 м³/годину.

На рисунку 3.21 показано динаміку зміни витрати за джерелом № 6.

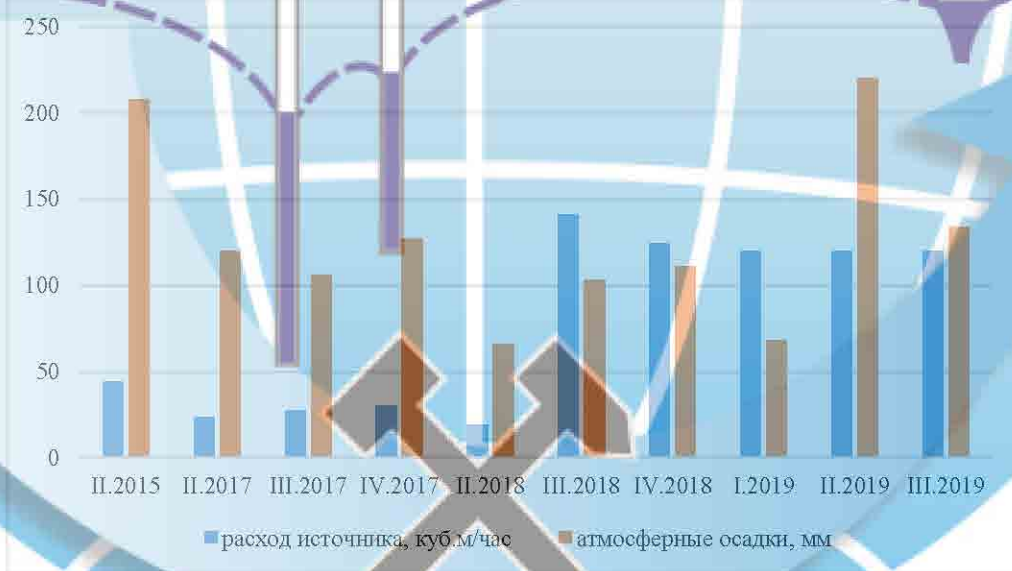


Рисунок 3.21 – Динаміка зміни витрат води джерела № 6

Хімічний склад вод із джерела № 6, його витрата та аналіз потоку підземних вод (див. п.3.1 даної роботи) дозволяє припустити, що його харчування відбувається за рахунок витоку з ставка відстійника шахтних вод у

б. Свистунова. Джерело займає велику площу на витоці, приблизно 25-30 м за шириною і розтікається до р. Інгулець.

Джерела №№ 7-8 є калюжами під відвалом. Джерела №№ 9-11 представлені струмками. Витрата зазначених джерел наведено на рисунку 3.22.



Рисунок 3.22 – Витрати джерел №№9, 10, 11

Найбільша витрата характерна для джерела № 11, яке розташоване на місці б. Скелевата і є відновленням природним стоком з території. При цьому через відсутність прямої залежності від кількості атмосферних опадів, можна говорити про те, що джерело підживлюється підземним стоком.

Джерела №№ 9-10 відрізняються невеликою витратою та її характер істотно відрізняється від джерела № 11, що дозволяє визначити інше їхнє походження. Можна відзначити, що витрати джерел №9-10 добре корелює з кількістю атмосферних опадів. Отже, джерела можуть бути результатом поверхневого стоку атмосферних опадів із поверхні відвалу.

На рисунках 3.23-3.25 виконано порівняння вміст окремих елементів та забруднюючих речовин у пробах води із джерел фільтрації на 10.10.2019.

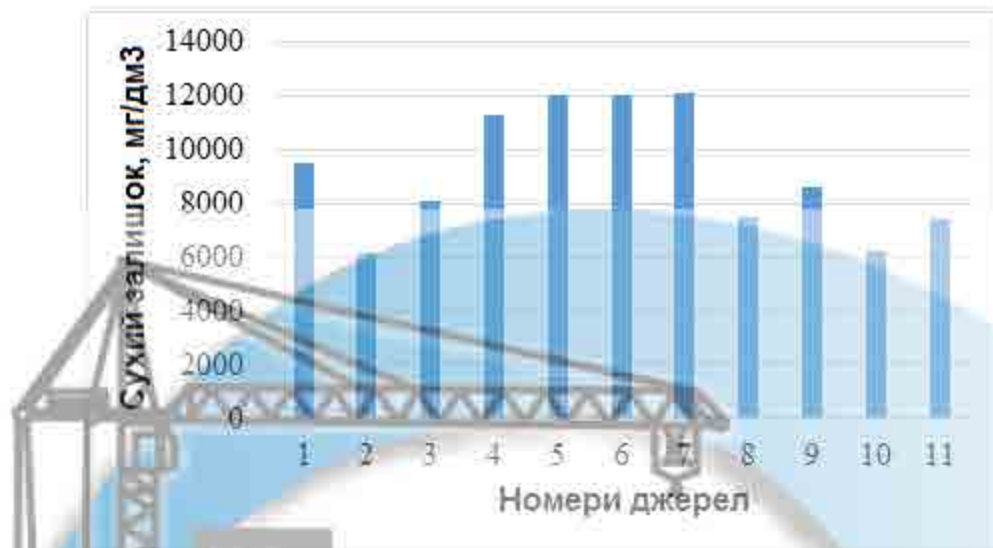


Рисунок 3.23 – Вміст сухого залишку у пробах води за джерелами фільтрації (на 10.10.2019)

Як видно із рис. 3.23 найменша кількість сухого залишку характерна для джерел 2, 3, 8, 9, 10, 11, а найбільша – для джерел 4, 5, 6, 7.

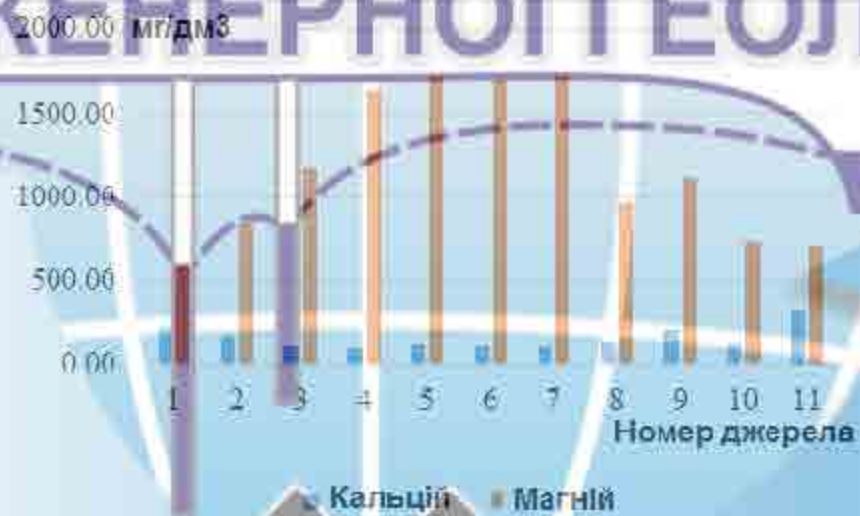


Рисунок 3.24 – Вміст кальцію та магнію у пробах води за джерелами фільтрації (на 10.10.2019)

За даними рисунку 3.24 очевидно, що найбільший вміст магнію відзначається у джерелах №№ 4, 5, 6, 7, а в інших значно менше. Вміст магнію, навпаки, менший у пробах із джерел №№ 4, 5, 6, 7, а найбільший у №№ 1 та 11.



Рисунок 3.25 – Вміст хлоридів та сульфатів у пробах води за джерелами фільтрації (на 10.10.2019)

На рис. 3.25 показано вміст хлоридів та сульфатів у пробах води із джерел фільтрації. Найменший вміст хлоридів зафіксований у джерелах 2, 3, 4, 10, а найбільший у джерелах 1 і 11. Найменший вміст сульфатів відзначається у джерелах 1, 9, 11, а найбільший у джерелах 8, 2, 4, 5, 6, 7, 10.

У джерелах 5, 6, 7 відзначається досить високий вміст фосфатів. Високий вміст азоту амонійного притаманно джерел №№11, 2, 8, 9, 10. Для встановлення природи формування джерел виконано аналіз хімічного складу підземних вод.

Найбільший рівень мінералізації зафіксований у водоносному горизонті чотвертинних відкладень. Для проб води з цього водоносного горизонту характерний високий вміст сухого залишку, кальцію та магнію. Особливо високе забруднення відзначається у св. 2129, 4н, 8н, 227, 1743, 2131, 1735. Всі свердловини розташовуються на шляху розвантаження потоку, більша частина з них розташовується із західного боку відвалу.

Для вод неогенового водоносного горизонту характерний високий вміст сухого залишку та хлоридів за відносно малого вмісту сульфатів.

Найменше мінералізована вода горизонту кристалічних порід, особливо по свердловинах 2н, 138.

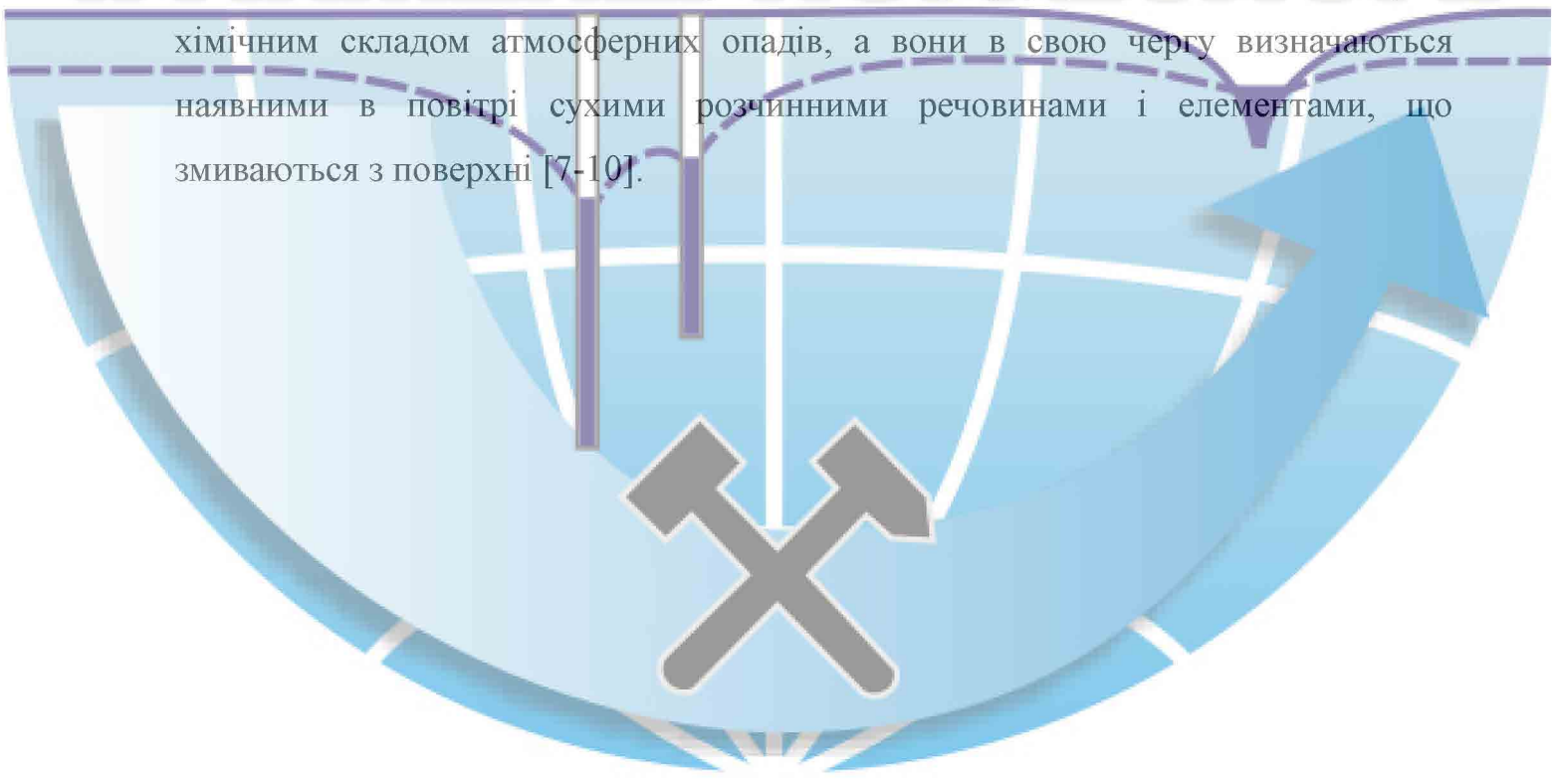
Хімічний склад підземних вод, напрям руху потоку підземних вод, а також розташування і хімічний склад води з джерел фільтрації дають можливість припускати, що джерела 5, 6, 7, 8 можуть бути виходами на поверхню водоносного горизонту четвертинних відкладень або змішаного виходу четвертинних водоносних горизонтів і неогенових відкладень, що підживлюються водами із ставка накопичувача шахтних вод у б. Свистунова.

Джерела № 1 і 11 є відновленим стоком, оскільки розташовуються в гирлі балок, що раніше існували, Вовча і Скелеватська. Їх ліквідація та перехоплення неможливе.

Розташування, характер випікання, рельєф місцевості та хімічний склад вод із джерел 2, 3, 4, 9, 10 дозволяє припустити, що вони формуються за рахунок поверхневого стоку атмосферних опадів.

Хімічний склад вод поверхневого стоку формується більшою мірою хімічним складом атмосферних опадів, а вони в свою чергу визначаються наявними в повітрі сухими розчинними речовинами і елементами, що змиваються з поверхні [7-10].

КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



4 ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЕНОГО РЕЖИМУ ПІДЗЕМНИХ ВОД В ЗОНІ ВПЛИВУ ВІДВАЛІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Підняття рівня підземних вод і, як наслідок, підтоплення населених пунктів відбувається через запобігання природному руху вод порушеними гірничими роботами територіями та техногенними об'єктами, такими як відвали, хвостосховища [11-15]. Об'єм води залишається той самий, але площа його поширення зменшується; змінюється напрямок руху підземних вод – вони оминають перешкоду. Таким чином, при зміні площ порушених техногенних та природних середовищ у межах водного басейну, водний баланс змінюється. Виходячи з цього, величина підвищення рівня підземних вод дорівнює [11]:

$$h = \int_0^T \frac{m_0}{S_0} \frac{dS}{dt} dt, \quad (4.1)$$

де S_0 – площа непорушених земель у момент часу, прийнята за точку відліку (початкова площа земель, у яких не порушено гірничими роботами стан водного середовища); m_0 – початкова потужність водовмісних порід; $\frac{dS}{dt}$ – швидкість порушення природного геологічного середовища під впливом гірничих робіт.

При прогнозуванні зміни стану геологічного середовища при розробці родовища корисних копалин висоту h_p , на величину якої збільшиться рівень підземних вод, можна визначити так

$$h_p = \frac{(h_{OC} - h_i) S_d K_{st} K'_{st}}{S - S_d}, \text{ м}, \quad (4.2)$$

де h_{OC} - атмосферні опади, м; h_i - випаровування, м; приймаємо однаковим у природному та техногенному геологічних середовищах (хоча це і не так, і вимагає досліджень у конкретних умовах); K_{st} , K'_{st} - коефіцієнти стоку відповідно в природному та техногенному геологічних середовищах; S , S_d – відповідно вся площа і порушена, що розглядається, м².

Спростивши вираз (4.2) величину підняття рівня підземних вод можна аналітично визначити як

$$h = \frac{\Sigma m \cdot S_d}{(S - S_d)}, \text{ м} \quad (4.3)$$

де h - величина підняття рівня підземних вод; Σm - сумарна потужність водоносних горизонтів, м; S_d - площа, порушена гірничими роботами, м^2 ; S - площа вододілу в зоні впливу відвалу, що розширюється, м^2 .

Суму потужностей горизонтів підземних вод складено з четвертинного (техногенного) горизонту підземних вод, горизонту неогенових відкладень та кристалічних порід.

Враховуємо, що фільтрація вод із хвостосховищ, проммайданчика, житлової зони є усталеною і на режим підземних вод надалі не вплине.

При розвитку Лівобережних відвалів середня величина підняття рівня підземних вод становитиме

$$h_{np} = \frac{17 \cdot 750000}{82000000 - 750000} = 0,16 \text{ м}$$

Обчислений підйом рівня підземних вод становитиме від 0,05 до 0,25 м.

У той же час через наявність джерел фільтрації з-під відвалу на формування рівня підземних вод і відповідно підтоплення відвалу вплине об'єм поверхневого стоку, що збирається під відвалом і фільтрується на поверхню за 7 джерелами з 11.

Тому необхідно встановити об'єм поверхневого стоку.

Середньорічний обсяг поверхневих стічних вод, що утворюються на селитебних територіях та майданчиках підприємств у період випадання дощів, танення снігу та миття дорожніх покриттів, визначається за формулою [11]:

$$W_r = W_d + W_r + W_m \quad (4.4)$$

де W_d , W_m і W_m - середньорічний обсяг дощових, талих та поливо мийних вод, м^3 .

Середньорічний обсяг дощових (W_d) та талих (W_m) вод, що стікають з селитебних територій та промислових майданчиків, визначається за формулами:

$$W_d = 10 h_d \Psi_d F \quad (4.5)$$

$$W_m = 10 h_m \Psi_m F \quad (4.6)$$

де F – загальна площа стоку, га; h_d – шар опадів, мм, за теплий період року, визначається за [6]; h_m – шар опадів, мм, за холодний період року (визначає загальну річну кількість талих вод) або запас води в сніговому покриві до початку сніготанення, визначається; Ψ_d і Ψ_m – загальний коефіцієнт стоку дощових та талих вод, приймаємо рівним 0,1, так як поверхня стоку дуже високопроникна.

У розрахунку приймаємо всю поверхню Лівобережних відвалів, оскільки в дренажну систему по східному кордону відвалу води не надходять, що дає підстави припускати, що вся вода збирається в основі відвалу і фільтрується із західного боку. Приймаємо проектну площу відвалу 995 га, оскільки розрахунок виконується на розвиток відвалу.

$$W_d = 10 \cdot 309 \cdot 995 \cdot 0,1 = 307\,455 \text{ м}^3/\text{рік}$$

$$W_m = 10 \cdot 166 \cdot 995 \cdot 0,1 = 165\,170 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Приймаємо відсутність поливомийних вод. Тоді середньорічний обсяг поверхневих стічних вод складе

$$W_r = 307455 + 165170 = 472\,625 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Таким чином, стік з поверхні відвалу становить 472 625 м³/рік. У той же час не весь стік необхідно збирати, оскільки частина його інфільтрується у водоносні горизонти, здійснюючи їхнє живлення.

5 ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЇ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ

Ситуація, що склалася з формуванням та природою джерел фільтрації вод з під Лівобережних відвалів, вимагає прийняття технічних рішень щодо запобігання підйому рівня води та потрапляння стічних вод з поверхні відвалу до природної гідрографічної мережі.

У роботі встановлено, що між Лівобережними відвалами та хвостосховищем «Войково» у спостережних свердловинах вода відсутня, а існуюча дренажна система залишається сухою.

У зв'язку з цим пропонується відводити води, що вже надійшли і надходять, із західної, південної і північної сторін.

Для вирішення проблеми обводнення основи відвалу можна запропонувати прокладку вздовж кінцевого контуру відвалу дренажної та водовідвідної каналу [16]. У цьому варіанті пропонується закласти каналу на глибину від 2 м без кріплення стінок. Закладення стін 35°. Ухил каналу 1-2‰. Така конструкція дозволить дренувати і четвертинний (техногенний) водоносний горизонт і водоносний горизонт неогенових відкладень, який у цій частині виходить під поверхню. Також вона буде служити для збирання та відведення поверхневого стоку з відвалу та витоків з-під відвалу.

Визначимо розмір та характеристики такої каналу. Визначимо величину гідравлічного градієнту та швидкості потоку. Максимальна величина гідравлічного градієнта визначається за формулою

$$I = \Delta H / l$$

де ΔH – максимальний перепад відміток рівня ґрунтової води, що встановився, в сусідніх точках (свердловинах) на карті, м; l – відстань між цими точками (свердловини).

Максимальний перепад відміток рівня ґрунтової води, що встановився, характерний для свердловин №№ 8н і 1735.

$$I = (12,98 - 5,40) / 1125 = 0,0067$$

Максимальні в межах ділянки швидкості ґрунтового потоку, що здається V і дійсна V_D (м/доб) визначаються за формулами: $V = k \cdot I$;

$$V_D = V/n,$$

де k - коефіцієнт фільтрації водовміщуючих порід, м/доб; n - пористість водовмісних порід в д.од.

$$V = 0,25 \cdot 0,0067 = 0,0017 \text{ м/доб};$$

$$V_D = 0,0017 / 0,4 = 0,004 \text{ м/доб},$$

Приплив води до дренажної траншеї (канави) залежатиме від її розмірів – довжини та глибини розтину водоносного горизонту.

При розташуванні дренажної канави по кінцевому контуру відвалу величина розтину водоносного горизонту складе від 0,2 до 0,5 м. При розрахунку враховуємо максимальний приплив відповідно до максимальної глибини розкриття водоносного горизонту.

Довжина дренажної траншеї при розташуванні її від джерела №11 до джерела №1 становитиме 5,5 км.

Тоді добовий приток у траншею становитиме

$$Q_{\text{підз}} = 5500 \cdot 0,5 \cdot 0,004 = 11 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

або питомий 0,002 м³/доб на одиницю довжини

Для визначення розмірів траншеї необхідно врахувати також поверхневий стік, який представлений дощовими водами (стоком із поверхні відвалу) та витокami з-під відвалу.

Сумарний приплив із джерел фільтрації складе 329,37 м³/год або $Q_{\text{дж}} = 7904,88 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Об'єм поверхневих стічних вод з поверхні відвалу визначено в розділі 4 і становить $W_T = 472625 \text{ м}^3/\text{рік} = 1294,86 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Визначаємо втрати за рахунок інфільтрації та випаровування. Втрати за рахунок інфільтрації в ґрунт становлять

$$q = kB$$

де k - коефіцієнт фільтрації; B – ширина потоку.

Для поверхневого стоку втрати за рахунок інфільтрації складають

$$q_{\text{пов}} = 0,25 \cdot 4200 = 1050 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Втрати на інфільтрацію з джерел

$$Q_{\text{дж}} = 0,25 \cdot 40 = 10 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Для розрахунку втрат з каналу приймаємо її розміри: глибина 2,0 м, ширина внизу 0,5 м, ширина вгорі – 6,1 м. Втрати на інфільтрацію з каналу

$$q_{\text{кан}} = kB = k(b_0 + 2h) = 0,25(6,1 + 2 \cdot 0,5) = 1,78 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Сумарний приток з врахуванням втрат складає

$$Q = (Q_{\text{підз}} - q_{\text{кан}}) + (Q_{\text{дж}} - q_{\text{дж}}) + (W_{\text{Г}} - q_{\text{пов}}) = (11 - 1,78) + (7904,88 - 10) + (1294,86 - 1050) = 8148,96 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Середня багаторічна величина випаровування у безльодоставний період розраховується за формулою

$$W_{\text{вип}} = W_{0 \text{ вип}} \cdot S,$$

де $W_{\text{вип}}$ – середньо багаторічний обсяг води, що випаровується, тис. м³; S – площа акваторії водойми, км²; $W_{0 \text{ вип}}$ – величина випаровування з поверхні водойми, мм.

Середнє багаторічне випаровування з поверхні дренажної та водовідвідної каналу визначається за формулою

$$W_{0 \text{ вип}} = E_{20} K_n K_{\text{защ}} \beta$$

де E_{20} – середня багаторічна величина випаровування з водної поверхні з басейну випаровування площею 20 м, $E_{20} = 80$ см; K_n – поправочний коефіцієнт на глибину водойми, $K_n = 1$; $K_{\text{зах}}$ – поправочний коефіцієнт на захищеність водоймища від вітру деревною рослинністю, будовами, крутими берегами та іншими перешкодами, $K_{\text{зах}} = 0,96$; β – поправочний коефіцієнт на площу водоймища, $\beta = 1,03$.

$$W_{0 \text{ вип}} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,96 \cdot 1,03 = 0,79 \text{ м}$$

$$W_{\text{вип}} = 0,79 \cdot 33550 = 26504,5 \text{ м}^3/\text{доб} = 88,4 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Максимальний добовий об'єм води в траншеї

$$Q_{\text{сут}} = Q - W_{\text{вип}} = 8148,96 - 88,4 = 8060,56 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Визначимо можливість суфозії ґрунту для умови формування плоского потоку. Можливість розвитку суфозії можна визначити за графіком В. С. Істоміної (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Графік визначення суфозії (за Істоміною В.С.): I – область руйнівних градієнтів фільтраційного потоку; II – область безпечних (неруйнівних) градієнтів

Ступінь неоднорідності ґрунту $C_u = 9$.

$$i = S / (0,33R),$$

де S – глибина водозниження, м; $R = (rd - r)$ – шлях фільтрації, що дорівнює 20 м; 0,33 – коефіцієнт, що обмежує значний шлях фільтрації областю, що прилягає до котловану.

$$i = 0,25 / (0,33 \cdot 20) = 0,038$$

За графіком визначаємо, що при $C_u = 9$ та $i = 0,038$, що точки потрапляють у зону II – неруйнівних градієнтів. Отже, розвиток суфозії неможливий.

Перевагою даної канави є відведення поверхневих вод та дренавання підземних вод (осушення основи відвалу), що сприятиме підвищенню стійкості відвалу та запобігатиме потраплянню стічних вод з відвалу в поверхневу гідрографічну мережу.

ВИСНОВКИ

Криворізький залізорудний басейн розташований в межах Дніпропетровської області на правобережжі р. Дніпро і витягнутий смугою в північно-східному напрямку на 100 км вздовж річок Інгулець, Саксагань. Об'єкти гірничодобувної і переробної галузі сконцентровані в межах промислово-міської агломерації. Тут налічується понад 75 промислових підприємств, серед яких 5 гірничо-збагачувальних комбінатів, 9 кар'єрів, 7 діючих і 4 законсервовані шахти. Найбільший вплив на поверхневу та підземну гідросферу чинять гідроспороди, тому на поверхневих водотоках встановлені гідрологічні пости.

У стратиграфічному відношенні породи басейну представлено трьома комплексами: архейським, протерозойським та кайнозойським. У структурному відношенні Криворізький басейн представлений складним однокрилим синклініорієм. Він поділяється на Північне Криворіжжя, центральну частину та Південну.

Ділянка дослідження представлена відвалом Лівобережний ПівдГЗК, експлуатація та нарощування якого потребує оцінки гідрогеологічної ситуації в його підніжжі та розробки заходів попередження підтоплення.

Відвал Лівобережний розташований в Інгулецькому районі м. Кривий Ріг. В орогідрографічному відношенні приурочений до лівобережжя річки Інгулець. Проектна площа відвалу складає 995 га, а фактична – 835 га. Розмір відвалу у плані 2,9 км². Висота відвалу становить від 90 м до 130 м. Скельні розкривні породи укладені до абсолютної позначки +160.

Відвали, хвостосховища, ставок накопичувач та ін. об'єкти розташовані на балках. Так Лівобережні відвали повністю перекрыли б. Скелеватську і більшість б. Вовча та змінили природний рельєф території.

Четвертинні відкладення на вододілах представлені лесовидними суглинками, на схилах балок переважають делювіальні суглинки з прошарками пісків та глин. Алювіальні відкладення (піски, супіски, суглинки) розвинені в заплаві та на терасах річки Інгулець.

У районі виділяють три водоносні горизонти: у тріщинуватій зоні кристалічних порід, в осадових породах неогенової системи; у відкладах четвертинної системи. Зміни рівневого режиму підземних вод досліджені за мережею моніторингових свердловин.

За рівнем водоносного горизонту четвертинних відкладень спостерігається загальна тенденція коливання рівня, що обумовлена як природними, так і техногенними чинниками.

За період тривалих спостережень встановлено 12 джерел фільтрації води навколо Лівобережних відвалів. Вони представляють собою струмки та озерця глибиною до 1 м з витратами від 18 до 340 м³/год.

Аналіз розташування джерел фільтрації, хімічного складу проб води дозволили встановити, що генезис джерел фільтрації різний. Одні з них є природним стоком (джерела № 1 і 11), інші (джерела № 2, 3, 8, 9, 10) - являють собою регулярний стік атмосферних опадів, а треті (джерела № 4, 5, 6, 7) є виходом підземних вод.

Встановлено, що при розвитку відвалу до проектного контуру можливе підвищення рівня підземних вод на 0,05 на 0,25 м. Основну небезпеку в підтопленні основи відвалу становлять атмосферні опади, які накопичуються на підставі та фільтруються з-під нього.

Для забезпечення безпечної експлуатації відвалу та захисту навколишнього середовища від забруднення стічними водами, пропонується вздовж контуру відвалу по південній, південно-західній, західній та північно-західній сторонах прокласти дренажну та/або водовідвідну каналу. з дренаванням водоносного горизонту. Глибина закладання від 2,0 м з ухилом 1%. Пропонується потік розділити на дві частини – Північний та Південний. Води з Північної частини каналу пропонується спрямовувати самопливом на існуючі очисні споруди, а потік з Південної частини – збирати в тимчасовий накопичувач і насосами перекачувати або на очисні споруди або у ставок-накопичувач шахтних вод.

Список використаних джерел

1. Багрій І.Д., Білоус А.М., Гожик П.Ф. та ін. Система геоecологічного моніторингу Криворізького залізорудного басейну: обґрунтування та концепція // Геол. журнал. – 1998. – №3-4. – С. 139-146.
2. Багрій І.Д., Блінов П.В., Белокопитова Н.А. та ін. Геоecологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. – К.: Фенікс, 2002. – 190 с.
3. Хільчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунар'ов О.В. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. К.: Ніка-Центр, 2012. – 180 с.
4. Беседа М.І., Кухар В.В., Яковлев Є.О. (редактор). Огляд з регіональної оцінки еколого-геологічних умов гірничо-промислових регіонів України. ДГП "Геоінформ". - Київ, 1998, 32с.
5. Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка / [С.О. Довгий, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев (наук. ред.), М.М. Курило, О.М. Трофимчук, С.М. Чумаченко, Є.О. Яковлев, М.В. Беліцька] НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2016. – 172 с.
6. Рубан С.А., Ніколішина А.В. Ґрунтові води України. ДВ УкрДГРІ, Дніпропетровськ, 2005. 426с.
7. ВАТ «ПВДЗГ». Реконструкція кар'єру у зв'язку з його поглибленням з метою підтримки потужності комбінату, II черга (до 2020 р.). Проект. Розрахунок стійкості Лівобережних відвалів: Звіт про НДР; рук. Ніколашин Ю.М., відп. вик. Шевченка Д.О. – Кривий Ріг: КТУ, 2009. – 65 с.
8. Дослідження параметрів порушених та техногенних геологічних середовищ та розробка класифікації за суттєвими природними, фізико-технічними та екологічними ознаками: звіт про НДР (проміжний). Том 1; рук. Четверик М.С., відп. вик. Бубнова О.О. – Дніпро: ІДТМ НАНУ, 2016. – 208 с.
9. Стан підземних вод України, щорічник Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство

«Державний інформаційний геологічний фонд України», 2018. 121 с.

10. Розширення та реконструкція хвостового господарства та оборотного водопостачання для підтримки потужності НКГЗК та ПівдГЗК з улаштуванням хвостосховищ на новому майданчику. Звіт про інженерно-геологічні дослідження та геофізичні дослідження. Стадія проектування -ТЕО, Книга 3, «Енергопроект», Київ 2000.

11. Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з територій міст і промислових підприємств : ДСТУ 3013-95. – К.: Держстандарт України, 1995. – 14 с.

12. Концептуальні основи поліпшення стану довкілля гірничовидобувних районів України / [М.М. Коржнев, В.С. Міщенко, В.М. Шестопапов, Є.О. Яковлев]. – К.: РВПС НАНУ, 2002. – 76 с.

13. Маяков Й.Д., Кулькова Т.М. Екологічна оцінка стану навколишнього середовища. Деякі чинники техногенезу // Геологічне середовище антропогенної екосистеми. – Кривий Ріг: ОКТАН ПРИНТ, 2002. – 112 с.

14. Четверик М.С., Бубнова Є.А., Уварова Л.І. Вплив порушення геологічного середовища при гірничих роботах на підтоплення територій // Металургійна та гірничорудна промисловість. 2005. №3. З. 80-83.

15. ДБН В.1.1 -25-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення

16. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016



Результати хімічних аналізів води джерел

Дата відбору	№№ джерела	рН	Сухий залишок, мг/дм ³	Жорсткість, ммоль/дм ³			Бікарбонати, мг/дм ³	Кальцій		Магній		Хлориди, мг/дм ³	Сульфати, мг/дм ³	Нітрати, мг/дм ³	Нітриди, мг/дм ³	Фосфати, мг/дм ³	Азот амонійний, мг/дм ³
				Карбонатна	Загальна	Некарбонатна		мг/дм ³	мг-екв/дм ³	мг/дм ³	мг-екв/дм ³						
10.10.2019г.	1	8,63	9490	7,23	60,46	53,23	441,03	218,72	10,91	585,12	48,12	3097,28	1940,22	9,70	<0,03	<0,05	2,08
	2	8,78	6134	8,53	78,74	70,21	520,33	163,27	8,15	841,56	69,21	71,96	3960,28	23,92	0,228	<0,05	3,25
	3	8,89	8118	9,58	106,55	96,97	584,38	104,50	5,21	1177,37	96,82	47,55	3286,24	36,80	<0,03	0,066	3,02
	4	8,69	11312	9,68	149,04	139,36	590,48	96,84	4,83	1634,59	134,42	49,36	3875,10	60,14	0,096	<0,05	<0,1
	5	8,77	12007	13,05	153,68	140,63	796,05	116,01	5,79	1722,49	141,65	123,49	3851,23	77,50	0,041	0,365	2,26
	6	8,76	12054	12,98	150,84	137,86	791,78	104,25	5,20	1699,40	139,75	144,29	3450,43	69,41	<0,03	0,159	<0,1
	7	8,71	12090	13,83	152,39	138,56	843,63	108,85	5,43	1711,64	140,76	114,45	3697,33	72,61	0,213	0,149	2,02
	8	8,64	7525	9,73	93,68	83,95	593,53	134,91	6,73	966,52	79,48	92,76	4338,44	50,42	<0,03	<0,05	3,09
	9	7,81	8643	8,63	105,01	96,38	526,43	198,53	9,91	1113,19	91,55	326,54	2642,24	49,01	<0,03	0,126	3,07
	10	8,80	6203	7,23	78,74	71,51	441,03	123,67	6,17	733,50	60,32	87,33	3428,21	39,70	<0,03	0,150	2,93
	11	8,03	7446	7,43	73,59	66,16	453,23	325,01	16,22	715,04	58,80	1196,06	2959,92	45,30	<0,03	0,079	4,08
23.09.2019г.	4	8,70	11201	12,43	145,82	133,39	758,23	171,11	8,54	1256,33	103,32	148,47	3945,87	34,58	0,066	<0,05	15,02
	6	8,72	11746	14,80	148,48	133,68	902,80	188,78	9,42	1464,43	120,43	202,87	3251,26	66,71	<0,03	0,153	7,30
	1	8,57	8632	8,28	73,07	64,79	505,08	202,78	10,12	286,79	23,58	2880,71	2094,54	16,91	<0,03	<0,05	1,81
10.06.2019г.	6	8,53	10246	13,43	116,47	103,04	819,23	123,20	6,15	1380,04	113,49	213,41	3936,00	94,33	0,087	<0,05	0,11

	1	8,57	4818	8,48	45,30	36,82	517,28	104,49	5,21	486,41	40,00	1074,23	1728,30	20,96	<0,03	0,365	1,59
	4	8,33	5841	14,53	74,40	59,87	886,33	69,50	3,47	862,67	70,94	105,99	3199,00	53,53	0,037	0,130	1,79
25.03.2019г.	1	8,14	8457	9,35	67,33	57,98	570,35	203,42	10,15	579,39	47,65	3064,91	1970,67	12,06	<0,03	0,382	<0,1
	6	8,38	10095	12,93	130,08	117,15	788,73	1886,66	94,14	414,35	34,07	449,54	3737,65	86,78	<0,03	0,442	2,42
	4	8,53	8742	10,85	115,58	104,73	661,85	1759,40	87,79	178,70	14,70	144,65	3652,06	75,84	0,081	0,167	1,95
2018	1	8,18	8597	7,51	61,22	53,72	457,81	194,26	9,69	376,62	30,98	2706,29	2174,16	13,49	0,01	0,050	1,80
	4	8,19	10745	9,98	131,16	121,18	608,78	768,88	38,37	813,92	66,94	186,44	3794,58	101,37	0,725	0,045	2,65
	6	8,39	10809	13,00	129,08	116,08	793,20	598,96	29,89	972,55	79,98	161,45	3913,23	2394,28	0,075	0,144	3,98
2017	1	8,19	9580	9,82	77,84	68,01	599,17	161,26	8,05	586,74	48,25	2324,11	2769,29	36,16	<0,03	0,030	3,33
	3	8,61	7597	6,43	87,83	81,41	391,93	225,57	11,26	472,90	38,89	306,76	3727,78	50,32	<0,03	0,159	0,30
	2	8,58	7398	6,82	87,96	81,14	415,72	200,60	10,01	555,05	45,65	319,57	3648,15	56,17	<0,03	0,152	1,09
	11	8,31	7565	6,88	75,21	68,33	419,38	377,47	18,84	456,03	37,50	1356,41	2651,92	55,36	0,02	0,043	0,35
	4	8,52	11154	10,22	135,04	124,82	623,57	149,38	7,45	1100,31	90,49	211,94	3007,86	125,75	<0,03	0,060	4,34
	6	8,61	10205	12,74	121,77	109,03	776,94	97,27	4,85	829,78	68,24	209,58	3752,47	87,51	<0,03	0,070	3,35
2016	1	8,26	6213	7,45	67,86	60,41	454,60	143,43	7,16	217,09	17,85	885,40	2629,90	17,46	0,03	0,060	2,20
	4	7,68	10608	12,50	139,41	126,91	762,70	494,92	24,70	807,82	63,69	272,98	3766,73	87,52	0,030	0,090	0,24
2015	1	8,10	5932	6,95	60,84	53,90	423,75	122,16	6,09	373,26	46,05	399,41	2516,19	32,57	0,02	<0,07	0,14
	4	8,43	11294	9,50	142,60	133,10	579,30	1026,60	51,23	1051,05	86,44	298,77	3170,50	148,27	<0,03	0,080	0,03
	6	8,35	10401	11,56	64,64	53,08	705,16	130,32	6,51	686,47	56,35	236,35	3073,74	75,37	0,061	0,130	<0,08
2014	1	8,34	6202	6,86	50,66	43,80	418,46	165,24	8,24	515,77	42,42	571,31	3460,72	40,23	<0,03	<0,053	0,10
	№3	7,94	9077	4,90	93,33	88,43	298,90	339,83	16,96	928,69	76,37	778,19			114,25		0,14
	4	8,19	10329	8,83	89,76	80,93	538,78	183,98	9,18	979,85	80,58	287,42	4201,21	153,85	0,122	0,120	0,03
	6	8,21	9875	10,31	78,62	68,31	628,91	143,95	7,18	868,14	71,44	237,69	4086,20	138,42	0,077	0,060	0,14

2013	1	8,47	5856	7,70	30,62	22,93	469,40	180,57	9,01	262,81	21,61	303,95	2397,40	54,54	н.ч.м.	0,080	0,63
	3	8,26	8856	4,78	57,79	53,01	291,28	186,92	9,33	589,28	48,46	687,58	3232,75	61,76		0,060	н.ч.м.
	2	8,33	5864	7,72	40,00	32,29	470,62	108,65	5,47	419,89	34,53	83,01	2440,20	49,45	н.ч.м.	0,05	н.ч.м.
	11	8,23	7730	7,12	45,70	38,59	434,02	309,44	15,44	367,97	30,26	1691,40	2442,67	61,78	н.ч.м.	<0,05	н.ч.м.
	4	8,46	10712	8,90	94,90	86,01	542,60	192,33	9,60	1037,33	85,31	217,27	4351,82	65,87	н.ч.м.	0,120	н.ч.м.
	6	8,54	1026	11,93	70,96	59,03	727,76	189,95	9,48	747,67	61,49	229,58	4391,95	64,32	0,025	0,070	н.ч.м.
2012	1	8,22	6758	7,79	43,67	42,54	475,04	180,08	8,99	421,70	34,68	574,94	3150,24	45,30	н.ч.м.	0,110	0,18
	3	8,19	9425	6,49	72,38	67,55	395,74	419,46	20,94	625,52	51,44	806,77	4001,53	80,75	н.ч.м.	0,170	0,085
	11	8,00	8255	6,41	56,03	56,52	391,16	478,37	23,87	391,05	32,16	1606,78	2811,58	58,40	н.ч.м.	0,060	0,18
	4	8,33	9303	10,04	65,08	67,40	612,28	210,42	10,50	663,64	54,58	238,66	4545,43	158,93	н.ч.м.	0,090	0,04
	6	8,37	9225	12,23	62,55	50,64	745,73	157,29	7,85	695,55	57,20	244,11	4205,84	103,18	0,033	0,150	0,19
2011	1	8,30	6781	9,84	47,06	39,23	600,08	135,22	6,75	490,37	40,32	654,16	3071,44	42,02	0,006	0,038	0,95
	3	8,10	8757	7,16	76,31	59,47	436,95	311,87	15,56	738,73	60,75	664,81	3796,81	87,79	н.ч.м.	0,140	2,23
	2	8,07	7001	6,26	54,03	51,12	382,05	158,07	7,89	561,43	46,13	200,90	3422,66	52,24	0,006	0,110	0,80
	11	7,61	7966	6,89	73,50	67,55	420,15	377,14	18,82	665,06	54,67	1472,88	2569,21	31,95	0,01	0,070	1,59
	4	8,29	9102	9,00	48,23	32,47	549,00	163,12	8,14	487,51	40,09	239,76	4195,25	85,79	0,059	0,070	0,05
	6	8,39	9311	10,47	111,81	114,25	638,48	201,34	10,05	1237,22	101,76	278,10	4576,84	121,57	0,05	0,160	6,22
2010	1	8,56	7383	8,45	19,25	10,80	515,45	147,20	7,35	144,66	11,90	1134,50	2792,53	31,94	н.ч.м.	н.ч.м.	1,06
	3	8,20	8705	7,63	64,78	57,15	465,13	261,94	13,05	629,10	51,73	529,28	3404,34	69,23	н.ч.м.	н.ч.м.	2,14
	2	8,27	8535	8,55	45,70	37,15	521,55	110,72	5,55	488,48	40,15	153,75	4527,70	56,29	н.ч.м.	н.ч.м.	0,81
	11	7,11	9955	6,95	64,38	57,43	423,95	358,92	17,90	565,20	46,48	1443,38	3538,81	20,40	н.ч.м.	н.ч.м.	0,92
	4	8,20	8922	9,90	34,00	24,10	603,90	161,11	8,03	315,91	25,98	240,40	2980,26	37,90	0,170	н.ч.м.	0,11

	6	8,29	6907	13,58	39,83	26,25	828,08	114,60	5,70	415,12	34,13	272,10	2897,26	77,57	0,110	н.ч.м.	2,68
2009	1	8,20	6316	7,90			478,90					265,00	3102,00				
	3	8,20	9052				433,10					743,00	5028,00				
	2	8,30	6444				329,40					335,00	4257,00				
	11	8,20	8689	9,50			581,50					1474,00	2944,00				
	4	8,30	10767	7,53			459,50					328,00	5410,00				
	6	8,30	7998	15,00			915,00					270,00	4415,00				
2008	1	8,40	6867		41,30		486,50	135,30	6,80	419,51	34,50	493,00	2751,00	46,20	0,01	0,10	1,50
	3	8,40	8892	6,98	18,95	12,00	425,40	278,10	13,90	62,30	5,10	1780,00	2854,00	35,40	0,06	0,10	0,40
	2	8,30	6667	7,80	35,30	27,50	477,30	142,80	7,10	342,00	28,20	281,00	3297,00	40,50	0,02	0,06	3,20
	11	8,50	8915	8,10	58,10	50,00	494,10	345,70	17,20	497,00	40,90	1416,00	2809,00	48,20	0,07	0,16	0,70
	4	8,50	10554		50,50		551,00	148,60	7,40	1034,60	85,10	286,00	3960,00	61,20	0,320	н.ч.м.	4,07
	6	8,70	8940		41,98			113,60	5,70	715,40	36,30	375,00	1297,00	87,80	0,680	0,03	3,60
2007	1	8,50	6777	7,70	27,70	32,20	471,40	175,70	8,80	398,30	32,80	528,70	3114,70	59,00	0,01	0,40	0,08
	3	8,40	9116	7,40	61,60	54,20	449,90	385,20	19,20	571,50	46,90	1003,30	3735,30	83,20	0,01	0,55	0,20
	2	8,50	7926	6,90	50,90	43,90	426,10	180,60	8,90	539,40	44,40	196,30	3555,00	64,90	0,01	0,40	0,60
	11	8,20	9121	6,70	67,50	60,80	407,20	435,10	21,70	623,50	51,30	1636,00	2685,00	55,80	н.ч.м.	0,50	0,30
	4	8,55	9434	9,70	89,90	80,20	593,20	183,30	9,20	1013,70	83,30	264,00	3861,00	99,90	0,090	0,40	0,70
	6	8,60	8801	10,90	68,80	57,90	666,30	554,00	27,70	499,30	41,10	309,30	3658,50	102,40	н.ч.м.	0,44	0,04
2006	1	8,30	6704	6,10	68,40	62,30	370,20	160,20	8,00	738,90	60,40	230,70	3557,30	64,20	0,004		1,97
	3	8,20	9544	6,20	76,70	70,40	380,20	350,80	17,50	719,60	59,20	820,00	4221,00	31,10	0,05	-	0,40
	2	8,30	6508	4,80	39,40	34,70	290,80	168,60	8,42	668,80	55,00	189,30	3450,70	46,20	0,003	-	0,40

	11	8,10	8010	5,80	72,30	66,60	352,00	372,50	18,60	653,80	53,80	1280,30	3417,00	60,50	0,06	-	0,40
	4	8,40	11079	5,30	109,70	65,80	325,20	175,50	8,70	783,60	100,70	222,30	4040,70	44,40	0,070		0,40
	6	8,40	10747	7,40	97,00	89,70	449,40	168,50	8,40	1075,70	88,50	319,00	4159,00	79,60	0,080	-	0,38
2005	1	8,40	6349	7,30	52,70	60,60	445,50	173,50	8,70	724,60	59,60	208,50	2993,00	45,50	0,14	0,02	1,05
	3	8,30	8844	6,70	96,10	89,40	407,30	326,70	16,30	944,60	77,60	820,80	3282,00	50,50	0,02	-	0,80
	2	8,40	6932	6,14	46,60	40,50	342,50	134,40	6,80	507,00	27,50	194,30	2613,00	44,90	0,02	-	0,40
	11	8,20	7880	5,80	63,40	57,60	354,00	347,50	17,40	559,80	46,05	1229,70	2989,00	46,60	0,02	-	0,60
	4	8,35	9346	8,90	108,80	99,90	542,70	225,30	11,30	1266,20	97,50	238,70	3913,80	44,05	0,400		0,40
	6	8,40	9020	9,90	84,40	74,40	608,50	154,80	7,70	806,20	66,30	382,70	3962,00	42,70	0,050	-	0,40
2004	1	8,40	6513	6,60	71,60	65,00	402,80	134,15	6,70	789,20	64,90	1871,00	2761,00	56,20	0,28	0,012	-
	3	8,40	8096	6,50	85,00	78,50	396,60	460,30	30,90	709,10	54,10	949,00	3958,00	47,10	0,10	0,07	0,0035
	2	8,40	6421	6,10	68,60	62,50	370,00	157,40	7,90	738,00	60,70	518,50	3497,00	55,90	0,22	0,048	0,02
	11	8,30	7218	6,10	72,60	66,50	1598,30	532,20	26,60	559,70	46,03	1267,00	2851,00	56,70	0,026	0,025	0,019
	6	8,60	7553	10,80	93,10	82,30	659,00	112,00	5,60	1064,00	87,50	214,00	3372,00	86,00	0,590	0,0006	-
	1	8,20	6437	9,10	65,15	56,05	555,10	241,70	12,05	645,70	53,05	582,70	3381,00	70,10	0,06	0,15	0,85
2003	3	8,30	8470	7,60	87,90	80,30	461,70	390,40	19,49	562,70	46,30	1003,00	4065,00	43,40	0,05	0,16	0,88
	2	8,70	7148	7,20	67,85	60,70	439,05	228,30	11,38	686,50	56,50	253,50	3860,00	24,30	0,04	0,12	0,50
	11	8,00	7699	7,30	61,00	53,70	447,30	423,60	21,10	485,20	39,90	1263,00	2909,00	43,10	0,05	0,08	0,49
	4	8,10	9060	7,25	97,90	90,65	442,30	237,30	11,84	1046,50	86,06	289,00	4158,50	27,05	0,036	0,07	0,12
	1	8,10	7028	4,70	87,50	82,80	286,70	200,40	10,00	527,70	43,40	19,60	1365,00	29,40	-	0,60	0,50
2002	3	8,50	8178	1,60	66,70	65,10	97,60	851,75	42,50	501,55	41,25	573,50	3737,50	72,80	0,07	0,66	2,27
	2	7,50	6615	2,60	72,75	70,15	158,60	821,80	41,00	386,10	31,75	34,80	2986,50	42,30	0,01	0,14	2,09

	11	7,90	7557	3,10	76,00	729,00	189,10	918,00	45,80	367,20	30,20	1411,00	1541,00	30,00	-	0,08	3,87
	6	7,80	5777	7,00	88,40	81,40	427,00	467,30	23,32	791,35	65,10	140,00	3953,00	50,15	0,048	0,06	0,97
2001	1	6,60	8886	3,90	75,00	71,10	277,97	401,00	23,00	632,00	51,90	2396,00	2475,00				
	3	8,20	8323	6,25	86,55	79,00	366,00	405,90	20,25	808,70	66,55	1040,00	3783,00				
	2	8,10	7098	6,05	73,30	66,10	360,00	183,20	9,15	762,00	62,70	99,75	3973,00				
	11	8,20	7700	6,30	75,70	69,40	384,00	420,80	21,00	665,10	54,70	1311,00	2864,00				
	6	8,60	9160	10,20	93,70	83,50	622,00	140,20	7,00	1054,20	86,70	9,50	4452,00				

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ





КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

The logo is a circular emblem with a blue and white color scheme. The top half shows a construction site with a crane and buildings. The bottom half shows a cross-section of the earth with geological layers, a large blue arrow pointing right, and a crossed hammer and pickaxe. The text is overlaid on the right side of the emblem.



КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

The logo is a circular emblem with a blue and white color scheme. The top half features a stylized cityscape with a crane and buildings. The bottom half shows a cross-section of the Earth with geological layers, a large blue arrow pointing right, and a crossed hammer and pickaxe. The text is centered in the upper right quadrant of the emblem.



КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

The logo is a circular emblem with a blue and white color scheme. The top half features a stylized cityscape with a crane and buildings. The bottom half shows a cross-section of the Earth with geological layers, a large blue arrow pointing right, and a crossed hammer and pickaxe. The text is overlaid on the right side of the emblem.