

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

Природничих наук та технологій

(факультет)

Кафедра гідрогеології та інженерної геології

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студентки Зінченко Ольги Олександрівни

(ПІБ)

академічної групи 103М-22з-1

(шифр)

спеціальності 103 «Науки про Землю»

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Геологія, гідрогеологія, геофізика»

(офіційна назва)

на тему: «Дослідження колекторських властивостей водоносних порід південно-західної частини міжріччя Дніпро-Південний Буг для оцінки умов утилізації промислових стоків»

(назва за наказом ректора)

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	Деревягіна Н.І.			

Дніпро

2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачка кафедри
гідрогеології та інженерної геології
(повна назва)

_____ Загриценко А.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » грудня 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу ступеню **магістра**
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студентки Зінченко О.О.
(прізвище та ініціали)

академічної групи 103М-22з-1
(шифр)

спеціальності 103 Науки про Землю

за освітньо-професійною програмою «Геологія, гідрогеологія, геофізика»
на тему «Дослідження колекторських властивостей водоносних порід
південно-західної частини міжріччя Дніпро-Південний Буг для оцінки умов
утилізації промислових стоків» затверджену наказом ректора НТУ
«Дніпровська політехніка» від 05.09.2023 №1037-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Аналіз світового досвіду утилізації стоків, регіональних геолого-гідрогеологічних передумов для підземного закачування стоків, вимог до пластів-колекторів та екранів, методів прогнозних гідродинамічних розрахунків	09.10.2023- 20.10.2023
Спеціальний	Графо-аналітичний аналіз результатів дослідно-фільтраційних робіт, чисельні експерименти з відтворення процесів відкачки та нагнітання для визначення колекторських властивостей продуктивного водоносного горизонту та розділяючих шарів. Рекомендації з охорони надр та навколишнього природного середовища, економічна оцінка природоохоронних інженерно-технічних рішень.	21.10.2023- 10.12.2023

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Загриценко А.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

09.10.2023 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.12.2023 р.

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Зінченко О.О.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 78 с., 15 рис., 17 табл., 19 джерел.

Об'єктом дослідження є гідродинамічні процеси, що впливають на властивості пласта-колектора при підземній утилізації рідких стоків.

Предмет дослідження – фільтраційні та ємнісні параметри пласта-колектора в умовах закачки стічних вод.

Мета дипломної роботи – дослідження колекторських властивостей водоносних порід південно-західної частини міжріччя Дніпро-Південний Буг для оцінки умов утилізації промислових стоків.

Методи досліджень. Аналіз фондових та опублікованих джерел інформації, графо-аналітичний метод обробки результатів дослідно-фільтраційних робіт, чисельні експерименти щодо відтворення процесів відкачки та нагнітання.

У вступі викладена проблема забруднення гідросфери промисловими стоками та методи її вирішення. Визначена мета та завдання досліджень.

В загальній частині проаналізовані закордонний та вітчизняний досвід використання підземного поховання стоків, регіональні геолого-гідрологічні передумови для утилізації стоків, вимоги до пластів-колекторів та екранів, методи прогнозних гідродинамічних розрахунків.

В основній частині оцінена потенційна придатність геолого-гідрологічних умов водоносного горизонту як пласта-колектора для нагнітання рідкого концентрату. Виконаний графо-аналітичний аналіз результатів дослідно-фільтраційних робіт, визначені параметри проникності пласта колектора. Проведені чисельні експерименти з відтворення процесів відкачки та нагнітання для визначення колекторських властивостей продуктивного водоносного горизонту та розділяючі шарів. Надані рекомендації з охорони надр та навколишнього природного середовища, виконана економічна оцінка природоохоронних інженерно-технічних рішень.

Ключові слова: ПІДЗЕМНЕ ПОХОВАННЯ СТОКІВ, ПЛАСТ-КОЛЕКТОР, ЄМНІСНІ ПАРАМЕТРИ, ВІДКАЧКА, НАГНІТАННЯ.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ДОСВІДУ УТИЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ В ПІДЗЕМНІ ПЛАСТИ-КОЛЕКТОРИ	9
1.1 Закордонний та вітчизняний досвід	9
1.2 Регіональні геолого-гідрологічні передумови для підземної утилізації стоків	12
1.3. Вимоги до пластів-колекторів та екранів	15
1.4 Методи прогнозних гідродинамічних розрахунків	18
2 ГЕОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПЛАСТА-КОЛЕКТОРА	26
2.1 Загальна характеристика ділянки досліджень	26
2.2 Геолого-гідрологічні умови ділянки	29
2.3 Висновки про складність будови та придатність водоносного горизонту для нагнітання концентрату	35
3 МЕТОДИКА, ВИДИ ТА АНАЛІЗ ДОСЛІДНИХ РОБІТ ЩОДО ВИПРОБУВАННЯ ПЛАСТА-КОЛЕКТОРА	39
3.1 Бурові роботи	39
3.2 Геофізичні дослідження	43
3.3 Дослідно-фільтраційні роботи	45
3.4 Результати режимних спостережень	51
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ТА ЄМНІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАСТА-КОЛЕКТОРА НА ЧИСЕЛЬНІЙ ФІЛЬТРАЦІЙНІЙ МОДЕЛІ	55
5 ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОЛІГОНУ ЗАКАЧКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПЛАСТА-КОЛЕКТОРА	62
6 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРИРОДООХОРОННИХ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	65
ВИСНОВКИ	70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73
Додаток А Відгук керівника	76
Додаток Б Відгук рецензента	77
Додаток В Довідка про перевірку на плагіат	78



КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

The background features a stylized globe with a grid. Overlaid on the globe are several symbols: a construction crane on the left, a city skyline in the center, a large blue arrow pointing right on the right side, and a crossed hammer and pickaxe at the bottom center. The text 'КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ' is written in a bold, blue, sans-serif font across the middle of the globe.

ВСТУП

Актуальність теми. Поверхневі водні ресурси є джерелом постачання питної води для населення і водночас слугують приймальниками побутових та промислових стічних вод. Беручи до уваги той факт, що запаси прісної води розподіляються по території України не рівномірно (найбільші – на заході, найменші - в південних районах Донецької, Запорізької, Херсонської, Одеської областей), це вимагає раціонального використання і охорони від забруднення.

Проблема водних ресурсів та їх охорони загострилась при веденні бойових дій та використанні гребель і водосховищ як зброї. В Україні втрачено майже третину накопичених запасів прісної води (~19 км³).

За статистикою, найкраще забезпечені питною водою Волинська, Чернігівська, Сумська області, а також північні території Київської та Полтавської областей. У промислово розвинених областях Донбасу та Придніпров'я якість питних вод значно погіршилася. Але найбільш загрозна ситуація складається на півдні країни.

Згідно з офіційною статистикою, щороку у водойми України скидають близько 300 млн. кубометрів неочищених стоків.

Рішення про способи утилізації та знешкодження стічних вод мають прийматися виходячи з міркувань екологічної безпеки і надійності, виробничих і господарських потреб, економічної ефективності.

Досить очищені господарсько-побутові та виробничі стічні води, а також зливові стоки можуть бути використані в системах оборотного водопостачання, для поливу сільськогосподарських культур, для розмиву підземних емностей в соляних товщах. У системах підтримки пластового тиску при розробці газових і нафтових покладів можуть бути задіяні стічні води, включаючи попутні пластові води і розсоли. Останні можуть використовуватися також для приготування бурових розчинів, для

регенерації катіонітових фільтрів котелень або перекачуватися на близько розташовані розсоліпромисли для подальшої переробки.

Застосування електродіалізного методу для очищення стічних вод при концентрації солей 20-30 г/дм³ вимагає великої витрати електроенергії (5-7 кВт-год/кг солі), що становить 180-250 кВт-ч / м³ вод. З огляду на те, що частка електроенергії становить в собівартості близько 30%, для цього методу вона більше 200 грн./м³. Крім того, одержуваний при цьому концентрат необхідно упарюють і потім піддавати похованню. При упарюванні неминучі викиди шкідливих речовин в атмосферу, а при зберіганні концентрату не виключено попадання водорозчинних солей в поверхневі і ґрунтові води.

Застосування зворотного осмосу для очищення стічних вод стримується малою продуктивністю серійних установок, стійких до агресивного середовища. Наприклад, мембранна установка для очищення слабо-концентрованих промивних вод має продуктивність всього 18 м³ / добу. Але і в цьому випадку отримується концентрат, що також підлягає упарюванню.

Застосування термічних методів, заснованих на упарюванні стічних вод після їх нейтралізації та тривалого відстою в апаратах заглибного горіння або спалювання в циклонних печах з обов'язковим доочищенням вихідних газів, вимагає величезної кількості газу (75-125 м³ газу/м³ стічних вод). При цьому відбувається значний викид шкідливих речовин в атмосферу і утворення сухих залишків солей, поховання яких в бетоновані могильники екологічно небезпечно, особливо в умовах високого залягання рівня ґрунтових вод.

За своєю економічністю і екологічною безпекою спосіб підземного захоронення промислових стоків в глибокі водоносні горизонти має перспективи. Досвід використання підземного поховання стоків показує, що при якісному будівництві та обладнанні свердловин, дотриманні режимів і технологій закачування можливе забезпечення екологічної безпеки навіть при використанні верхніх водоносних комплексів для водопостачання.

В межах південної частини південно-західної частини міжріччя Дніпро-Південний Буг, де існує наявний дефіцит прісної води, обумовлений як природними факторами, так і військовою агресією, виникла гостра потреба поховання стоків. Тому *метою роботи* дослідження колекторських властивостей водоносних порід південно-західної частини міжріччя Дніпро-Південний Буг для оцінки умов утилізації промислових стоків.

Для цього необхідне вирішення наступних *завдань*:

- аналіз досвіду підземного поховання стоків та гідродинамічних методів прогнозування процесу;
- систематизація результатів попередніх досліджень з вивчення гідрогеологічних умов ділянки досліджень та оцінка потенційної придатності геолого-гідрогеологічних умов водоносного горизонту як пласта-колектора;
- графо-аналітичний аналіз результатів дослідно-фільтраційних робіт та визначення параметрів проникності пласта колектора;
- чисельні експерименти з відтворення процесів відкачки та нагнітання для визначення колекторських властивостей продуктивного водоносного горизонту та розділяючих шарів.
- розробка рекомендацій з охорони надр та навколишнього середовища;
- економічна оцінка природоохоронних інженерно-технічних рішень.

В основній частині оцінена потенційна придатність геолого-гідрогеологічних умов водоносного горизонту як пласта-колектора для нагнітання рідкого концентрату. Виконаний графо-аналітичний аналіз результатів дослідно-фільтраційних робіт, визначені параметри проникності пласта колектора. Проведені чисельні експерименти з відтворення процесів відкачки та нагнітання для визначення колекторських властивостей продуктивного водоносного горизонту та розділяючі шарів. Надані рекомендації з охорони надр та навколишнього природного середовища, виконана економічна оцінка природоохоронних інженерно-технічних рішень.

Об'єктом дослідження є гідродинамічні процеси, що впливають на властивості пласта-колектора при підземній утилізації рідких стоків.

Предмет дослідження – фільтраційні та ємнісні параметри пласта-колектора в умовах закачки стічних вод.

Методи досліджень. Аналіз фондових та опублікованих джерел інформації, графо-аналітичний метод обробки результатів дослідно-фільтраційних робіт, чисельні експерименти з відтворення процесів відкачки та нагнітання.

Наукова новизна. В умовах невизначеності й багатофакторності природних та штучно створених процесів на основі дослідно-фільтраційних робіт та чисельних експериментів встановлено, що параметри проникності і ємності відрізняються в режимах відкачки та нагнітання.

Практична значимість. Розроблені рекомендації щодо технічно можливого режиму експлуатації пласта-колектора рідкого концентрату. Оцінений ємнісний ресурс пласта-колектора.

КАФЕДРА
ПІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



1. АНАЛІЗ ДОСВІДУ УТИЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ В ПІДЗЕМНІ ПЛАСТИ-КОЛЕКТОРИ

1.1 Закордонний та вітчизняний досвід

Підземне закачування стічних вод зародилося на нафтопромислах на початку минулого століття. Високомінералізовану пластову воду, добуту разом з нафтою, закачували в непродуктивні свердловини [1, 2, 3].

У тридцяті роки виникла і швидко прогресувала технологія заводнення нафтоносних пластів для підтримки пластового тиску (ППТ) з метою підвищення нафтовіддачі. Для цього використовувалися легкодоступні прісні поверхневі води. Зі зростанням видобутку нафти зростали і обсяги попутних пластових вод. Через шкоду навколишньому середовищу їх стало неможливо скидати у відкриті водойми або зберігати в ставках-накопичувачах. Одночасно було встановлено, що мінералізовані води мають кращі в порівнянні з прісними водами нафтовимиваючими властивостями. Це зумовило широке використання попутних пластових вод нафтопромислів в системах підземного заводнення. З 50-х років темп їх використання для ППТ наростав дуже швидко.

Підземне поховання стічних вод в глибокозалягаючі водоносні (поглинальні) горизонти широко застосовується при видобутку нафти методом підземного заводнення продуктивних горизонтів для підтримки пластового тиску. Тому в 50-60-ті роки деякі галузі промисловості в розвинених країнах стали переймати досвід нафтовиків для видалення рідких відходів, кількість яких у зв'язку з інтенсивним розвитком виробництва надзвичайно зросла. У багатьох країнах забруднення відкритих водойм, прісних підземних вод і ґрунтів стічними водами перетворилося на справжнє лихо. У цій ситуації підземне поховання стічних вод в глибокозалягаючі горизонти, води яких через високу мінералізацію або токсичність не знаходять практичного застосування, стало своєчасним заходом, що дозволило різко знизити темп зростання забруднення навколишнього середовища.

За кордоном підземне поховання стічних вод отримало найбільше поширення в США. У 1959 р там, крім кількох десятків тисяч нагнітальних свердловин нафтової промисловості, було всього шість полігонів підземного захоронення стічних вод інших галузей. У 1963 р їх стало 35, в 1967 р - 110, в 1970 р - 175, в 1973 р - 278, в 1986 р - 680, в 1997 - 705.

Із загальної кількості поглинаючих свердловин в США 55% використовується для поховання стічних вод хімічної, нафтохімічної та фармацевтичної промисловості; 20 - газової; 7 - металургійної і 18% припадає на інші галузі. Колекторами для поховання цих вод служать в основному осадові породи: піски - 33, пісковики - 41, вапняки і доломіт - 22%. У магматичні і метаморфічні породи води захороняються в рідкісних випадках. За глибиною поглинальних свердловини розподіляються так: до 305 м - 6%, від 305 до 710 м - 19; від 710 до 1420 м - 26, від 1420 до 2130 м - 34, від 2130 до 4260 м - 14, понад 4260 м - 1%. За обсягами закачування стічних вод свердловини розподіляються наступним чином (м³/доб): до 300 - 28%; від 300 до 600 - 14; від 600 до 1200 - 30; від 1200 до 2400 - 23; від 2400 до 4800 - 3; більше 4800 - 2%. Тиск нагнітання на гирлі свердловин, як правило, не перевищує 4,0 МПа (77% свердловин); з тиском від 4,0 до 10,0 МПа працює 20%, вище 10 МПа - 3% свердловин.

Підземне поховання стічних вод широко поширене в Німеччині, Великобританії, Франції, Канаді, Японії.

У Німеччині налічується кілька десятків полігонів підземного захоронення стічних вод підприємств калійної, хімічної, нафтової і газової промисловості. Закачування стічних вод проводиться в карбонатні і теригенні породи на глибину до 1100 м і більше. Обсяг закачування становить від 120 до 4800 м³/добу на свердловину з гирловим тиском 1,0-2,0 МПа. При цьому на підприємствах калійної промисловості в землі Гессен через 10 свердловин на глибину 325-525 м закачується 400 млн. м³/рік розсолів.

У Великобританії в районі Уїтчарча промислові стічні води закачуються вже протягом 60 років в відкладення крейдового віку, для чого використовуються 19 свердловин.

У Франції перша поглинальна свердловина пробурена в 1970 р в 60 км від Парижа на заводі «Грандпюї». Води об'ємом 1100 м³/добу при гирловому тиску 1,0 МПа закачуються в юрські вапняки в інтервал 1950-1980 м.

У Канаді є кілька десятків поглинаючих свердловин для підземного закачування промислових стічних вод. Тільки в провінції Онтаріо налічується 16 таких свердловин. У провінції Альберта щодоби заховується більше 30 тис. м³ стічних вод нафтопереробних заводів.

В Японії здійснюється підземне поховання багатьох різновидів промислових і господарсько-побутових стічних вод. Так, на одному з мідних рудників протягом багатьох років проводиться закачування кислих дренажних вод в 150 свердловин глибиною 35-60 м, пробурених з шахти в товщі андезитів, що підстилаються пісковиками. Обсяг закачування 13 тис.м³/доб.

В Україні існує як позитивний, так і негативний досвід закачування рідких відходів. На Первомайському хімічному заводі в Харківській області з 1974 р ведеться підземне захоронення стоків хлорорганічного виробництва в тріасові пісковики, що залягають на глибині 1650-1780 м, і містять пластові води з мінералізацією 140 г/дм³. Поглинаючий горизонт перекривається товщею глинистих і піщаних пластів юрського, крейдового, палеогенового віку, а підстилається пермськими глинами. Щорічно на полігоні закачується 1,2-1,4 млн. м³ стічних вод.

На Шебелинському газовому родовищі з 1978 р періодично ведеться закачування стічних вод в ніжньотріасовий горизонт на глибину 880-1000 м.

Серед багатьох позитивних прикладів захоронення рідинних промислових стоків є й негативні, серед яких прорив у водоносні горизонти питних вод промислових стоків Горлівського хімічного заводу. Закачування стічних вод Рубіжанського хімічного комбінату (Луганщина) у пісковики

середнього карбону в Краснопольській купольній структурі призвело до забруднення водоносних горизонтів, які використовуються для водопостачання. Через існуючу гідродинамічно відкриту систему розривних порушень промстоки витіснені до поверхні напірними підземними водами.

Підсумовуючи наведене, можна констатувати неухильне розширення масштабів підземного закачування стоків і його позитивну роль в охороні навколишнього природного середовища від забруднення.

1.2 Регіональні геолого-гідрогеологічні передумови для підземної утилізації стоків

На перший погляд, головним критерієм геолого-гідрогеологічної оцінки можливостей закачування стоків має бути характеристика пласта-колектора, його ємнісних і фільтраційних властивостей. Разом з тим вітчизняний і зарубіжний досвід показує, що основним критерієм є закритість гідрогеологічного об'єкта закачування, причому закритість не в локальному, а, скоріше, регіональному плані. Регіональна закритість дозволяє попередити такі неприємні наслідки закачування вод, як можлива міграція (перетікання) стічних вод в нижче-і вище розміщені горизонти (аж до денної поверхні), що містять питні, бальнеологічні або промислово значущі води. При цьому слід враховувати те, що перетікання може бути й опосередкованим, тобто стічні води можуть потрапляти в ці горизонти не власно, а видавлювати в них мінералізовані води пласта-приймача.

Отже, для оцінки можливостей закачування стічних вод (СВ) придатні будь-які види інформації, що відображають, в тій чи іншій мірі, закритість пластів-приймачів, тобто характеристику пласта-покришки, пласта-екрану.

При порівнянні таких великих тектонічних елементів, як платформи і геосікліналі, а, вірніше, крайові прогини і міжгірські западини, перевагу в плані закритості надр має бути віддано платформам. Дійсно, крайові прогини і міжгірські западини в більшій мірі ускладнені диз'юнктивними порушеннями, ніж платформи. Разом з тим для тих і інших характерна

велика порушеність (менша закритість) крайових частин, в порівнянні з центральними. Крім того, відмінності в історії геологічного розвитку платформ і крайових прогинів (міжгірських западин) вказують на меншу витриманість літологічної будови останніх в порівнянні з першими.

В межах платформ, крайових прогинів і міжгірських западин, водоносні горизонти, придатні для закачування СВ, приурочені зазвичай до занурених частин, тобто западин і синекліз в межах платформ і синклінальних зон крайових прогинів. В гідрогеологічному аспекті цим тектонічним елементам відповідають артезіанські басейни різної масштабності.

В артезіанських басейнах, як відомо, простежується вертикальна гідродинамічна зональність (зона активного водообміну - верхня; зона уповільненої водообміну - середня; зона застійного режиму - нижня). Ця зональність підтверджується також гідрохімічними, ізотопними і газохімічними даними в регіонах різної будови.

У верхню зону (активного водообміну) зазвичай включаються водоносні горизонти неглибокого залягання, гідродинамічний режим яких визначається положенням місцевих і регіональних базисів ерозії (дренування). Потужність цієї зони змінюється в широких межах, від десятків метрів до 500 м і більше. Хімічний склад і мінералізація вод цієї зони визначаються кліматом: в гумідних областях з ними пов'язані прісні води гідрокарбонатно-натрієвого або сульфатно-натрієвого (за В.А. Суліним) типів, в аридних областях - прісні, солонуваті, іноді солоні води.

Середня зона (уповільненої водообміну) займає проміжне положення між зонами активного і застійного режимів. У цій зоні простежується вплив не сезонних, а вікових кліматичних коливань, роль ерозійного врізу знижується, дренаж утруднений. «Покрівля» зони зазвичай відповідає підшві першого регіонального водоупору, що залягає гіпсометрично нижче базису ерозії. У платформних областях ця зона досягає глибини 300-500 м, в

гірничо-складчастих - простежується на набагато більшій глибині. Для неї характерні солонуваті і солоні води.

Нижня зона (застійного режиму) охоплює нижні частини розрізу осадового чохла; рух вод і стік їх проявляються в масштабах геологічного часу, дренаж відсутній; вплив клімату не позначається. Зона застійного режиму простежується не тільки в артезіанських басейнах платформного типу, але також в басейнах крайових прогинів і міжгірських западин. Для цієї зони характерні води хлор-кальцієвого типу (за В.А. Сулиним) різної мінералізації.

Водоносні горизонти верхньої зони (активного водообміну) як правило не придатні для захоронення промислових СВ. Горизонти зони уповільненої водообміну можуть використовуватися для поховання СВ при наявності регіональних екранів. Безумовним об'єктом для поховання СВ є нижня зона (застійного режиму), найбільш ізольована від верхніх зон і містить не придатні для практичного використання води.

Геолого-гідрологічні передумови закачки стоків повинні ув'язуватися з сучасними уявленнями про гідродинаміку глибоких горизонтів платформ, згідно з якими глибокі водоносні горизонти являють собою систему блоків з відсутністю або дуже слабким гідродинамічним зв'язком між собою в усіх напрямках. Шарувато-блокова будова є невід'ємною рисою глибоких горизонтів, тобто загальною закономірністю. Масштаб неоднорідності: розміри блоків в плані - від десятків і сотень метрів в тектонічно активних районах до перших десятків кілометрів в районах зі спокійними тектонічними умовами. Причому гідродинамічний зв'язок між блоками змінюється - посилюється при інтенсивному антропогенному навантаженні. Так, при похованні промислових стічних вод можливе збільшення пластового тиску в окремих блоках, а це може привести до формування тріщин гідророзриву. Наявність п'езоекстремумів в полі пластових тисків неможливо без існування непроникних кордонів у відносно однорідних за літологічним складом одновікових водоносних горизонтах.

Латеральна міграція обмежена розмірами блоків, переважає вертикальна міграція. Відбувається конвективний перенос по «незагоєним» розломам між блоками, які здійснюють зв'язок з встановленими вище водоносними горизонтами. Порова проникність з глибиною зменшується, проникність колекторів в основному забезпечується тріщинами різного генезису. Фільтраційні і ємнісні властивості порід глибоких горизонтів платформ характеризуються різкою анізотропією у всіх напрямках, прогнозувати яку поки не представляється можливим.

Таким чином, завдання з виявлення горизонтів, сприятливих для підземної утилізації стоків, зводиться до виявлення сприятливих гідрогеологічних зон усіма відомими методами (гідродинамічними, гідрохімічними, газогеохімічними, ізотопними, трасерними і ін.).

1.3. Вимоги до пластів-колекторів та екранів

Підземне поховання стічних вод можливо лише при відповідному сприятливому поєднанні геологічних і гідрогеологічних умов. Важлива, зокрема, роль диз'юнктивної тектоніки при обґрунтуванні можливості використання пласта для закачування вод. Недоврахування цього фактора може призвести до вкрай негативних екологічних наслідків – можливості прориву стічних вод у верхні водоносні горизонти [3, 4].

Сприятливі геолого-гідрогеологічні умови для закачування стоків характеризуються чергуванням в геологічному розрізі проникних (колекторів) і практично непроникних (флюїдоупорами) пластів. З числа проникних пластів конкретного геологічного розрізу для закачування - вибирається робочий поглинальний горизонт, а також один або кілька резервних поглинаючих горизонтів, які можуть бути задіяні у разі потреби. При досить потужному робочому поглинальному горизонті можна обійтися і без резервних.

Дуже сприятливим фактором є наявність над робочим і резервним горизонтами так званого «буферного» горизонту, представленого

водонасиченими проникними породами, в які закачування не планується. Буферний горизонт може бути відділений від нижчих поглинаючих горизонтів місцевими, локальними водотривкими товщами; не виключається і відсутність між ними водотривів, а також наявність літологічних «вікон» в водотривах.

Як буферні можуть використовуватися резервні поглинальні горизонти, розвинені над робочими. Роль буферного горизонту полягає в можливості надходження в нього частини захороняємих вод або пластових, вод з нижчого поглинального горизонту при його переповненні, або в разі вертикальних висхідних перетоків стічних вод з поглинального горизонту через несправність нагнітальних свердловин або особливостей геологічної будови і гідродинамічних умов.

Тим самим буферний горизонт покликаний зняти частину пластового тиску, зростаючого в робочому поглинальному горизонті. Наявність буферного горизонту не є обов'язковою вимогою, але воно підвищує надійність ППС, тому, в принципі, бажано.

Невеликі обсяги стічних вод можна захоронювати безпосередньо в розроблювані газові або газоконденсатні поклади. У відпрацьовані поклади можуть закачуватимуться значні обсяги промислових СВ.

Безумовно, необхідно, щоб безпосередньо над робочим поглинальним горизонтом або трохи вище - над резервними і буферними горизонтами був розвинений досить потужний і витриманий по площі, надійний регіональний водотрив. Він повинен відокремлювати нижні гідрогеологічні (гідродинамічні, гідрохімічні) зони, які характеризуються застійним і вельми застійним режимом, від верхніх гідрогеологічних зон.

До поглинальних горизонтів ставляться такі вимоги:

- відсутність прісних вод питної якості;
- насиченість солоними водами і розсолами, які не використовуються в даний час і не плануються до використання в лікувальних цілях, технічному водопостачанні, вилученні цінних

компонентів на відстані ближче розрахункового радіуса впливу розтікання закачуваних вод за весь період експлуатації системи захоронення;

- відповідність фільтраційно-ємнісних властивостей пластів-колекторів прийому запланованих обсягів стічних вод;
- надійна ізоляція поглинальних горизонтів витриманими за потужністю, регіонально протяжними водотривками від верхніх водоносних горизонтів з прісними водами;
- залягання поглинаючих горизонтів на прийнятних в техніко-економічному відношенні глибинах, які в світовій та вітчизняній практиці поховання СВ складають в більшості випадків від 600-700 м до 2500-3000 м, але частіше 1000-2000 м;
- сумісність пластових вод і порід поглинального горизонту з промисловими СВ, що виключає формування нерозчинних осадів і (або) нових токсичних сполук;
- відсутність тектонічних порушень в зоні залягання поглинаючих горизонтів.

З точки зору літологічного складу пластів-колекторів найбільш перспективні поглинальні горизонти в теригенних (пісковиках, пісках, алевролітах) і карбонатних породах (вапняках, доломітах). Для вапняків характерна відносна простота підвищення колекторських властивостей за допомогою солянокислотних обробок, можливість застосування відкритого забою в свердловинах, відсутність при експлуатації таких ускладнень, як піскування.

У рідкісних випадках можуть використовуватися поглинальні горизонти в сульфатних тріщино-кавернозних колекторах (гіпсах, ангідриту), тріщино-порових і порово-тріщинних колекторах магматичних (ефузивних, інтрузивних) і метаморфічних порід.

Регіональні водотривки покрити (екрани) повинні забезпечувати надійність ізоляції розвинених під ними поглинаючих горизонтів в умовах підвищеного пластового тиску внаслідок закачування стічних вод. У

літологічному відношенні найкращими покришками є потужні товщі глин, кам'яної солі і багаторічно мерзлих порід. Цим породам повинна віддаватися перевага в якості покришок при виборі розвинених під ними поглинаючих горизонтів. Менш надійні покришки, складені ангідритами, аргілітами, щільними доломітами і вапняками, ефузивними і метаморфічними породами.

1.4 Методи прогнозних гідродинамічних розрахунків

Гідродинамічні розрахунки при підземному похованні стічних вод спрямовані на прогнозування двох основних показників:

- поширення (розтікання) стічних вод в надрах, що закачуються;
- збільшення пластового тиску в поглинальному горизонті внаслідок закачування стічних вод.

Перший показник визначає межі гірничого відводу, розміри і конфігурацію підземного сховища стічних вод. Другий дає уявлення про те, наскільки може збільшитися пластовий тиск в поглинальному горизонті від закачування в нього стічних вод, що дозволить зіставити ці значення з утримуючою здатністю покришки і герметичністю конструкції свердловини.

Крім того, для прогнозування режиму роботи нагнітальних свердловин можуть виконуватися гідродинамічні розрахунки з метою визначення можливих обсягів і тиску закачування. Однак в більшості випадків режим закачування визначається за результатами дослідних нагнітань, а не теоретичних прогнозних розрахунків.

Прогноз розтікання стічних вод в надрах і збільшення пластового тиску в поглинальному горизонті проводять за методиками, наведеними в роботі «Гідрогеологічні дослідження для захоронення промислових стічних вод в глибокі водоносні горизонти». Вони покладені в основу гідродинамічних прогнозів при проектуванні більшості полігонів підземного захоронення СВ.

Аналітичні підходи до розрахунку контуру розтікання стічних вод Для здійснення гідродинамічних прогнозних розрахунків необхідно перш за все визначитися з граничними умовами поглинального горизонту. У практиці

підземного поховання вод поглинальний горизонт приймається однорідним необмеженим в плані, оскільки для цілей ППС вибираються витримані по літології, потужності і простяганню пласти-колектори. У гідродинамічному відношенні поглинальні горизонти завжди залягають в зоні утрудненого водообміну, для якої характерні низькі швидкості руху підземних вод, якими при розрахунку можна знехтувати. Виняток становлять горизонти, гідродинамічно взаємопов'язані з обводненими покладами вуглеводнів. У таких поглинаючих горизонтах швидкість руху пластових вод повинна враховуватися.

Таким чином, для розрахунку радіусів розтікання стічних вод на об'єктах газової промисловості застосовуються два варіанти, в залежності від наявності руху в поглинальному горизонті. Перший варіант характерний для поглинаючих горизонтів, не пов'язаних з вуглеводневими покладами. Другий варіант відноситься до поглинальних горизонтів, що мають зв'язок з вуглеводневими покладами.

Варіант 1. Рух стічних вод в однорідному необмеженому пласті без урахування швидкості руху пластових вод (закачування в умовах басейну) являє собою рівномірне розтікання на всі боки від нагнітальної свердловини. Фронт поширення закачуваних вод має в плані форму кола. Розрахунок радіусу цього кола, тобто контуру просування стічних вод в поглинальний горизонт, здійснюється за формулою

$$T = \frac{\pi m n r^2}{Q}, \quad (1.1)$$

$$T = \sqrt{\frac{Q T}{\pi m n}}, \quad (1.2)$$

де r - радіус контуру поширення закачуваних стічних вод, м; T - час руху стічних вод від нагнітальних свердловин, доб; Q - об'єм закачування стічних вод, м³/добу; m - ефективна потужність пласта-колектора, м; n - коефіцієнт пористості поглинальних колекторів, частка одиниці.

Для створення «запасу міцності» прогнозних розрахунків в знаменник формули (1.2) вводиться коефіцієнт витіснення K_e пластової води, чисельне значення якого з практики відповідає близько 0,7. Тоді остаточна розрахункова формула радіуса поширення стічних вод в поглинальному горизонті має вигляд

$$R = \sqrt{\frac{QT}{\pi m K_{II}}} \quad (1.3)$$

З метою підвищення надійності гідродинамічних прогнозів рекомендується приймати жорсткі умови розрахункових показників за допомогою понижуючих коефіцієнтів до значень пористості і ефективної потужності порід. Значення цих коефіцієнтів можуть коливатися від 0,9 до 0,7 для середньої пористості і від 0,9 до 0,5 для ефективної потужності.

Варіант 2. У поглинальному горизонті, взаємопов'язаному з розроблюваної газовими покладами, утворюється депресійна лійка. Рух пластових вод в межах депресійної лійки направлено до її центру, де встановлюється мінімальний пластовий тиск. У цьому ж напрямку будуть рухатися стічні води. Швидкість руху пластових вод в поглинальному горизонті визначаються за формулою Дарсі:

$$V = K_{\phi} I, \quad (1.4)$$

де V - швидкість фільтрації підземних вод, м/добу; K_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації порід, м/добу; I - гідравлічний ухил потоку.

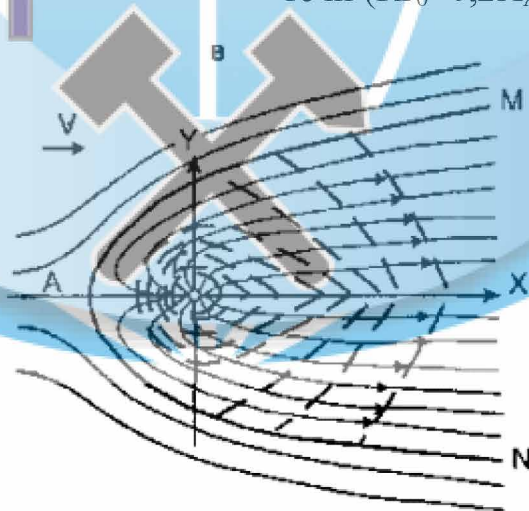
При закачуванні СВ в поглинаючий горизонт в разі наявності руху підземних вод (тобто в умовах потоку) утворюється структура фільтраційного течії, що різко відрізняється від структури руху рідини, в умовах басейну (коли $V = 0$). В умовах потоку пласко радіального руху нагнітальної рідини, яке має місце в басейні, внаслідок накладення пласко паралельного руху, він деформується і стає пласко криволінійним (рис. 1.1).

За В.А.Боревским, І.Т. Гавриловим, В.М. Гольдбергом і ін. (1978), поле фільтраційного течії ділиться на дві області: внутрішню і зовнішню. У

внутрішній області, що примикає до свердловини, всі лінії струму закінчуються на свердловині. У зовнішній області лінії струму обтікають внутрішню область і минуть свердловину. З віддаленням від внутрішньої області (вгору і вниз по осі Y) викривлення ліній струму зменшуються, і вони наближаються до прямих ліній природної плоско паралельної течії підземних вод. Внутрішня область відділена від зовнішньої нейтральною лінією струму MAN . Закачувана рідина поширюється тільки у внутрішній області, так званій області розтікання. Таким чином, при наявності природного руху підземних вод стічні води поширюються в межах області розтікання.



а) лінії струму в необмеженому пласті в умовах басейну б) лінії струму в необмеженому потоці: Γ_0 - область квазірадіальної течії ($R\Gamma_0 < 0,2X_A$)



в) переміщення фронту закачуваної рідини в необмеженому потоці

Рис. 1.1 Динаміка руху рідини в умовах басейну і потоку в однорідному необмеженому пласті

Отже, для того щоб оцінити масштаби поширення стічних вод в пласті, слід визначити розміри області розтікання. Вгору по потоку границею області є ось X і так звана вододільна точка A , в якій протилежно спрямована швидкість природного потоку і швидкість, обумовлена дією свердловини, взаємно врівноважуються, а швидкість фільтрації в цій точці дорівнює нулю. Вниз по потоку область живлення поширюється необмежено.

Розміри області розтікання стоків визначаються за формулами

$$X_A = \frac{Q}{2\pi nV} \quad (1.5)$$

$$Y_0 = \frac{Q}{2mV} \quad (1.6)$$

$$Y_\infty = \frac{Q}{mV} \quad (1.7)$$

де X_A - відстань від свердловини до вододільної точки, м; Y_0 - ширина області розтікання по лінії свердловини ($X = 0$), м; Y_∞ - ширина області розтікання в видаленні від свердловини вниз по потоку ($X = Y_\infty$), м; m - ефективна потужність поглинального горизонту, м; V - швидкість фільтрації підземних вод, м/доб. Розрахунок відстаней просування закачуваних вод проводиться методом підбору, виходячи з формул:

для головної лінії струму

$$T_0 = \frac{nX_A}{V} \left[\bar{X} - \ln(\bar{X} + 1) \right], \quad (1.8)$$

для інших ліній струму

$$T = \frac{nX_A}{V} \left[\bar{X} - \ln \left| \cos Y + \frac{\bar{X}}{\bar{Y}} - \sin \bar{Y} \right| \right], \quad (1.9)$$

$$X = \frac{Y}{X_A} \quad (1.10)$$

$$Y = \frac{Y}{X_A} \quad (1.11)$$

T_0 - час переміщення закачуваних вод від свердловини до будь-якої фіксованої точки по головній лінії струму, доб; T - те ж саме за іншими лініями струму, доб; n - коефіцієнт пористості поглинального горизонту, частки од.; X_A - відстань від свердловини до вододільної точки, м; V - швидкість фільтрації підземних вод потоку, м/доб, X, Y - координати точки, до якої розраховується час переміщення закачуваних вод, м.

Просування СВ визначається по головній лінії струму і по ширині потоку на лінії свердловин, за допомогою чого графічно встановлюється весь контур поширення вод. По головній лінії струму прогноз переміщення стоків проводиться вгору і вниз по формулі (1.8). Просування СВ по ширині потоку на лінії свердловин визначається з формули (1.9), яка після відповідних

перетворень має вигляд

$$T = \frac{nX_A}{V} \left[-\ln \left(\frac{X_A}{\sqrt{Y^2 + X_A^2}} \right) \right], \quad (1.12)$$

де T - час переміщення стічних вод по ширині потоку на лінії свердловини, м.

Розрахунок збільшення пластового тиску в поглинальному горизонті внаслідок закачування стічних вод. При закачуванні вод в свердловину збільшення тиску в будь-якій точці необмеженого в плані поглинального горизонту розраховується за формулою

$$S = \frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{r^2} \quad (1.13)$$

Так як $\Delta P = S\gamma$, то

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{r^2} \right) \gamma, \quad (1.14)$$

де ΔP - зміна тиску, МПа; S - зміна рівня води, м; km - водопровідність пласта, м²/доб; a – п'єзопровідність пласта, м²/доб; t - тривалість закачування, сут; r - відстань від свердловини до точки, в якій визначається ΔP , м; γ - щільність закачуваних стічних вод, кг/м³.

Кругова система розташування поглинаючих свердловин для розрахунків може бути представлена «великим колодязем». Приріст пластового тиску в центрі такої узагальненої системи визначається за формулою Ф.М. Бочевера [12]

$$S = \frac{Q}{4\pi km} \left\{ -E_1 \left(-\frac{E_0^2}{4at} \right) + \frac{4at}{R_0^2} \left[1 - \exp \left(\frac{-R_0^2}{4at} \right) \right] \right\} \quad (1.15)$$

яка за умови $\frac{at}{R_0^2} \geq 1$ спрощується і представляється в наступному вигляді:

$$S = \frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{6,12at}{R_0^2} \quad (1.16)$$

що відповідає

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{6,12at}{R_0^2} \right) \gamma \quad (1.17)$$

де R_0 - радіус узагальненої системи, м.


Параметр R_0 знаходимо за формулою

$$R_0 = \frac{L}{2\pi} \quad (1.18)$$

де L - периметр площі розташування нагнітальних свердловин, м. Приріст пластового тиску за межами системи на відстані від центру $r > 1,5R_0$ розраховується за формулою (1.14).

Описані аналітичні методики відносно прості і достатньо схематичні, враховуючи складність фільтраційної неоднорідності поглинального горизонту, яка до того постійно змінюється в результаті впливу нагнітання і заходів з відновлення і підвищення приємності пласта-колектора.

Проте при використанні чисельного моделювання процесу ППС є можливість в явному вигляді знайти залежність динаміки рівнів і витрат підземних течій в часі й за площею, врахувати процес перетікання через розділяючі слабопроникні шари в умовах роботи нагнітаючих та водозабірних свердловин, взаємозв'язок підземних й поверхневих вод, інфільтраційне живлення, зміну граничних умов й параметрів у часі, анізотропію фільтраційних властивостей та ін.



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

2. ГЕОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПЛАСТА-КОЛЕКТОРА

2.1 Загальна характеристика ділянки досліджень

Ділянка робіт розташована на півдні Миколаївської області в межах Жовтневого району, на землях Мішково-Погорілівської сільської ради. Розташування ділянки робіт показано на карті фактичного матеріалу (рис. 2.1).

Рельєф території являє слабо розчленовану вододільну алювіальну рівнину надзаплавних терас р. Інгул, що похило знижується у напрямку до р. Південний Буг та Бузького лиману. Абсолютні відмітки поверхні змінюються від 50 – 55 м на вододілі, в межах надзаплавних терас вони знижуються до 30 – 20 м, досягають мінімуму (2 - 5 м) на урізі води в лимані.

Поверхня вододільної рівнини ускладнена невеликими балками південно-західного напрямку, які впадають у р. Південний Буг та Інгул. Крім балок, на вододільному плато є поди – замкнені зниження у вигляді кола або витягнутої форми різних розмірів, від 0,5 – 1,2 км до 2,0 – 3,0 км в перетині, які зустрічаються, головним чином, в східній частині території.

За морфометричними характеристиками територія відноситься до слабо та середньо розчленованої (поверхні похилі та покати) з ухилами 0,002 – 0,03. Характерне поширення площинного змиву та струменевої ерозії.

Гідрографія розвинена слабо й представлена ярово-балковою мережею з тимчасовими водотоками. Величина поверхневого стоку тимчасових водотоків змінюється в широких межах і залежить від водозабезпеченості року атмосферними опадами. Середньо багаторічний модуль стоку для даної території дорівнює 0.25 л/с із 1км² (8 мм). Найближчою водною артерією є р. Інгул яка розташована в 2 км на північ від ділянки досліджень і р. Бузький лиман – 9-10 км на захід. Визначальним фактором гідрологічних умов території є існування техногенної мережі іригаційних каналів і безліч зрошувачів різного порядку.



Рис. 2.1 Карта фактичного матеріалу

Масиви зрошення (Інгулецька система) при низьких КПД і високих поливних нормах (3-5 тис.м³/га) істотно впливають на поверхневий і підземний стік. Гідрографічна мережа району досліджень відноситься до басейну малих рік Північного Причорномор'я межиріччя П. Буг-Дніпро.

Тектоніка. Територія робіт знаходиться в межах північного борту Причорноморського прогину, приуроченого до зони зчленування древньої Європейської і молоді Скіфської платформ, в районі його північного борту, що розташований на древньому дорифейському фундаменті. Будучи одночасно південним схилом Українського щита Причорноморський прогин представляє собою монокліналь широтного простягання, представлену двома поверхнями: кристалічним фундаментом і осадовим чохлам.

В північній частині прогину кути нахилу поверхні фундаменту до півдня невеликі – зазвичай вони вимірюються хвилинами, що не перевищують перших одиниць градусів. На південь при приближенні до осрової зони грабенів Причорноморсько-Кубанського прогину спостерігається більш крутий нахил фундаменту до півдня.

В безпосередній близькості від району робіт проходять древні субмеридіональні розломи Очаківській і Кіровоградсько-Миколаївський, що порушують поверхню фундаменту і впливають на мезокайнозойську тектоніку північного крила Причорномор'я.

Крім того, через райони робіт проходять дві потужні зони порушень типу скидів, які фіксуються по геофізичним даним. Північний блок з амплітудою зміщення порядку 180-240 і проходить по лінії Нечаяне - Крива Балка – Мішково-Погорілове. Південний розлом з амплітудою зміщень до 300м – по лінії Рибаківка – Очаків – Лупареве. Абсолютні відмітки кристалічного фундаменту до півночі від першої зони розломів змінюються від – 250 до - 900 метрів, і до півдня від нього – від -1100 до – 1600 метрів.

Верхній поверх платформеної структури утворює мезо-кайнозойські відклади, потужність яких поступово збільшується з півночі на південь з 200 до 1500 м. Кут падіння осадової товщі складає 0,5⁰ в середньому.

В цілому в мезо-кайнозойському чохлаві відмічаються крейдовий, палеогеновий, неогеновий і четвертинний стратиграфічні інтервали.

В першу фазу відбулось закладення Причорноморської западини, а в четверту – сформувався її сучасний план. Незначні зрушення коливального характеру відмічались протягом всього четвертинного періоду.

2.2 Геолого-гідрогеологічні умови ділянки

Район робіт розташований в межах північного крила Причорноморської западини. Геологічна будова території характеризується субгоризонтальним заляганням товщі осадових порід четвертинного, неогенового та палеогенового віку.

У геологічній будові території беруть участь породи архей-протерозойського віку та осадові утворення, від крейдових до сучасних. Кристалічний фундамент поступово поринає в південному напрямку до глибини 1100 м і більш. Верхня частина осадових утворень складена теригенними відкладами від крейдового до сучасного віку.

На ділянці проведення робіт геологічний розріз вивчений до глибини 246м. За результатами проведених бурових робіт та геофізичних досліджень в свердловині 17194 встановлено літологічний склад та межі контактів порід. Геологічний розріз ділянки вивчення наведений в таблиці 2.1 та на рис. 2.2.

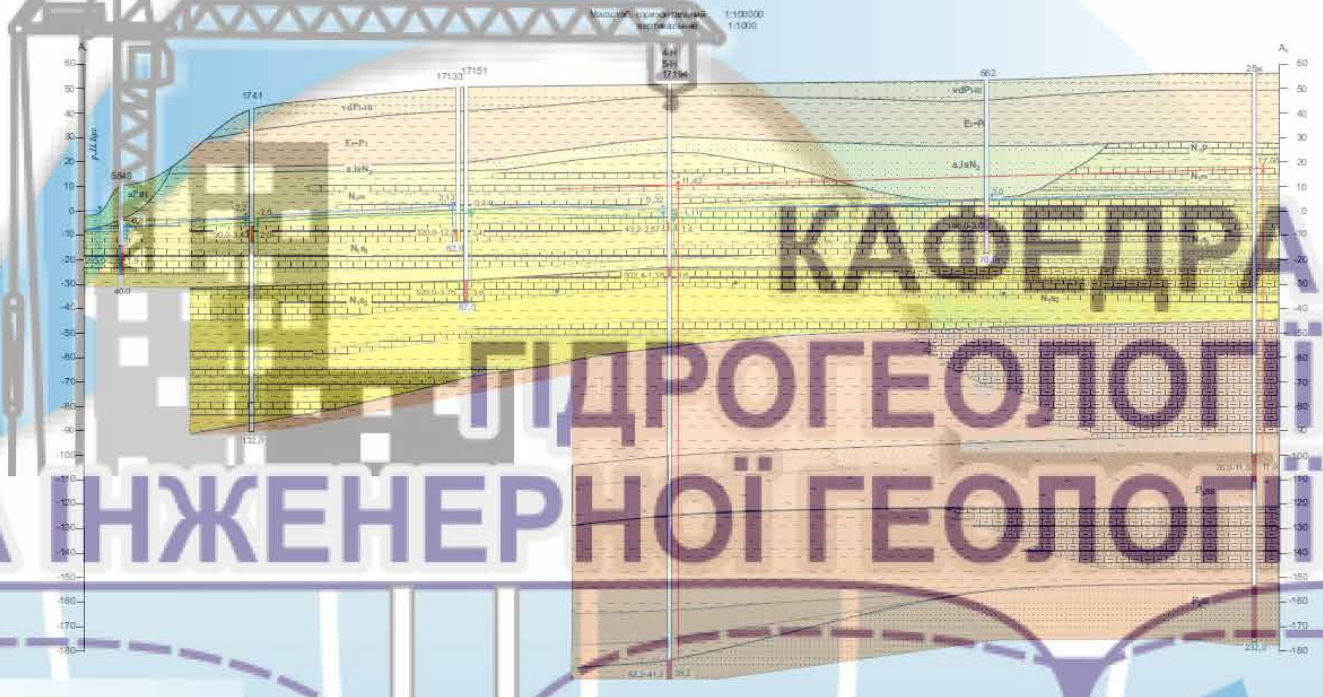
На підставі робіт виконаних при розвідці Гороховського родовища технічних підземних вод та геологічного вивчення з метою оцінки можливості нагнітання концентрату на ділянці вивчення виділені наступні водоносні горизонти:

- водоносний горизонт в алювіальних, озерно-алювіальних відкладах давніх долин р. Інгул пліоцену (а, а1 N₂);
- водоносний горизонт у відкладах верхньосарматського підрегіонарусу верхнього міоцену (N₁S₃);

Таблиця 2.1 - Геологічний розріз ділянки вивчення

№ з/п	Геол. індекс	Глибина залягання, м		Потужність, м	Літологічний склад
		покровлі	підосви		
1.	vd P _{I-III}	0,0	6,0	6,0	Лесовидні легкі та середні суглинки
2.	N ₂ -P ₁	6,0	22,0	16,0	Глина червоно-бура з карбонатними включеннями
3.	ala N ₂	22,0	26,0	4,0	Пісок дрібнозернистий глинистий, середньозернистий водоносний
4.	N _{1p}	26,0	28,0	2,0	Вапняк жовто-коричневий кавернозний
5.	N _{1m}	28,0	53,0	25,0	Глина сіра, зеленувато-сіра з прошарками та лінзами сухого вапняку, піску та черепашок
6.	N _{1S3}	53,0	71,0	18,0	Глини сірі, зеленувато-сірі щільні з включеннями лінз вапняків тріщинуватих водонасичених
7.	N _{1S2}	71,0	83,0	14,0	Вапняки світло-сірі водоносні
8.	N _{1S2}	83,0	100,0	17,0	Глини темно-сірі щільні мергелеподібні, однорідні
9.	N _{1S2}	100,0	110,0	10,0	Глини темно-сірі щільні з включеннями прошарків водоносних тріщинуватих вапняків потужністю 1,5-2,0м
10.	P _{3as}	110,0	150,0	40,0	Глини темно-сірі щільні з зеленуватим відтінком мергелеподібні однорідні
11.	P _{3as}	151,0	161,0	10,0	Пісок сірувато-зелений, тонко-дрібнозернистий, водо насичений
12.	P _{3as}	160,0	175,0	15,0	Глина сірувато-зелена з значним вмістом тонкозернистого слюдистого піску та ракушками черепашок
13.	P _{2al}	175,0	215,0	40,0	Глина сірувато-зелена мергелеподібна, дуже щільна, однорідні, вапнякова
14.	P _{2al}	215,0	225,0	10,0	Пісок сірувато-зелений тонкозернистий, глинистий, вапняковий, дуже ущільнений
15.	P _{2al}	225,0	236,0	11,0	Глина сірувато-зелена піщаниста в нижньому інтервалі слабопіщаниста, вапняковиста
16.	P _{2al}	236,0	238,0	2,0	Пісковик сірувато-зелений дрібнозернистий глауконітовий дуже щільний тріщинуватий, водонасичений
17.	P _{2al}	238,0	246,0	8,0	Пісковик сірувато-зелений дрібно-тонкозернистий слабоглинистий щільний, водонасичений

- водоносний горизонт у відкладах середньосарматського підрегіонарису верхнього міоцену (N₁S₂);
- водоносний горизонт у відкладах асканійської свити верхнього олігоцену(P₃as);
- водоносний горизонт у відкладах альмінського ярусу верхнього еоцену(P₂²al).



Умовні позначення

s.Pt.III	Водоносний горизонт в алювіальних відкладах надзаплавних терас верхнього плейстоцену. Піски, суглинки, муляваті суглинки.	v.d.Pt.III	Слабководонний горизонт в еолово-депозитивних відкладах нижньо-верхнього неогеноїстоцену. Суглинки.	E-Pt	Водотісна товща відкладів еолейстоцену-нижнього неоглайстоцену. Червоно-бурі глини.	a.la.N ₂	Водоносний горизонт в алювіальних, озерно-алувіальних відкладах пліоцену. Піски, алевроїти з прошарками глин.	N.p	Водоносний горизонт у відкладах політичного еоценоарису верхнього міоцену. Вапняки.	P.2.al	Водоносний горизонт у відкладах альмінського ярусу верхнього еоцену. Піски, алевроїти з прошарками глин, мергелі.	Лесовидні суглинки
N ₁ p	Локально слабководонний горизонт у відкладах мезотичного регіонарису верхнього міоцену. Прошарки і лінії вапняку, піску у товщі глин.	N ₂ s	Водоносний горизонт у відкладах верхньосарматського підрегіонарису верхнього міоцену. Вапняки, піски з прошарками глин.	N ₂ s	Водоносний горизонт у відкладах середньосарматського підрегіонарису верхнього міоцену. Вапняки з прошарками глин та мергелів.	N ₃ s	Водоносний горизонт у відкладі нижньосарматського підрегіонарису верхнього міоцену. Вапняк з прошарками глин.	N ₁ kl	Водоносний горизонт у відкладах конкського регіонарису середнього міоцену. Піски, вапняки з прошарками глин, алевроїти.	Лесовидні суглинки	Глини	
P.2.al	Водоносний горизонт у відкладах конкського регіонарису середнього міоцену. Піски, вапняки з прошарками глин, алевроїти.	P.2.al	Водоносний горизонт у відкладах конкського регіонарису середнього міоцену. Піски, вапняки з прошарками глин, алевроїти.	Лесовидні суглинки	Піски	Вапняки	Мергелі	Пісковики	Піски глинисті	Лесовидні суглинки	Глини	

Свердловини:

Цифри зверху - номер свердловини на карті, м; знизу - глибина свердловини, м; ліворуч: перша - дебіт, м³/добу, друга - зниження рівня, м; праворуч: мінералізація води, г/дм³.
Зайфарбування - хімічний склад ядлу у випробуваному інтервалі.
Стрілки вказують на наявність напору підземних вод; колір стрілок: синій - водоносний горизонт у відкладах верхньосарматського регіонарису; зелений - водоносний горизонт у відкладах середньосарматського регіонарису; червоний - водоносний горизонт у відкладах палеоцену; цифри біля стрілок - абсолютні відмітки в еоземетричному рівня підземних вод.

Хімічний склад води:

- Хлоридний
- Хлоридно-сульфатний
- Сульфатно-хлоридний
- Гідрокарбонатно-хлоридний
- Змішаний

Положення п'єзометричної поверхні підземних вод:

- 7.0 - водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіонарису верхнього міоцену.
- 0.44 - водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіонарису верхнього міоцену.
- 10.43 - водоносного горизонту у відкладах палеоцену.

Граніції:

- Стратиграфічні
- Літолого-фаціальні

Рис. 2.2 Геолого-гідрогеологічний розріз

Крім водоносних горизонтів в розрізі виділені водотривкі товщі нижньо-плейстоцен-еоплейстоценових червоно-бурих глин, меотичних глин, верхньосарматських глин які впливають на умови формування запасів основних експлуатаційних водоносних горизонтів верхнього та середнього сармату. Водоносний горизонт верхнього еоцену перекритий потужною товщею одновікових глин та глин верхнього олігоцену і міоцену. Загальна потужність водотривких глин яка розділяє досліджуваний водоносний горизонт і основні експлуатаційні водоносні горизонти на ділянці вивчення складає 118м.

Водоносний горизонт в алювіальних, озерно-алювіальних відкладах давніх долин р.Інгул пліоцену (a, laN_2) поширений по всій території ділянки вивчення. Водовмісними породами є різнозернисті, іноді гравелісті, піски. Підземні води напірні. Верхнім водотривком служать плейстоценові червоно-бурі глини та одновікові зеленувато-сірі глини та алеврити. Величина напору над покрівлею змінюється від 4,08 до 4,80 м і залежить від глибини залягання водовмісних пісків. Статичні рівні підземних вод встановлюються на глибинах від 17,6 до 19,2 м, що відповідає абсолютним відміткам +33,4 – (+31,8) м. Абсолютні відмітки водоносного горизонту знижуються по мірі наближення до р.Інгул.

Дебіти свердловин змінюються від 0,01 до 0,36 л/с при зниженнях рівнів від 1,5 - 8,28 до 0,81 м, відповідно. Питомі дебіти становили 0,0067-0,44 л/с.

За хімічним складом води, як правило, хлоридно-сульфатні кальцієво-натрієві. Мінералізація змінюється від 0,7 до 2,3 г/дм³, а загальна жорсткість в межах від 9,0 до 22,0 мг-екв/дм³.

В формуванні підземних вод горизонту головну роль відіграють атмосферні опади та іригаційні води, які поступають в горизонт за межами ділянки досліджень. Як правило, ділянки інфільтрації вод приурочені до ерозійних знижень рельєфу.

Водоносний горизонт у відкладах верхньосарматського підрегіоярису верхнього міоцену (N_{1s3}) є одним з головних джерел водопостачання. Водовмісними породами є вапняки сірі, дрібнооолітові, іноді черепашкові, потужністю до 4,5 м. Покрівлею та підпошвою горизонту служать одновікові зелені глини або ж глини суміжних стратиграфічних підрозділів. Абсолютні відмітки покрівлі водоносного горизонту складають -2,4 – (-3,7) м. Горизонт напірний. Величина напору над покрівлею складає 3,5 – 5,3 м при середньому значенні 4,4 м. Статичні рівні в свердловинах коливаються в межах +1 - +2м. При експлуатації свердловин динамічні рівні зафіксовано на відмітках -2(-3)м.

Свердловини, що каптують верхньосарматський водоносний горизонт, характеризуються доволі низькою водозбагаченістю. Дебіти свердловин становлять 3-4 м³/год при зниженнях 3,0-4,0м; питомі дебіти 0,27 – 0,29 л/с. Середнє значення коефіцієнту водопровідності складає 26 - 34 м²/д.

За хімічним складом підземні води хлоридно - сульфатні магнієво-натрієві з мінералізацією 1,2-1,6 г/дм³.

Водоносний горизонт у відкладах середньосарматського підрегіоярису верхнього міоцену (N_{1s2}) розкриваються на глибинах 69,1-73,2м, що відповідає абсолютним відміткам (-17,48) – (-21,13) м. Водовмісні породи – вапняки оолітові. Потужність водоносного горизонту 6,75-13,6м. Презометричний рівень встановлюється на глибинах 50,2-52,6 м, що відповідає абсолютним відміткам 0.1 (-0.19) м. Горизонт напірний. Величина напору складає 17,26 – 21,86 м при середньому значенні 20,21 м.

Водозбагаченість вапняків досить висока. Дебіти свердловин 4,65-9,7 л/с при зниженнях 0,95-2,15м; питомий дебіт 2,96-5,15л/с. Коефіцієнт водопровідності дорівнює 572,0 м²/д. За хімічним складом підземні води середнього сармату хлоридні натрієві з мінералізацією 3,3-5,2 г/дм³. Загальний напрямок потоку підземних вод (не порушений експлуатацією) – південний, з ухилом 0,0003 [16].

Водоносний горизонт у відкладах асканійської світи верхнього олігоцену (P_3as) На ділянці вивчення водоносний горизонт розкритий свердловинами на глибині 150 м. Водовмісними породами є тонко та дрібнозернисті сірувато-зелені глинисті піски. Потужність горизонту складає 10 м. Абсолютна відмітка покрівлі водоносного горизонту складає -101м. Водоносний горизонт залягає в товщі одновікових темно-сірих мергелеподібних глин. Від вище залягаючого середньосарматського горизонту він ізольований потужною товщею (70м) темно-сірих одновікових та міоценових глин.

На ділянці досліджень водоносний горизонт не випробувався. За даними фондових матеріалів [17-18] водоносний горизонт напірний, висота напору складає 95-109м. Абсолютні відмітки статичних рівнів становлять від 4,5м до 15,6м. Дебіти свердловин незначні і становлять 0,3-0,5 л/сек при зниженні рівня від 11м до 22м. Коефіцієнт водопровідності змінюється від 0,5 м²/добу до 2 м²/добу. За хімічним складом підземні води хлоридні натрієві з мінералізацією 4,7 – 6,0 г/дм³.

Водоносний горизонт у відкладах альмінського ярусу верхнього еоцену (P_2^2al)

За результатами пошукових робіт проведених на території Жовтневого району водоносний горизонт верхнього еоцену має повсюдне розповсюдження. Водомісними породами є піски та глинисті пісковики. Глибина залягання покрівлі водоносного горизонту складає 210-250м. Потужність горизонту змінюється від 26м до 70м. На ділянці вивчення водоносний горизонт представлений сірувато-зеленим тонкозернистим глинистим глауконітовим піском потужністю 12м та сірувато-зеленим дрібнозернистим тріщинуватим пісковиком з розкритою потужністю 10м. Між собою вони поділяються сірувато-зеленою піщанистою вапняковою глиною потужністю 11м.

Водоносний горизонт напірний, висота напору складає 173м. Абсолютні відмітки статичного рівня складають +17м.

Водоносний горизонт перекритий потужним шаром (40м) сірувато-зелених мергелеподібних дуже щільних одновікових глин.

За результатами випробувань дебіти свердловин складають 0,4-0,7л/с при зниженні 37-41м, питомий дебіт відповідно складають 0,01-0,02 л/сек. Коефіцієнт водопровідності складає 2,6-2,8 м²/добу. За хімічним складом води хлоридні натрієві. Сухий залишок води змінюється від 35 г/дм³ до 39 г/дм³ при загальній жорсткості 105-116 мг-екв /дм³.

2.3 Висновки про складність будови та придатність водоносного горизонту для нагнітання концентрату

Водоносний горизонт в палеогенових відкладах, який був об'єктом досліджень при оцінці можливості нагнітання концентрату, характеризується наступними особливостями:

- підземні води приурочені до пісковиків однорідних за складом, що залягають серед одновікових глин і розповсюджені по всій площі;
- фільтраційні властивості водовмісних порід є відносно однорідними по площі поширення;
- водоносний горизонт знаходиться в зоні уповільненого водообміну, відокремлений від експлуатаційних водоносних горизонтів шарами водотривких глин потужністю близько 120 м;
- гідрохімічні умови відносно прості – по всій площі вивчення залягають сильномінералізовані води хлоридного натрієвого складу;
- водогосподарські умови відносно складні – ділянка закачки знаходиться на території розвіданого родовища технічних підземних вод з запасами 4,5 тис.м³/добу, яке знаходиться на стадії промислової розробки;
- розвідувальні роботи і освоєння ділянки надр потребують спеціальних технологій.

За перерахованими особливостям ділянку надр відносимо до 2-ї групи складності – зі складними умовами.

В геоструктурному відношенні ділянка знаходиться в північній частині Причорноморської западини, яка складена потужною товщею теригенно-карбонатних порід пліоцен-еоценового віку. Осадові відклади залягають майже горизонтально з незначним нахилом в південному напрямі і характеризуються частою зміною водотривких та водопроникних порід. На ділянці досліджень до глибини вивчення виділено п'ять водоносних горизонтів, які характеризуються різними гідродинамічними умовами та хімічним складом води і розділяються на дві гідродинамічні зони:

- зона активного водообміну та відновлення;
- зона уповільненого водообміну.

До зони активного водообміну на території вивчення відноситься водоносний горизонт алювіальних, озерно-алювіальних відкладів пліоцену, водоносний горизонт у відкладах верхньосарматського підрегіярусу, водоносний горизонт у відкладах середньосарматського підрегіярусу. Перераховані водоносні горизонти знаходяться в зоні впливу глибини ерозії місцевої гідродинамічної мережі, інтенсивного дренажу і сучасних кліматичних факторів. Водоносні горизонти мають високі фільтраційні властивості і містять прісні та слабосолонуваті води, які використовуються для господарського водопостачання населених пунктів та підприємств.

Потужність зони активного водообміну визначається рівнем регіональних і місцевих базисів здренованості і становить на ділянці вивчення 100-110м (глибина залягання нижніх прошарків водоносних вапняків середньосарматського водоносного горизонту).

Зона уповільненого водообміну представлена на ділянці вивчення водоносними горизонтами у відкладах асканійської свити верхнього олігоцену та водоносними горизонтами у відкладах альмінського ярусу верхнього еоцену. Дані водоносні горизонти знаходяться в зоні затрудненого дренажу і характеризуються низькими фільтраційними властивостями та містять солонуваті та солоні води.

Аналіз геолого-гідрогеологічних умов території вивчення показує, що найбільш придатним для закачування техногенних стоків є водоносний горизонт у відкладах альмінського ярусу верхнього еоцену.

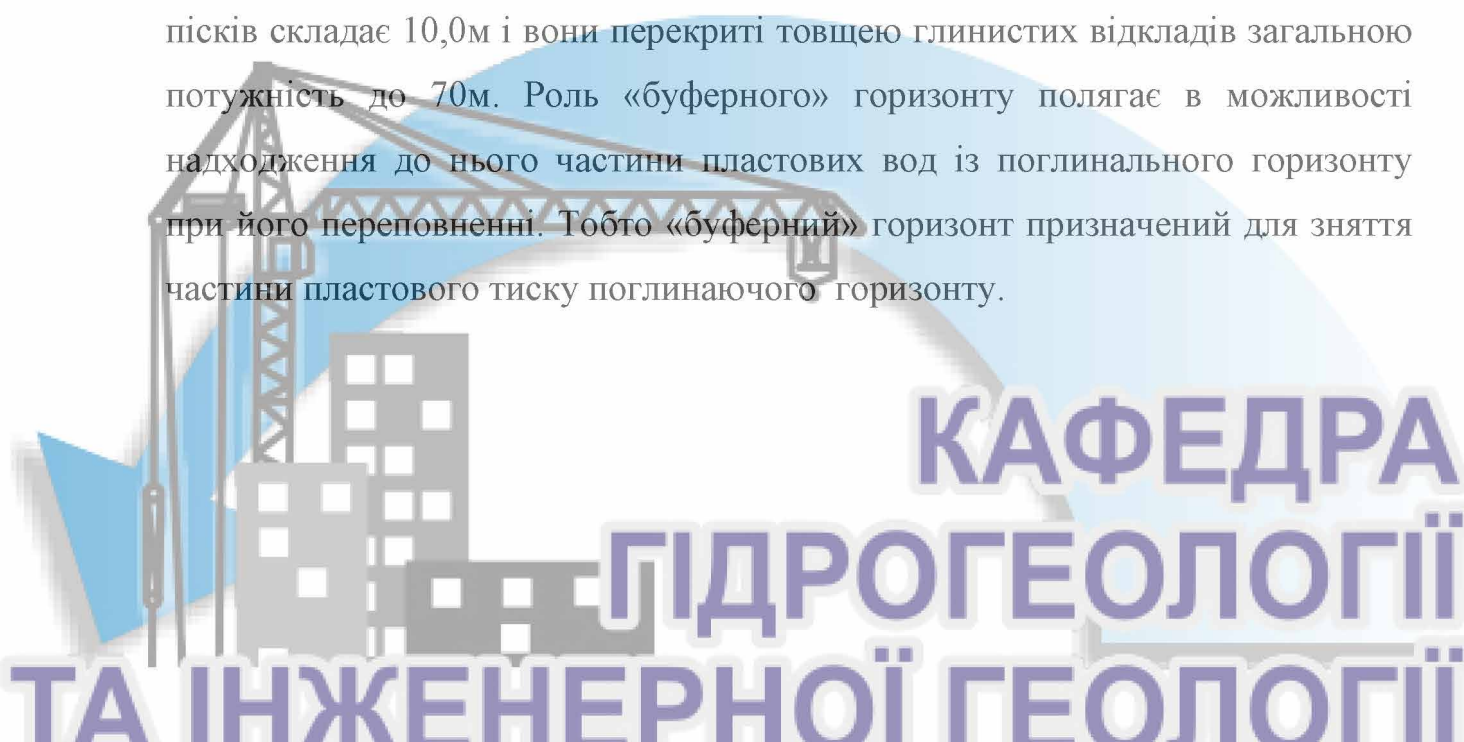
Придатність водоносного горизонту для закачування техногенних стоків залежить як від регіональних так і від локальних факторів, до числа яких відноситься: граничні умови, які визначають розміри водоносного горизонту в плані та розрізі; ємнісні властивості, які обумовлюють можливість закачування певного об'єму стоків; фільтраційні властивості від яких залежить приємність свердловини; сумісність фізико-хімічних властивостей концентрату та підземних вод; фізико-хімічні та фільтраційні властивості водотривких відкладів, які обмежують водоносний горизонт.

Відповідність поглинаючого горизонту у відкладах альмінського ярусу верхнього еоцену перерахованим вимогам полягає в наступному:

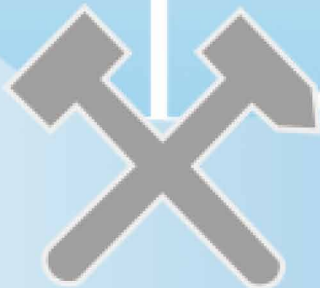
- водоносний горизонт має регіональне розповсюдження і витриманий в плані і розрізі;
- відсутність в горизонті прісних вод питної якості;
- насиченість водоносного горизонту солоними водами близькими за хімічним складом концентрату після зворотного осмосу;
- надійна ізоляція поглинаючого горизонту витриманими по потужності та по площі водотривкими товщами глин від водоносних горизонтів з прісними та слабосолонуватими водами, які залягають вище, і використовуються для водопостачання;
- відповідність фільтраційно-ємнісних властивостей пласта-колектора запланованому об'єму стічних вод;
- відсутність тектонічних порушень в зоні залягання поглинаючого горизонту.

Світовий досвід показує, що з точки зору літологічного складу пластів-колекторів, найбільш перспективні поглинаючі горизонти в теригенних (пісковики, піски, алевроліти) і карбонатних (вапняки, доломіти) породах. Вибраний горизонт представлений теригенними породами.

Сприятливим фактором є наявність над поглинаючим горизонтом так названого «буферного горизонту» представленого водонасиченими глинистими різнозернистими пісками олігоценових відкладів. Потужність пісків складає 10,0м і вони перекриті товщею глинистих відкладів загальною потужністю до 70м. Роль «буферного» горизонту полягає в можливості надходження до нього частини пластових вод із поглинального горизонту при його переповненні. Тобто «буферний» горизонт призначений для зняття частини пластового тиску поглинаючого горизонту.



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



3. МЕТОДИКА, ВИДИ ТА АНАЛІЗ ДОСЛІДНИХ РОБІТ ЩОДО ВИПРОБУВАННЯ ПЛАСТА-КОЛЕКТОРА

3.1 Бурові роботи

Бурові роботи полягали в спорудженні нагнітаючої та спостережних свердловин. Нагнітаюча свердловина 17194(2п) розташована в східній частині території ВК-2 неподалік від станції водопідготовки зворотного осмосу. Розміщення спостережних свердловин залежало від їх призначення та умов забудови території ВК-2.



Рис. 3.1 Схема розташування свердловин

Конструкція свердловин була вибрана в відповідності з прийнятим способом буріння, глибиною залягання водоносних горизонтів і літологічним складом водомістких порід. Буріння свердловин виконувалось верстатом роторного типу УРБ-3А3.

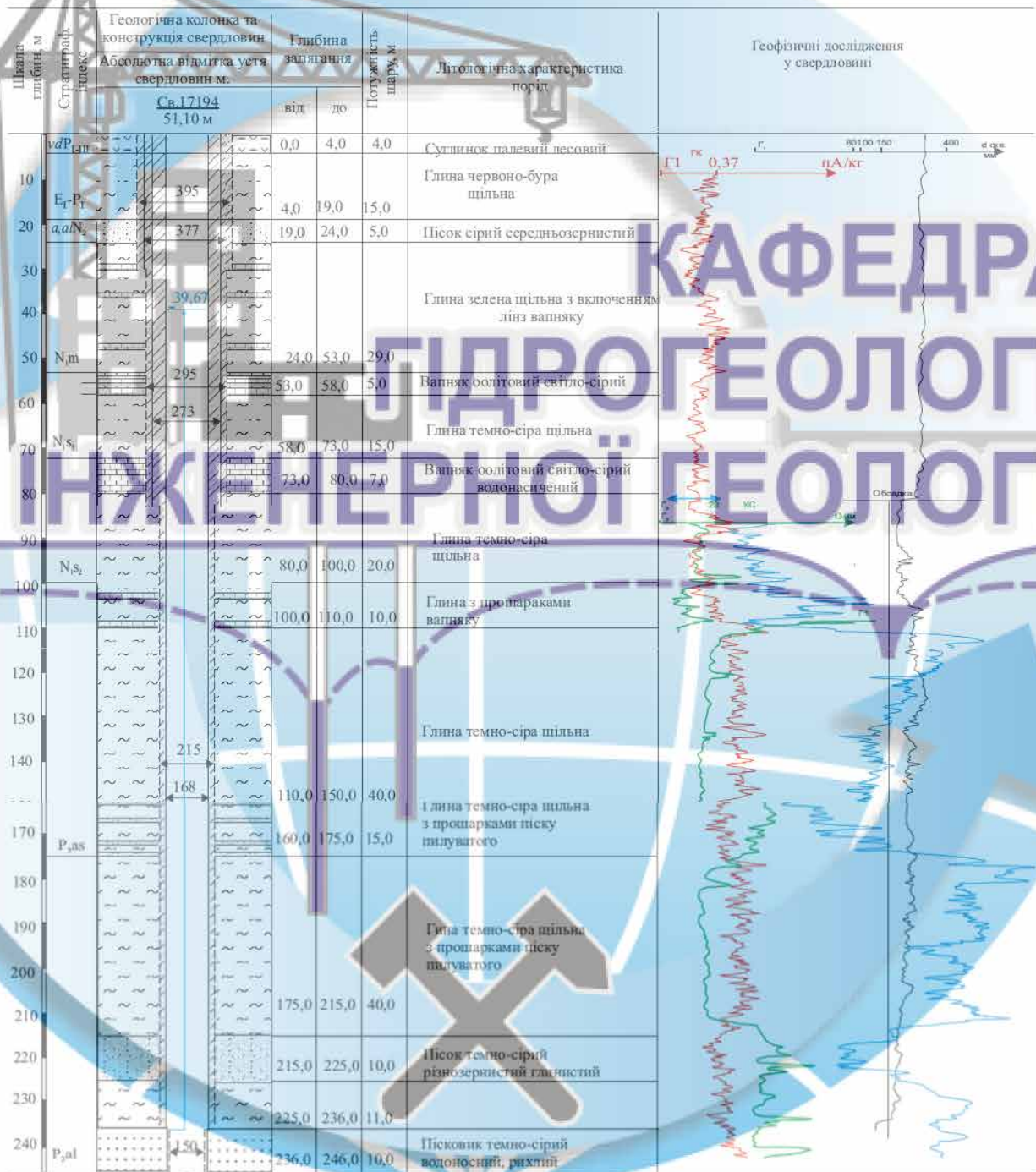


Рис. 3.2 Геоло-гідрогеологічний розріз нагнітаючої свердловини 17194

Буріння свердловини 17194 (2п) до глибини 82,5м проводилося долотом діаметром 295 мм суцільним забоєм з промиванням глинистим розчином. Свердловина в інтервалі 0,0 – 82,5м закріплена металевою трубою діаметром 273 мм з цементациєю позатрубного простору на всю глибину. В інтервалі 82,5 – 246 м буріння проводилось колонковим методом діаметром 112 мм з повним відбором керну. За результатами буріння були вивчені літологічний склад порід та стратиграфічні межі. Після завершення буріння в свердловині були проведені геофізичні дослідження метою яких було уточнення контактів порід і виділення інтервалів водоносних шарів.

До покрівлі виділеного перспективного водоносного шару на глибині 236 м свердловина була розбурена долотом діаметром 215 мм і закріплена металевими трубами діаметром 168 мм. В інтервалі 0,0 – 236 м була проведена позатрубна цементация.

Інтервал 236-246 м був розбурений долотом діаметром 151 мм. Свердловина безфільтрова.

Для вивчення швидкості росту репресії і розповсюдження техногенних стоків в пласті-колекторі, на відстані 125 м від нагнітаючої свердловини вниз за потоком підземних вод була пробурена спостережна свердловина 6-н (рис. 3.1). Буріння свердловини виконувалося в наступній послідовності:

- до глибини 33 м проводилось діаметром 395 мм з встановленням кондуктора діаметром 325мм;
- до глибини 99,0 м долотом діаметром 295 мм з установкою пластмасової труби діаметром 250 мм;
- до глибини 236,0 м долотом діаметром 215 мм з установкою пластмасової труби діаметром 160мм
- до глибини 246,0м долотом діаметром 140мм;

Для уникнення перетоків і взаємодії водоносних горизонтів затрубний простір труб цементувався на всю висоту колони. Свердловина також безфільтрова.

Для проведення моніторингу оцінки впливу закачування концентрату на експлуатаційні водоносні горизонти, які залягають вище, та попередження можливого виникнення аварійних ситуацій, на відстані 4 м та 6м були пробурені спостережні свердловини 4-н (58м) на верхньосарматський водоносний горизонт та 5-н (76м) на середньосарматський водоносний горизонт (рис. 3.1). Свердловини обладнанні обсадними колонами із пластмасової труби діаметром 160 мм, позазатрубний простір яких зацементовано на всю висоту колони. Свердловини фільтром не обладнанні.

Конструкція нагнітаючої та спостережних свердловин приведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Конструкції нагнітаючої та спостережних свердловин

№№ Св.	Буріння		Кріплення трубами, м				Встановлено фільтрів			Інтервал робочої частини фільтра, м	
	Діам. Буріння мм	Інтервал буріння, м		Діаметр кріплення, мм	Інтервал кріплення, м		Діам. Фільтра, мм	Інтервал фільтрової колони, м		від	до
		від	до		від	до		від	до		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17194 (2п)	395	0,0	30,0	377	0,0	30,0					
	295	30,0	82,5	273	0,0	82,5					
	212	82,5	246	Св пілот	-	-					
	215	82,5	236	168	0,0	236,0					
	151	236,0	246	-			Без фільтра				
Спостережні свердловини											
6-н	395	0,0	33,0	325	0,0	33,0					
	295	33,0	99,0	250	0,0	99,0					
	215	99,0	236,0	160	0,0	236,0					
	140	236,0	250,0	-	-	-	Без фільтра				
5-н	295	0,0	35,0	250	0,0	35,0					
	215	35,0	72,0	160	0,0	72,0					
	140	72,0	76,0	-			Без фільтра				
4-н	295	0,0	35,0	250	0,0	35,0					
	215	35,0	55,0	160	0,0	55,0					
	140	55,0	58,0	-			Без фільтра				

3.2 Геофізичні дослідження

Геофізичні дослідження виконані в нагнітаючій (17194 (2п)) та спостережній (6-н) свердловинах, де вирішувались наступні завдання:

- корегування меж між окремими літологічними різновидами порід;
- виділення водомістких порід в розрізі з визначенням їх потужності;
- визначення природної радіоактивності розкритих свердловинами порід.

Комплекс геофізичних робіт включав гамма-каротаж, стандартний електрокаротаж, кавернометрію. Геофізичні дослідження проводились каротажною станцією СК-1-74 пошуково-зйомочної експедиції 46, ДП "Кіровгеологія".

Гамма - каротаж виконувався на всю глибину свердловин з автоматичним записом природних величин радіоактивності в масштабі 1:200 з чутливістю 0,37 МА/кг.

Стандартний електрокаротаж складався з вимірювання уявного питомого електричного опору порід, потенціалу природного електричного поля в інтервалі 82-246м.

Результати каротажу зіставлені з керном, при цьому уточнювалися літологія та контакти порід. Збіжність геофізичних даних та керну добра. Остаточні результати ГДС оформлялись в вигляді каротажних діаграм (рис. 3.2) і винесені на аркушах відкачок.

Види та обсяги геофізичних досліджень наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Геофізичні дослідження

№ з/п	№ сверд.	Глибина сверд., м	Види досліджень					
			Гама-каротаж		Стандартний каротаж (КС, ПС)		Кавернометрія	
			Інтервал, м	Обсяг, м	Інтервал, м	Обсяг, м	Інтервал, м	Обсяг, м
1.	17194	246	0,0-246,0	246,0	82,5-246,0	163,5	82,5-246,0	163,5
2.	6Н	250	0,0-250,0	250,0	-	-	99,0-250,0	151,0

Інформація, яка була отримана в результаті проведення геофізичних досліджень, дозволила виконати корегування геолого-гідрологічного розрізу, уточнити інтервали залягання водоносних горизонтів та водотривких товщ, їх потужність, визначити фаціальну мінливість порід. Проведенні в свердловині геофізичні дослідження показали, що на території ділянки дослідження зберігаються відмінності геофізичних властивостей гірських порід які характерні для всього регіону.

Основною інтерпретаційною ознакою для визначення літологічних границь була інтенсивність гамма-випромінювання. Найбільшу природну радіоактивність мають мергелеподібні глини еоцену та олігоцену. Найнижча активність характерна для сарматських відкладів, які представлені вапняками. Мінливість гамма-активності добре фіксується на каротажній діаграмі і при зіставленні з даними буріння отримується об'єктивна інформація. За даними гамма-каратажу в розрізі виділяються дві потужні товщі водотривких порід, які представлені мергелеподібними глинами олігоценового віку, що залягають на глибині 110-150м с загальною потужністю 40м та глинами еоценового віку в інтервалі 175-215м потужністю 38м. Інтервал залягання водоносних горизонтів встановлювався шляхом проведення КС, ПС. За результатами проведення електрокаратажу в розрізі виділяються водоносні лінзи вапняку середньосарматського віку, водоносний горизонт асканійської свити в інтервалі 150-160м, який представлений дрібнозенистими пісками, водоносний горизонт альмінського ярусу в інтервалі 215-248м, який представлений тонкозернистими пісками, пісковиками та алевритами. Збіжність між контактами порід, встановленими по керну та каратажу, задовільна.

3.3 Дослідно-фільтраційні роботи

Дослідно-фільтраційні роботи полягали в проведенні дослідних відкачок зі свердловин, пробному та дослідному нагнітанні концентрату [17].

Дослідні відкачки із свердловин

Дослідні відкачки проводились із всіх пробурених свердловин з метою вивчення фільтраційних властивостей водомісних порід верхньо-середньосарматських та еоценових відкладів, встановлення характеру залежності дебіту свердловин від зниження рівнів, взаємозв'язку між водоносними горизонтами та вивчення якості підземних вод.

Дослідні відкачки проводилися за допомогою заглибних насосів типу «Грунфус» SP 5-14N. Дебіт свердловин при відкачках вимірювався за допомогою мірного баку ємністю 200л, а рівень – електрорівноміром. Методика відкачок загальноприйнята. Тривалість дослідів регламентувалась стабілізацією зниження рівня і становила 3-4доб. В кінці відкачок відбиралися проби води на хімічний аналіз. По закінченню відкачок в свердловинах проводились спостереження за відновленням рівня води протягом 2-36 годин. Всі дослідні відкачки оброблені методом часового простеження зниження та відновлення рівня (рис. 3.3-3.5).

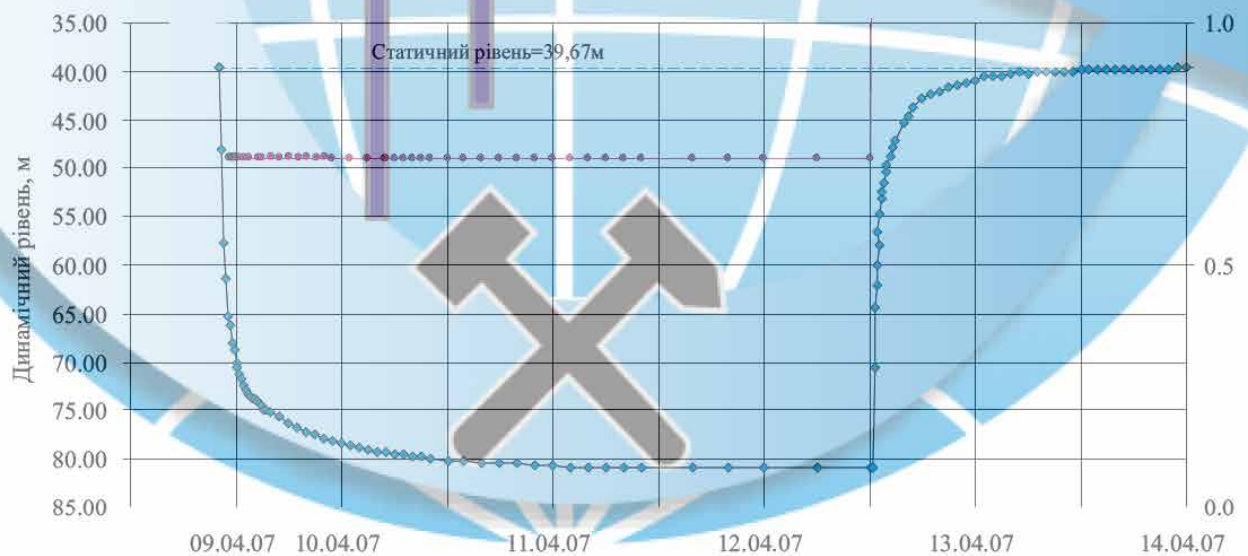


Рис. 3.3 Графік коливання динамічного рівня при відкачці у свердл. 17194

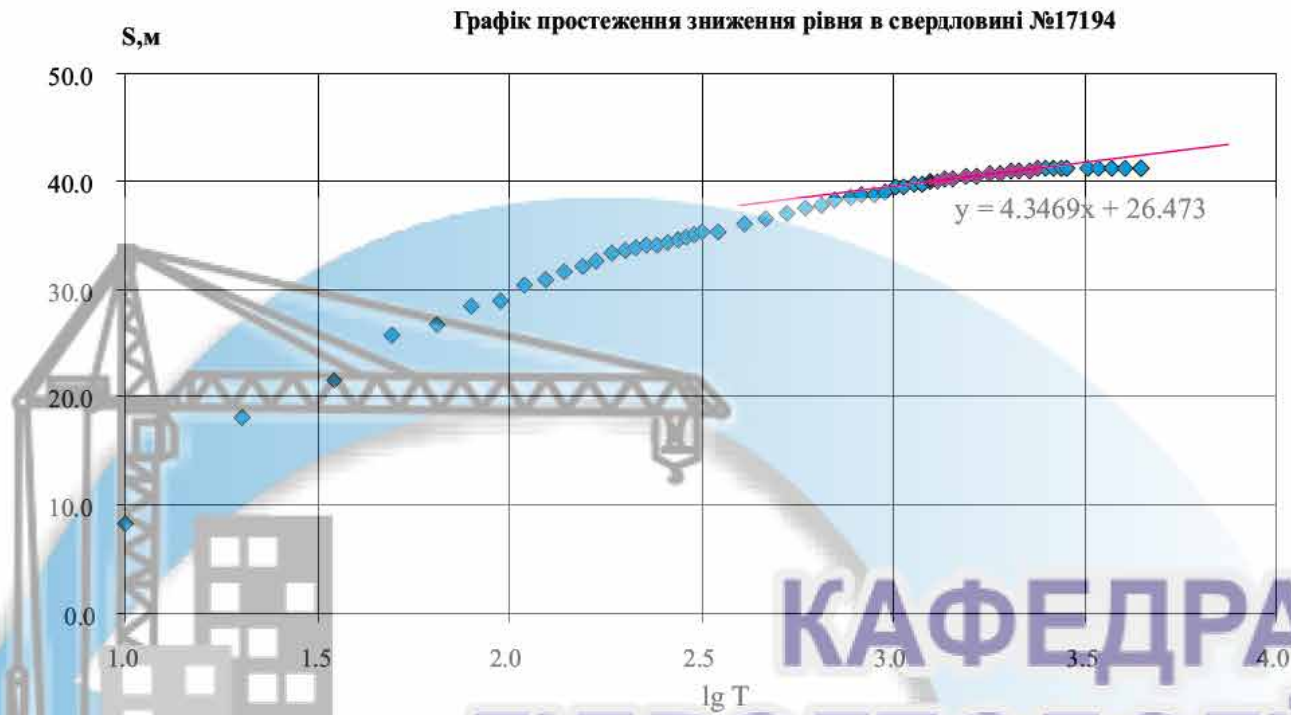


Рис. 3.4 Графік простеження зниження рівня у свердл. 17194



Рис. 3.5 Графік часового простеження відновлення рівня у свердл. 17194

Результати одиночних відкачок представлені у таблиці 3.3

Таблиця 3.3 - Результати відкачок із поодиноких свердловин

Геологічний індекс	Тривалість, год.		Рівень, м		Зниження, м	Дебіт			Питомий дебіт, дм ³ /с
	Відкачки	Відновлення	стат. рівень	динам. рівень		л/с	м ³ /год	м ³ /добу	
$\frac{4H}{N_1S_3}$	72	1,5	50,78	53,45	2,67	0,5	1,8	43,20	0,19
$\frac{5H}{N_1S_2}$	71,75	1,0	52,21	53,59	1,38	3,5	12,6	302,4	2,54
$\frac{6H}{P_{2al}}$	72,5	35,5	39,5	76,56	37,0	0,7	2,52	60,48	0,02
$\frac{17194}{P_{2al}}$	74,33	36,5	39,67	80,85	41,18	0,72	2,59	62,2	0,02

Методика визначення параметрів водоносних горизонтів за даними відкачок передбачає використання методу Джейкоба, де водопроникність (km) визначається залежністю

$$km = \frac{0.183 Q}{C},$$

де C – кутовий коефіцієнт прямолінійної частини графіків часового та площадного простеження; Q – дебіт свердловини, м³/добу.

При $C_1=4,35$ (див. рис. 3.4)

$$km = \frac{0.183 \times 62,2}{4,35} = 2,62 \text{ м}^2/\text{добу}$$

При $C_1=4,21$ (див. рис. 3.5)

$$km = \frac{0.183 \times 62,2}{4,21} = 2,70 \text{ м}^2/\text{добу}$$

Відповідно, $km_{сер} = 2,66 \text{ м}^2/\text{добу}$

Результати спостережень аналогічно оброблені за методом часового спостереження зниження та відновлення рівнів і приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Параметри водопровідності за результатами відкачок

№№св Геол. індекс	Дебіт, Q м ³ /добу	Зниження, м	Питомий дебіт, q(л/с)	Коефіцієнт водопровідності km , м ² /добу		
				Зниження рівня	Відновлення рівня	Середні значення
$\frac{4H}{N_1S_3}$	43,2	2,67	0,19	32,79	27,13	29,(6
$\frac{5H}{N_1S_2}$	302,;	1,38	2,54	513,00	491,00	502,00
$\frac{6H}{P_{2al}}$	60,48	37,0	0,02	2,87	2,76	2,82
$\frac{17194}{P_{2al}}$	62,2	41,18	0,02	2,62	2,70	2,66

Пробні наливи та нагнітання концентрату

З метою одержання коефіцієнту поглинання (приймальної здатності) пласта-колектора виконані пробні наливи та нагнітання в свердловину 2п (17194). Для наливу використаний «концентрат», одержаний в процесі водопідготовки обладнанням зворотного осмосу. Концентрат із мірної ємності при постійних витратах подавався в свердловину до заповнення її на рівні гирла. Стабілізація рівня води в свердловині на рівні гирла наступила при подачі концентрату з дебітом $Q = 1,2 \text{ м}^3/\text{годину}$.

В подальшому проведені нагнітання концентрату при п'яти ступенях тиску (рис. 3.6), в результаті чого була отримана залежність поглинаючої можливості водоносного горизонту від тиску на гирлі свердловини. Коефіцієнт поглинання визначався як відношення зміни витрат концентрату до зміни тиску нагнітання:

$$K_{II} = \frac{Q_1 - Q_2}{P_1 - P_2} \text{ і становив } K_{II} = \frac{36,5 - 1,2}{13,8 - 0,0} = 2,56$$

Графік поглинання свердловини від зміни тиску нагнітання приведений на рис. 3.6.

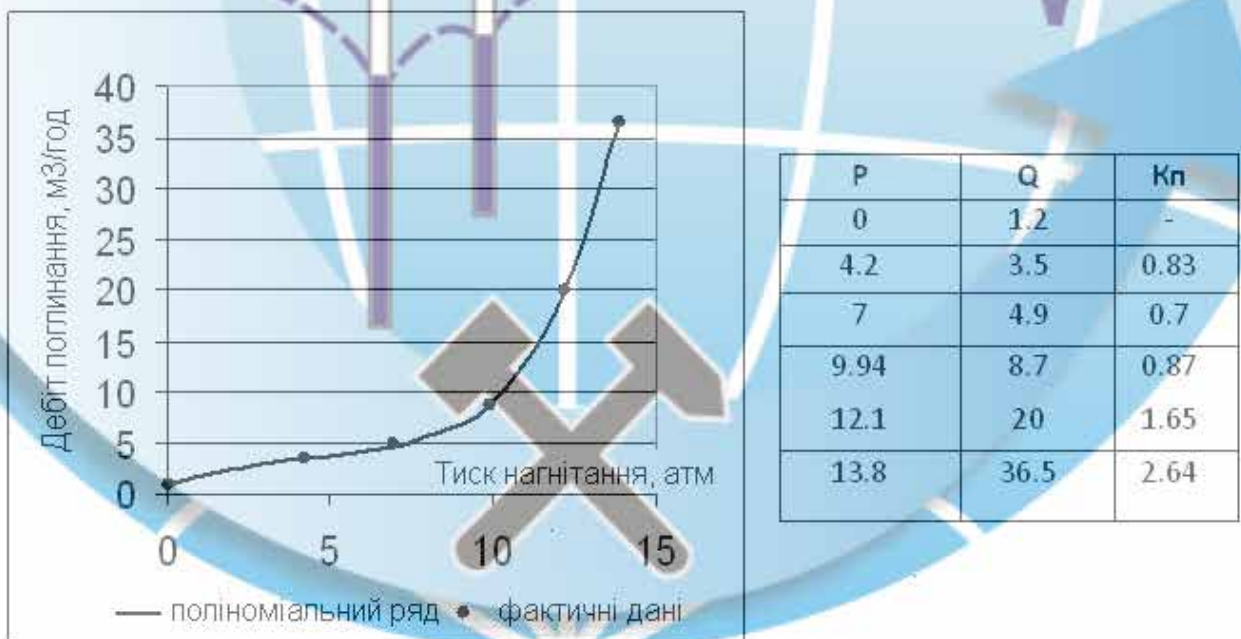


Рис. 3.6. Графік залежності дебіту поглинання від тиску нагнітання в свердловині

З графіку на рис. 3.6 видно, що різке збільшення витрат «концентрату» від $8,7 \text{ м}^3/\text{годину}$ до $36,5 \text{ м}^3/\text{годину}$ відбувається при зміні тиску на гирлі свердловини від 10 атм до 13,8 атм ($7,8 \text{ м}^3/\text{годину}$ на 1 атм).

Різке збільшення коефіцієнту поглинання від 0,87 до 1,65 виникло внаслідок гідравлічного розриву пласта-колектора, суть якого полягає в нагнітанні рідини під тиском, внаслідок чого при досяганні деякого граничного тиску відбувається розширення первинних тріщин або пласт розширюється по напластуванню порід. Згідно графіку, гідророзрив пласта-колектора відбувся при досяганні тиску на гирлі свердловини 12,1 атм.

Дослідні нагнітання концентрату

Нагнітання концентрату в водоносний горизонт еопенових відкладів розпочалося 13.12.2011 і проводилось циклічно до 15.11. 2012 р. Насос за рахунок імпульсного перетворювача створював повільне збільшення потоку концентрату, стабілізація якого наступала при витратах $30 \text{ м}^3/\text{год}$. Тривалість роботи насоса визначалась об'ємом накопиченого концентрату. Протягом доби зафіксовано багаторазове включення і виключення насосного обладнання. Об'єм концентрату за період досліджень склав 76688 м^3 . Середньодобовий об'єм при цьому $231,4 \text{ м}^3/\text{добу}$ або 32% від проектного об'єму ($720 \text{ м}^3/\text{добу}$). Динаміка об'єму нагнітання приведена в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Динаміка об'єму нагнітання концентрату

Об'єм концентрату	2011	2012										
	ХІІ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Сум. витрата м^3	5301	4698	1955	6997	6762	5087	8629	7034	9759	6655	9185	4606
Мін, $\text{м}^3/\text{добу}$	57	5	0	88	60	9	32	173	104	97	67	164
Мах, $\text{м}^3/\text{добу}$	499	612	318	409	433	373	423	485	499	402	473	457
Середн, $\text{м}^3/\text{добу}$	295	235	279	267	242	221	298	335	362	277	340	329
Робота насоса, год/доб	9	8	9	9	8	7	10	11	12	9	11	11

В часовому розрізі об'єм закачки концентрату визначався потребою заводу в воді і колювався від 104 до 459 м³/добу при частих зупинках на 2-3 доби. Найбільший об'єм закачки 9185-9759 м³. Середньодобові значення при цьому склали 340-362 м³/добу, що відповідає 47-50% від проектного об'єму. Тривалість роботи насосу, при цьому, з витратами 30 м³/годину склала 11-12 годин на добу. Робочий тиск на гирлі свердловини в залежності від тривалості роботи насосу змінювався від 6,8 до 13,4 атм при середньодобових значеннях 9-12,2 атм. Залежність витрати концентрату від тиску на гирлі свердловини наведено на рис 3.7.



Рис 3.7. Графік залежності витрат від тиску (свердловина 17194)

Приємність свердловини визначена 40,97 м³/добу атм

Після закінчення нагнітання концентрату були проведені спостереження за відновленням рівня як в нагнітаючій 17194 (2п) так і в спостережній свердловині (6-н). Результати спостережень були оброблені за методом часового простеження відновлення рівня і приведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Результати нагнітання концентрату

№ сверд	Тривалість, діб		Рівень, м		Підвищення, м	Дебіт	
	закачки	відновлення	Статичний	Динамічний		м ³ /год	м ³ /добу
2п (17194)	337	260	39,66	-7,35	46,91	30	226,7
6-н	337	260	39,40	-0,31	39,71		

Отримані під час проведення нагнітання і відновлення результати дозволили отримати достовірні розрахункові гідрогеологічні параметри (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 - Значення параметрів водопровідності та п'єзопровідності за результатами відновлення рівня (тиску)

№ св.	Дебіт м ³ /добу	Зниження, м	Питомий дебіт	Коефіцієнт водопровідності м ² /добу	Коефіцієнт п'єзопровідності	
					lga	a, м ² /добу
2п (17194)	226	46,91	-	2,54	3,7	5,06*10 ³

3.4 Результати режимних спостережень

Режимні спостереження за рівнем підземних вод вивчалися в трьох свердловинах, обладнаних на верхньосарматський (4-Н), середньосарматський (5-Н), альминський (6-Н) водоносні горизонти.

Режимні спостереження були направлені на вивчення залежності змін пластового тиску в поглинаючому горизонті при нагнітанні концентрату, змін умов водообміну між водоносними горизонтами, а також запобіганню забруднення експлуатаційних водоносних горизонтів внаслідок виникнення аварійних ситуацій.

Режимні спостереження в свердловині 4-Н показують, що для підземних вод верхньосарматського водоносного горизонту характерна залежність положення рівня як від природно-кліматичних, так і від техногенних факторів.

Рівні підземних вод характеризуються сезонним коливанням. Максимальні рівні 49,73 – 49,96м приходяться на зимово-весняний період,

мінімальні 50,54 – 50,73 м на літній період. Відновлення рівня відбувається в осінньо-зимовий період за рахунок збільшення атмосферних опадів та зниження їх випаровування.

Амплітуда коливання рівня в річному циклі дуже мінлива і складає від 0,5 м до 2,5 м. Така мінливість пов'язана з додатковим впливом на формування режиму підземних вод верхньосарматського водоносного горизонту величини водовідбору при експлуатації водозабору. Зниження амплітуди коливання рівня в 2013 році пов'язане з припиненням експлуатації свердловини 935/1008 (знаходилась на консервації), яка розташована на відстані 150 м від спостережної свердловини.

Залежність впливу нагнітання концентрату в водоносний горизонт верхньоеоценових відкладів на положення рівня підземних вод в верхньосарматських відкладах під час спостереження не відмічається. Графік коливання рівня приведений на рис. 3.8.

Режим підземних вод у відкладах середньосарматського водоносного горизонту характеризується відносною стабільністю рівнів з незначними коливаннями в річному циклі спостережень. Глибина залягання рівнів складає 52,31-52,82 м. Максимальні значення зафіксовані в зимово-весняний період, мінімальні - в літній період. Амплітуда коливання середньомісячних рівнів в річному циклі складає 0,24 – 0,49 м (табл. 3.8) Середньорічні значення рівнів практично не змінились. Зниження рівня до мінімальних значень в серпні – вересні, пов'язано з максимальним водовідбором в цей період із свердловин обладнаних на водоносний горизонт середньосарматських відкладів.

Вплив нагнітання концентрату в водоносний горизонт палеогенових відкладів на стан рівнів підземних вод середньосарматського горизонту не відмічається.

Режимні спостереження за станом рівнів підземних вод у відкладах альмінського ярусу верхнього еоцену вивчався в спостережній свердловині 6-Н, яка розташована на відстані 125 м від нагнітаючої свердловини 17194 (2-

П). Водонесний горизонт залягає на глибині 236 м і носить напірний характер. Висота напору складає 196,5 м. Нагнітання концентрату в пласт-колектор привело до суттєвих змін положення рівня в спостережній свердловині, які характеризують пряму залежність від об'єму та тиску нагнітання. Процес нагнітання носить пульсуючий характер, тривалість і частота якого залежить від об'єму накопиченого концентрату. Пульсуюче нагнітання відповідає і положенню рівнів в спостережній свердловині, яке характеризується швидким підвищенням при безперервному нагнітанні та різким зниженням при його зупиненні.

На фоні загального пульсуючого характеру положення рівнів відмічається стабільний характер зростання середньодобових значень від 16,4м (на початку нагнітання) до 4,93м (на кінець нагнітання), при максимальних значеннях, відповідно, від 8,24 м до +3,79м від поверхнею землі. Середньодобові дебети закачування змінювались від 225 м³/добу до 313 м³/добу при середньодобовому значенні нагнітання 272 м³/добу.

Відновлення рівня після припинення нагнітання носить дуже затягнутий характер стабілізації. Різде зниження рівнів характерне на перші дні спостереження. Амплітуда зниження при цьому складала 5,64 м на першу добу і знизилась 1,12м на сьому добу спостереження. На протязі першого місяці спостережень рівні знизились до 28,4 м. Подальший процес стабілізації рівня характеризується повільним зниженням від 0,1 – 0,9 м/добу до 0,01 – 0,02 м/добу на кінець спостереження. Період релаксації в спостережній свердловині 6-Н склав 234 доби.

В цілому, режим підземних вод в пласті-колекторі прямолінійно залежить від ступеня нагнітання концентрату в часі.

Таблиця 3.8 - Середньомісячні рівні підземних вод верхньо - середньосарматського водоносного горизонту

№ св.	Рік	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Середнє за рік, м	Мінімальне значення, м	Максимальне значення, м	Амплітуда коливання рівня, м
4-н	2011												48,08	48,08	48,08	48,08	
	2012	49,88	49,73	49,75	49,79	48,33	48,51	50,62	50,73	50,7	50,57	50,28	50,13	49,78	48,33	50,73	2,50
	2013	50,1	50,01	49,96	49,94	50,22	50,35	50,38	50,54	50,54	50,37	50,24	50,11	50,2	49,94	50,54	0,60
5-н	2011												50,62	50,62	50,62	50,62	
	2012	52,31	52,36	52,42	52,50	50,72	50,76	52,65	52,82	52,78	52,73	52,62	52,57	52,27	50,72	52,82	0,49
	2013	52,55	52,46	52,41	52,41	52,50	52,56	52,58	52,65	52,64	52,55	52,58	52,58	52,54	52,41	52,65	0,24

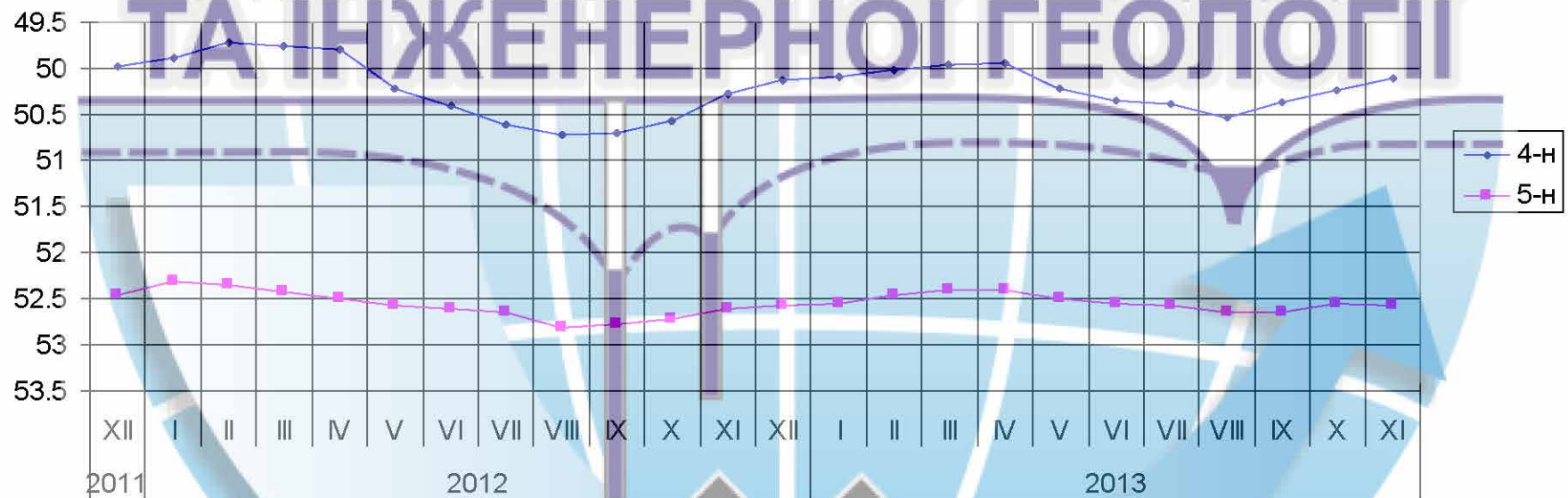


Рис. 3.8 Графік коливання рівня в свердловинах 4-н; 5-н

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ТА ЄМНІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАСТА-КОЛЕКТОРА НА ЧИСЕЛЬНІЙ ФІЛЬТРАЦІЙНІЙ МОДЕЛІ

Гідродинамічна модель полігону закачки створена на кафедрі гідрогеології та інженерної геології НТУ «Дніпровська політехніка» [11]. Завданням дійсного дослідження є визначення параметрів проникності є ємності пласта колектора шляхом рішення шляхом рішення зворотніх задач з відкачки на нагнітання промислових стоків.

В вертикальному перетині область фільтрації схематизована трьохшаровою водоносною товщею (рис. 4.1). Перший розрахунковий шар умовно відображає водоносний горизонт четвертинних відкладень, другий – водоносний комплекс середньо- і верхньосарматських неогенових вапняків, третій – пласт-колектор – палеогеновий водоносний горизонт у відкладах альмінського ярусу. Водоносні горизонти мають гідравлічний зв'язок через розділяючі слабопроникні шари.

У плані фільтраційне поле представлено сіткою 69 на 76 елементів з нерівномірним кроком, що зменшується від границь області фільтрації в напрямку до ділянки досліджень (від 200 до 50 м) та охоплює площу близько 114 км².

Перший розрахунковий шар узагальнено відображує слабоводоносний горизонт еолово-делювіальних та алювіальних відкладів р. Інгул. Останній, заданий з метою створення умов пружного режиму фільтрації середньо- і верхньосарматського водоносного комплексу. Тому результати рішень за першим розрахунковим шаром, що не мають практичного значення при відтворенні процесу закачування концентрату, в подальшому не згадуватимуться.

Граничні умови.

При обґрунтуванні зовнішніх границь моделі враховано радіус істотного впливу водозаборів ТОВ "Сандора" та зон санітарної охорони. На зовнішньому контурі другого розрахункового шару, що відображає сарматський водоносний

комплексе, у межах ділянок притоку підземних вод задано граничні умови першого роду з абсолютними відмітками рівня ($H = \text{const}$), а за лініями току – гранична умова II-го роду з витратами, що дорівнюють нулю ($Q=0$). Річка Інгул є внутрішньою граничною умовою I-го роду недосконалого типу як за характером розкриття водоносного горизонту, так і за наявністю слабопроникливих підруслоних відкладень.



Рис. 4.1 Тришарова фільтраційна модель

За обмеженою кількістю фактичних даних щодо умов залягання палеогенового водоносного горизонту на третьому розрахунковому шарі прийняті гідродинамічні границі *III*-го роду, що відображають взаємозв'язок витрат і напорів. Витрати з нульовими величинами задані за лініями потоків ($Q=0$).

Для створення масивів вихідної інформації були використані карти гіпсометрії поверхні землі, покрівлі і підшви водоносних горизонтів, гідрогеологічні карти на різні тимчасові періоди, геологічні і гідрогеологічні розрізи, дані щодо фільтраційних параметрів водоносних товщ та розділяючих слабопроникних порід, карти гіпсометрії, відомості про режимні спостереження, величини інфільтраційного живлення та ін.

Вхідні значення коефіцієнтів фільтрації, гравітаційної та пружної водовіддачі сарматського водоносного комплексу приймалися за результатами дослідно-фільтраційних відкачок та роботи чисельних водозаборів [18], палеогенового – за нечисельними фактичними даними та літературними джерелами [19].

Слід відзначити, що фільтраційні та ємнісні параметри водоносних товщ, а також параметри перетікання, коригувались в процесі рішення обернених ідентифікаційних рішень, про що йдеться в наступному розділі.

Рішення обернених задач представляє собою послідовний багатоваріантний ряд розрахунків в стаціонарній і нестационарній постановці, де оцінюється вплив на рівневий режим підземних вод змін коефіцієнта фільтрації порід, водовіддачі, інфільтраційного живлення, параметра взаємозв'язку суміжних водоносних горизонтів, недосконалості водотоків та ін. За результатами факторно-діапазонного аналізу обґрунтовуються масиви вхідних даних, що дозволяє збалансувати модель та отримати положення рівня, близьке до фактичного. Контрольними даними при рішенні задач ідентифікації є результати дослідно-фільтраційних робіт і багаторічних режимних спостережень.

Оскільки відсутні контрольні дані щодо рівневого режиму підземних вод сарматського водоносного комплексу на доексплуатаційний період, то на моделі відтворений квазістаціонарний режим при роботі водозаборів в с. Полігон, м. Погорілове, с. Воскресенське та ВК-2 ТОВ "Сандора". Водозабори, що експлуатуються, відображені на моделі внутрішніми граничними умовами II роду з відповідною величиною водовідбору.

Фільтраційні та ємнісні параметри сарматського та палеогенового водоносного комплексу, а також розділюючих шарів коригувались при відтворенні на моделі динаміки одиночних пробних відкачок, проведених. За цим параметри водоносних горизонтів і розділюючих слабо проникних товщ мають наступні значення:

- коефіцієнт фільтрації розділюючого шару між першим і другим шарами становить $2 \cdot 10^{-3}$ м/доб, між другим і третім – $1 \cdot 10^{-6}$ м/доб;
- коефіцієнт фільтрації сарматських відкладів 5 м/доб, палеогенових – 0,02 м/доб;
- коефіцієнт водовіддачі для сарматських відкладів: гравітаційної – 0,1 пружної – 10^{-4} ; для палеогенових, відповідно – 0,02 і 10^{-5} .

При вказаних параметрах гідродинамічна модель території досліджень збалансована в гідродинамічних межах (табл. 4.1).

Слід відзначити, що і в природних умовах і при експлуатації водозаборів, на ділянці досліджень рівень підземних вод палеогенових відкладів за абсолютними відмітками вище рівня сарматського горизонту. Тобто спостерігається висхідний перетік підземних вод через розділюючий слабо проникний шар і на період до 2012 р складає $7,1 \text{ м}^3/\text{доб}$ (табл. 4.1).

Баланс підземних вод моделі вод на період до 2012 року

Прибуткові елементи балансу, м ³ /доб		Витратні елементи балансу, м ³ /доб	
Розрахунковий шар 2			
Інфільтраційне живлення за рахунок атмосферних опадів	195,2	Дебіт свердловин	3745
Приток на зовнішньому контурі	1910	Розвантаження в річку	2126,5
Перетік через покрівлю	3767,1	Випаровування	26
Перетік через підшову	7,1		
Ємнісна складова	0,14	Ємнісна складова	0
Разом:	5879,5	Разом:	58897,5
Нев'язка балансу, %			0,15
Розрахунковий шар 3			
Приток на зовнішньому контурі	9,8	Розвантаження на зовнішньому контурі	2,9
		Перетік через покрівлю	7,1
Ємнісна складова	0,06	Ємнісна складова	0
Разом	9,9	Разом	10,0
Нев'язка балансу, %			0,8

При обґрунтуванні можливості закачування промислових вод вирішується задача оцінки приємності поглинальних свердловин. Величина дебіту нагнітаючих (поглинаючих) свердловин визначається проникністю водоносного пласта і особливостями формування проникності присвердловинної зони. Для визначення цих параметрів проведені дослідно-фільтраційні роботи (ДФР) з закачування концентрату в палеогеновий водоносний горизонт (3 розрахунковий шар). Об'єми закачки в свердловину 2-П змінювались від 5 до 612 м³/доб при тиску від 0,3 до 17,37 атм. Зміни рівневого режиму фіксувались в спостережній свердловині 6-Н, що знаходиться на відстані 125 м від нагнітаючої. За результатами інтерпретації даних ДФР приємність свердловини складає 40 м³/добу·атм [16].

Для відтворення на моделі динаміки рівня підземних вод при ДФР процес розподілений на періоди, кожен з яких містить режим нагнітання-релаксації (рис. 4.2).

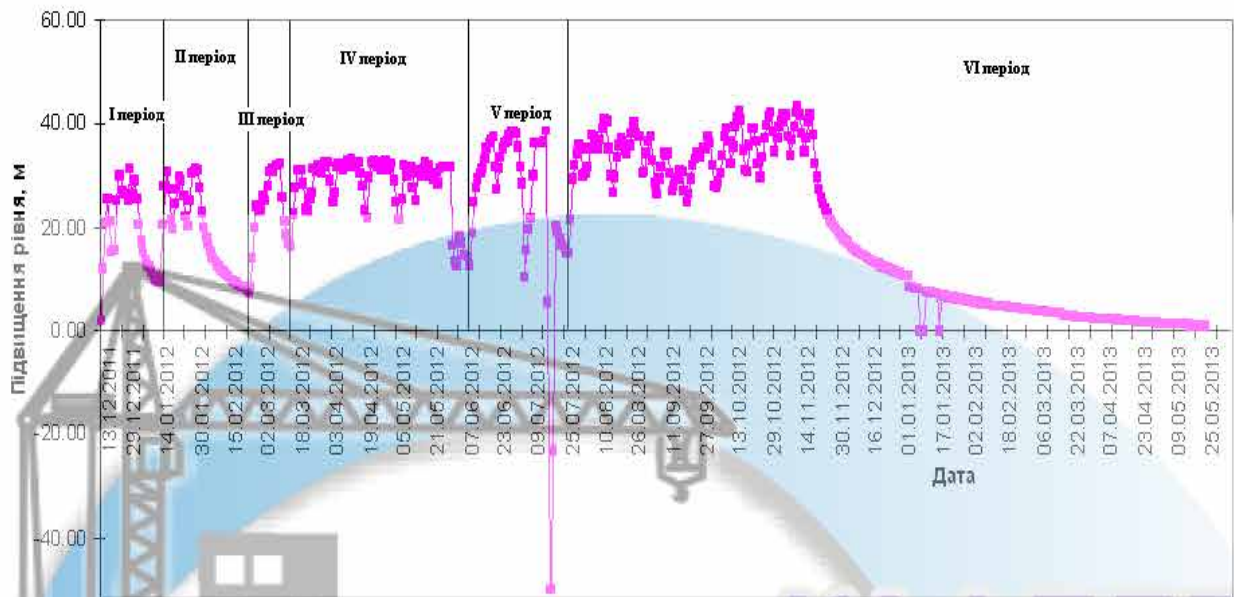


Рис. 4.2 Динаміка рівня підземних вод в спостережній свердловині 6-Н при закачуванні концентрату

В періоді V зафіксовано аномально високу амплітуду зміни рівня ($\Delta H=88$ м), що може бути пояснено явищем гідророзриву пласта, механізм формування якого буде розглянутий в розділі 2.4. Для з'ясування фільтраційних та ємнісних параметрів палеогенових водоносного горизонту та їх змін на моделі відтворений процес закачування-релаксації в I і VI період з щодобовою зміною дебіту (рис. 4.3, 4.4).



Рис. 4.3 Динаміка рівня підземних вод в свердловині 6-Н (I період)

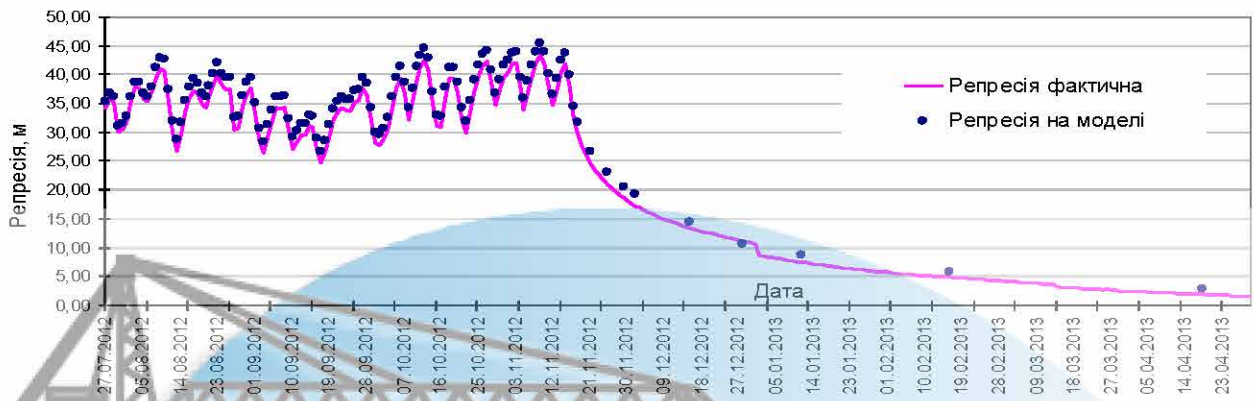


Рис. 4.4 Зміни репресії в часі в спостережній свердловині 6-Н (VI період)

З графіків на рис. 4.3 і 4.4 видно, що модельне і фактичне положення рівнів конгруентні, проте нев'язка рівнів складає до 1,1 м. Це пояснюється інерційністю масиву гірських порід та нестационарністю процесу. Задовільна схожість процесів встановлена при наступних параметрах палеогенових водоносних порід:

- 1) коефіцієнт фільтрації – 0,1 м/доб, в присвердловинній зоні – 3 м/доб (вочевидь діє ефект гідророзриву);
- 2) коефіцієнт нестачі водонасичення: пружного – $9,8 \cdot 10^{-5}$, гравітаційного – 0,2.

Параметри пласта-колектора, отримані на моделі при рішенні обернених задач, щодо відкачки та закачування дещо відрізняються, що обумовлено досягненням гідророзриву. Проте останні є найбільш обґрунтованими за багатоваріантними ідентифікаційними рішеннями і прийняті при прогнозуванні процесу закачування концентрованих розчинів.

5. ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОЛІГОНУ ЗАКАЧКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПЛАСТА-КОЛЕКТОРА

Використання водоносних горизонтів як пластів колекторів для закачування мінералізованих стоків є природоохоронним заходом, але може завдати шкоди навколишньому середовищу і надрам при недотриманні норм проектування, будівництва і експлуатації полігонів [12-14].

Охорона надр і навколишнього середовища передбачає проведення комплексу заходів, спрямованих на запобігання розливів і витоків концентрованих вод в системі їх збору, підготовки і транспортування.

Виключення будь-яких шляхів забруднення навколишнього середовища стічними водами досягається за допомогою вибору для закачування надійно ізольованих поглинаючих горизонтів, застосування досконалих технологічних рішень для всього ланцюжка збору, підготовки, транспортування і закачування вод (включаючи свердловини), використання корозійно стійких матеріалів, спеціальних покриттів, інгібіторного захисту і т.д., створення оптимальної системи контролю, оперативного усунення негативних проявів на ранній стадії їх виникнення. Необхідним заходом охорони навколишнього середовища є організація зон санітарної охорони навколо споруд штучного поглинання.

Роботи, пов'язані з контролем за процесом закачування стічних вод, повинні розпочатися до закачування, під час будівництва нагнітальних і спостережних свердловин або переобладнання для цієї мети розвідувальних свердловин. Після освоєння, досліджень і випробувань (в тому числі, відкачування пластової води і дослідним нагнітання технічної води) можлива досить тривала перерва до початку закачування вод. У цей період не рідше одного разу на рік в свердловинах проводяться виміри рівня підземних вод, відбір і хімічний аналіз проб, заміри пластового тиску глибинним манометром і пластової температури в інтервалі фільтра або відкритого забою. Метою цих спостережень є отримання фонових гідрогеологічних характеристик до початку закачування стічних вод.

З початком закачування концентрованих вод завданням контролю стає перевірка відповідності фактичних технологічних параметрів експлуатації і

технічного стану наземних споруд, свердловин, гідродинамічного і гідрохімічного режимів підземного сховища прийнятим проектним показникам.

Щодобово ведеться облік закачуваних обсягів технічних вод: обсяг закачування в кожен свердловину і в цілому по полігону. Фіксується час закачування, тиск на насосах і на гирлі нагнітальних свердловин.

Систематично за регламентом визначаються фізичні властивості і хімічний склад технічних вод, що підлягають закачуванню, для визначення відповідності їх якості прийнятій в проекті і регламенті. Регулярно проводиться огляд всіх комунікацій зі збору та транспортування стічних вод для виявлення можливих витоків з метою якнайшвидшого їх усунення.

В нагнітальних свердловинах один раз на рік виконується комплекс промислово-геофізичних досліджень для визначення інтервалів поглинання і технічного стану свердловин (герметичність пакера, обсадних труб).

У разі виявлення негерметичності труб її необхідно негайно усунути. При підйомі нагнітальних труб проводиться їх ревізія на предмет виявлення корозійних проявів. В цей час виконується комплекс промислово-геофізичних досліджень для оцінки технічного стану експлуатаційної колони.

У глибоких спостережних свердловинах, які контролюють горизонт поглинання і «буферний» здійснюються не рідше одного разу на рік заміри рівня рідини і забою, відбір проб у стволі до забою (при відсутності тиску на гирлі або слабкому переливі) і їх хімічний аналіз. Не рідше одного разу на рік глибинним манометром вимірюють пластовий тиск і пластову температуру. Один раз на рік виконується комплекс промислово-геофізичних досліджень для визначення руху флюїдів в зоні свердловини.

У гідроспостережних свердловинах, які контролюють верхній водоносний горизонт (включаючи свердловини найближчих водозаборів), не рідше одного разу в квартал проводяться заміри статичного рівня води, відбір і хімічний аналіз проб води. Стандартний перелік видів і періодичність контролю за режимом поглинального, «буферного» і верхнього водоносного горизонтів наведено в табл. 5.1.

Під час проведення ремонтних робіт в свердловинах (в тому числі з відновлення поглинальної здатності, заміні нагнітальних труб та ін.) частота контрольних замірів збільшується, розширюється комплекс промислово-геофізичних досліджень, можуть виконуватися різні спеціалізовані дослідження (гідропрослухування, запуск і простежування індикаторів і ін.).

Таблиця 5.1 – Перелік видів контролю за режимом закачування технічних вод

Об'єкт контролю	Засоби контролю	Способи контролю	Частота контролю
Поглиналий робочий горизонт	Діючі нагнітальні свердловини	Облік витрат закачуваних вод	Щодобово
		Замір манометрами тиску нагнітання на гирлі свердловин і тиску в міжтрубному просторі	Щодобово
		Визначення інтервалів поглинання стічних вод і герметичності труб промислово-геофізичними методами	1 раз на рік
		Замір рівня води або надмірного гирлового тиску	1 раз на рік
Буферний горизонт	Глибокі спостережні, п'езометричні, нагнітальні свердловини	Відбір і хімічний аналіз проб води у стволі до забою	1 раз на рік
		Замір пластового тиску глибинним манометром і пластової температури	1 раз на рік
		Комплекс промислово-геофізичних досліджень для визначення руху флюїдів в зоні свердловини	1 раз на рік
		Замір рівня або надлишкового гирлового тиску	1 раз на рік
Верхній водоносний горизонт питної води	Неглибокі спостережні і водозабірні свердловини	Відбір і хімічний аналіз проб води у стволі до забою	1 раз на рік
		Замір пластового тиску глибинним манометром і пластової температури	1 раз на рік
		Комплекс промислово-геофізичних досліджень для визначення руху флюїдів в зоні свердловини	1 раз на рік
		Замір статичного рівня води і забою	1 раз у квартал

Контроль за нагнітанням стоків проводиться під методичним керівництвом організації, що здійснює авторський нагляд.

Регулярно, з періодичністю від одного року до трьох-п'яти років (в залежності від термінів дії дозволів на закачування вод), повинен виконуватися аналіз експлуатації полігону штучного поглинання за минулий період.

6. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРИРОДООХОРОННИХ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Розрахунок відверненого економічного збитку

Розрахунок виконують відповідно до «Тимчасової типової методики визначення економічної ефективності здійснення заходів і оцінки економічного збитку, заподіяного народному господарству забрудненням навколишнього середовища» [15-16].

Економічний ефект (E_k) досягається в результаті зменшення збитку від річного скидання забруднень у водний об'єкт. Визначається за формулою:

$$E_k = Y_1 - Y_2, \text{ тис. грн.} \quad (6.1)$$

де Y_1 і Y_2 - відповідно збиток до і після впровадження природоохоронних заходів.

Економічну оцінку річного збитку від скидання забруднюючих домішок у річку виконують за формулою:

$$Y = \gamma \times a_k \times M, \text{ тис. грн.} \quad (6.2)$$

де γ - константа (144 грн./ум. т.); a_k - константа для ділянки річки, куди відбувається скид (за даними табл. 6.1); M - приведена маса річного скидання забруднень у водогосподарчу ділянку ріки, ум. т/рік

Чисельне значення M знаходять за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n A_i * m_i, \quad (6.3)$$

де A_i - показник відносної небезпеки скидання i -го речовини в річку, ум.т/т, m_i - загальна маса річного скидання i -го забруднення, т/рік, n - число видів забруднень.

Загальну масу річного скидання забруднюючих речовин визначають за формулою:

$$m_i = \frac{C_i * q_{ск} * 365}{1 * 10^6}, \text{ т/рік} \quad (6.4)$$

де C_i - допустима концентрація i -тої забруднюючої речовини в очищених стічних водах, мг/л; $q_{ск}$ - витрата очищених стічних вод, м³/добу.

Константа a_k характеризує існуючий стан водотоку. Має значення в межах від 0,15 (р. Лена в районі м. Якутська) до 3,79 (р. Сіверський Донець)

Константу a_k можна прийняти за даними табл. 6.1. залежно від ділянки річки чи басейну.

Таблиця 6.1. - Константа a_k для басейнів деяких рік України

Басейни річок	Область	a_k
р. Дністер	Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська	1,84
р. Дніпро	Рівненська, Волинська, Хмельницька, Житомирська, Чернігівська, Київська, Тернопільська, Сумська	1,75
р. Дніпро для областей в районі Каховського гідровузла	Київська, Черкаська, Полтавська, Сумська, Харківська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська, Донецька	2,33
р. Дністер, гирло	Херсонська, Дніпропетровська	0,99
р. Сіверський Донець, гирло	Харківська, Луганська, Донецька	3,79
р. Південний Буг, гирло	Черкаська, Хмельницька, Вінницька, Кіровоградська, Миколаївська, Одеська	2,6
річки Криму	-	1,64
Інші річки України	-	1,5-2,5

Чисельне значення показника відносної небезпеки величини A знаходять за даними табл. 6.2 чи за формулою (6.6), якщо константа такої забруднюючої речовини в табл. 6.2 відсутня

$$A_i = \frac{1}{ГДК_i}, \text{ умов. т/т,} \quad (6.6)$$

де ГДК – граничнодопустима концентрація токсичної речовини у воді річки відповідного виду водокористування. При відсутності даних приймають $A=5 \cdot 10^{-4}$ ум.т/т.

Таблиця 6.2 - Значення константи А для деяких забруднюючих речовин

N п/п	Найменування забруднюючих речовин	ГДК для рік, г/м ³		А, ум. т/т
		Рибогосподарсь- кого значення	господарсько- питного значення	
1	Завислі речовини	20	-	0,050
2	Нафта і нафтопродукти	0,50	-	2
3	Азот загальний	-	10	0,100
4	БПК	3,00	-	0,330
5	Сульфати	-	500	0,002
6	Хлориди	-	350	0,003
7	Ціаніди	0,05	-	20
8	Формальдегід	0,10	-	10
9	Мідь	0,01	-	100
10	Цинк	0,01	-	100
11	Миш'як	0,05	-	20

Розрахунок збору платежів за скидання забруднюючих речовин у водний об'єкт

Розрахунок суми річного збору платежів за забруднення водних об'єктів у результаті скидання стічних вод у ріки виконують відповідно до постанови Кабінету Міністрів України № 303 від 01.03.1999 р [25-30]. Розрахунок роблять з урахуванням нормативів збору на всі види забруднень і регіональних (басейнових) коригувальних коефіцієнтів за формулою:

$$\Phi = K \times \sum_{i=1}^n m_i \times H_i, \text{ грн. ,} \quad (6.7)$$

де N_i - норматив збору за скидання i -го забруднення, грн./т (табл. 6.3, 6.4); m_i – маса річного скидання i -го забруднення, т (за 6.4); n – число видів забруднень, K – басейновий коефіцієнт (табл. 6.5.)

Таблиця 6.3 - Нормативи збору за скидання основних забруднюючих речовин у водні об'єкти

№ п/п	Забруднюючі речовини	Норматив збору, грн/т
1	Азот амонійний	35
2	Органічні речовини (обумовлені по БПК)	14
3	Завислі речовини	1
4	Нафтопродукти	206
5	Нітрати	3
6	Нітрити	172
7	Сульфати	1
8	Фосфати	28
9	Хлориди	1

Для токсичних речовин розрахунок фінансового збору виконують за нормативами залежно від значення ГДК у воді водних об'єктів рибогосподарського значення за даними табл. 6.4.

Таблиця 6.4 - Нормативи збору за скидання токсичних забруднень у водний об'єкт рибогосподарського значення.

ГДК забруднюючих токсичних речовин, мг/л	Норматив збору, грн/т
До 0,001	2752
0,001÷0,09	1995
0,1-1,0 включно	344
1÷10	35
Більш 10	7

Таблиця 6.5 – Регіональні (басейнові) коефіцієнти

Басейни морів і річок	Коефіцієнт
Азовського і Чорного моря	2
Дунай, Дніпро (м. Київ до Каховського гідровузла), Південний Буг, Інгул, Сіверський Донець, Міус, Кальміус	2,2
Дніпро (границя України – до м. Києва), Прип'ять, Західний Буг, ріки басейну Вісли, Десна	2,5
Дністер, річки Криму	2,8
Тиса, Прут	3

Визначення питомого економічного збитку (γ_i) від забруднення водних ресурсів

$$\gamma_i = \gamma \times A_i$$

де γ_i - питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тони умовної забруднюючої рідини; A_i - безрозмірний показник відносної i -ї забруднюючої речовини; γ - проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, грн./т, що становить

$$\gamma_i = \gamma_{\Pi} \times \frac{I}{100} = 500 \times \frac{125,2}{100} = 626,0 \text{ грн/т},$$

де $\gamma_{\Pi} = 500$ грн/т – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у 2008 році; I – 125,2% індекс інфляції (споживчих цін)

ВИСНОВКИ

Геологічна будова та гідрогеологічні умови ділянки надр вивчені з детальністю, що забезпечує виявлення умов залягання, поширення та якості підземних вод водоносного горизонту у відкладах палеогену. Вона дозволяє виконати обґрунтування можливості закачки до нього промислових стоків без негативних наслідків на навколишнє природне середовище, у тому числі, на підземні води водоносних горизонтів, які використовуються для водопостачання населення.

Закачку промислових стоків планується виконувати до водоносного горизонту альмінського регіоярусу верхнього еоцену. Водоносні горизонти у відкладах асканійської світи верхнього еоцену будуть виконувати роль «буферних».

Водоносний горизонт в відкладах альмінського регіоярусу верхнього еоцену залягає на глибині 215,0-246м і приурочений до глинистих тонкозернистих глауконітових пісків та тріщинуватих пісковиків, які залягають в підшві відкладів. Між собою вони розділені піщанистою ваньяковою глиною потужність якої становить 11,0 м. Саме пісковики, які мають розкрити потужність 10,0 м, планується використовувати в якості колектору для приймання стоків. Від водоносного горизонту у відкладах середньосарматського регіоярусу верхнього міоцену він відокремлений 156-метровим шаром теригенно-глинистих відкладів, більшу частину з якого складають щільні глини.

Водоносний горизонт напірний, висота напору над покрівлю шару пісковиків становить близько 196 м. Статичні рівні водоносного горизонту зафіксовані на глибині 39,5 – 39,67 м від поверхні землі.

На ділянці геологічного вивчення водоносний горизонт містить підземні води хлоридного натрієвого складу з сухим залишком 35,0 – 39,0 г/дм. Сухий залишок концентрату, який планується для закачки в водоносний горизонт, знаходиться в межах 13,7 – 18,5 г/дм³.

Виконаний комплекс геологорозвідувальних робіт, який включав дослідно-фільтраційні роботи у вигляді дослідних відкачок, наливів та нагнітань, дозволив оцінити основні гідрогеологічні параметри цільового водоносного горизонту та обґрунтувати вихідні дані для математичного моделювання процесу закачки промислових стоків.

Фільтраційні та ємнісні параметри сарматського та палеогенового водоносного комплексу, а також розділяючих шарів коригувались при відтворенні на чисельній моделі динаміки одиночних пробних відкачок, проведених у 2009 та 2012 роках. За цим параметри водоносних горизонтів і розділяючих слабо проникних товщ мають наступні значення:

- коефіцієнт фільтрації розділяючого шару між першим і другим розрахунковими шарами становить $2 \cdot 10^{-3}$ м/доб, між другим і третім – $1 \cdot 10^{-6}$ м/доб;
- коефіцієнт водовіддачі для сарматських відкладів: гравітаційної – 0,1 пружної – 10^{-4} ; для палеогенових, відповідно – 0,02 і 10^{-5} .

При вказаних параметрах гідродинамічна модель території досліджень збалансована в гідродинамічних межах. Спостерігається висхідний перетік підземних вод через розділяючий слабо проникний шар і складає $7,1 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Модельне і фактичне положення рівнів при нагнітанні конгруентні (нев'язка рівнів складає до 1,1 м). Задовільна схожість процесів встановлена при наступних параметрах палеогенових водоносних порід:

- коефіцієнт фільтрації – 0,1 м/доб, в присвердловинній зоні – 3 м/доб (вочевидь діє ефект гідророзриву);
- коефіцієнт нестачі водонасичення: пружного – $9,8 \cdot 10^{-5}$, гравітаційного – 0,2.

Параметри пласта-колектора, отримані на моделі при рішенні обернених задач, щодо відкачки та закачування дещо відрізняються, що обумовлене досягненням гідророзриву.

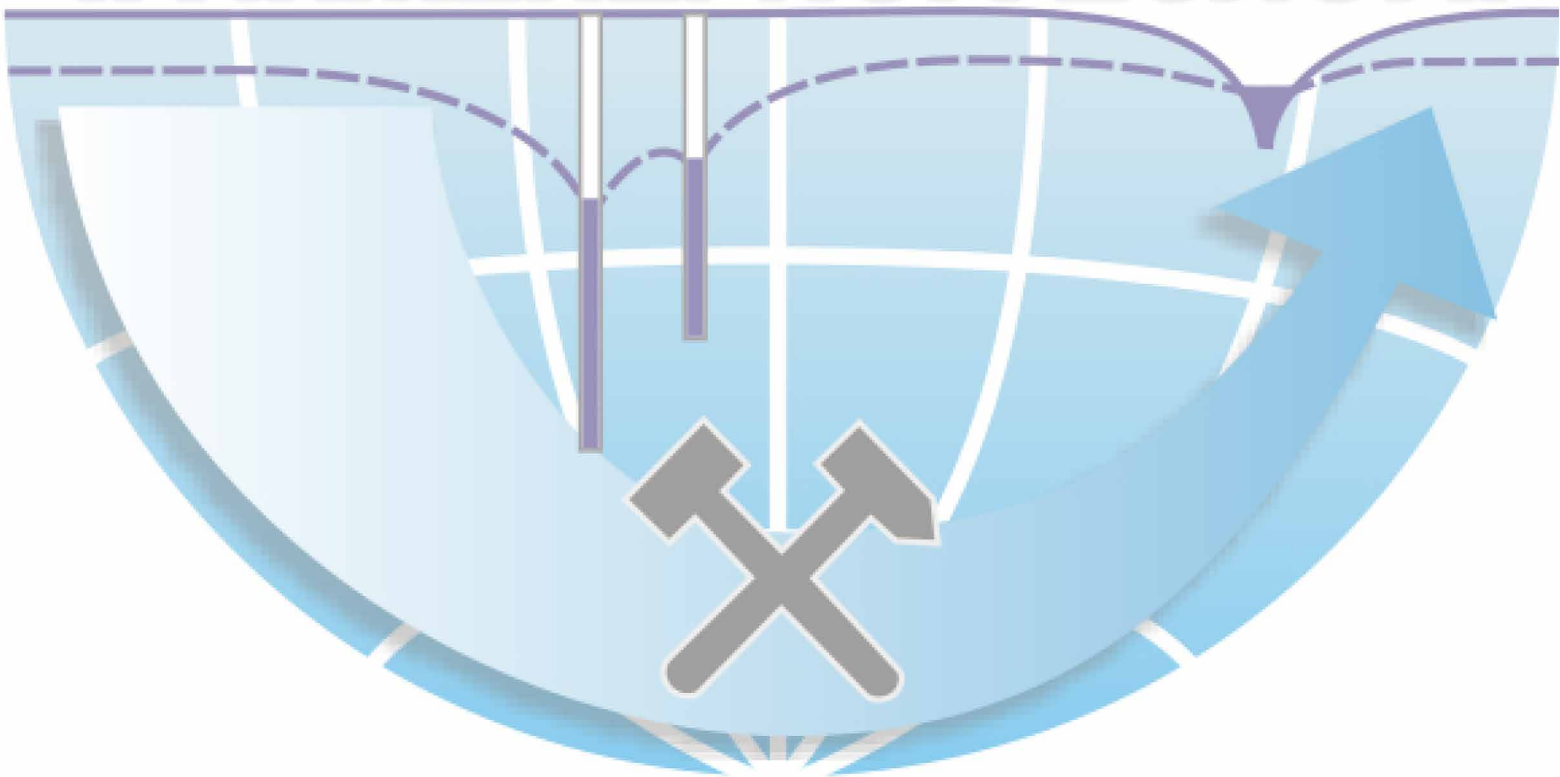
Загалом процес поховання мінералізованих залишків за розглянутої схеми збільшує шляхи фільтраційного транзиту до зони розвантаження. Це слід

розглядати як умови посилення природного очищення, яке неможливе при прямому скиді (або розбавленні розсолів) за палеативними схемами.

Підземне поховання стічних вод, будучи природоохоронним заходом, може завдати шкоди навколишньому середовищу і надрам при недотриманні норм проектування, будівництва і експлуатації полігонів підземного поховання стоків. Тому надзвичайно важливо організувати систему моніторингу на полігоні поховання стічних вод.

Доцільність залучення ділянки надр до експлуатації підтверджена техніко-економічними розрахунками. Економічний ефект від закачки 1 м^3 концентрату, в порівнянні з утилізацією їх через МКП «Миколаївводоканал», буде становити 536 тис. грн. на рік.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ

Опубліковані

1. Запольський А.К. і ін. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. ДО.: Лібра, 2000. –552с
2. Buser, M. (2016): Endlagerung radio- und chemotoxischer Abfälle im Tiefuntergrund: Wissenschaftlich-technische, planerisch-organisatorische und strukturelle Schwachstellen – eine Beurteilung vier ausgewählter Fallbeispiele. – INA GmbH Zürich – Juni 2016. – 59 s // Available at:https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/gp_studie_endlager_20_06_16_2_0.pdf
3. Гарайшин О.С. Вибір пласта-акумулятора для захоронення промислових стоків / О.С. Гарайшин, Р.Р. Кантюков // Георесурси. 2017. Т. 19. – №1. – С. 82-86. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.13>
4. Berest P., Brouard B., Feuga B. (2004): Abandon des mines de sel: faut-il enoyer? Revue Française de Géotechnique, no. 106-107, 1er et 2ème trimestres 2004.
4. Фізична географія Запорізької області: Хрестоматія / Відп. ред. Л.М. Даценко. Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. 200 с.
5. Водообмін у гідрогеологічних структурах України. Водообмін у природних умовах / Шестопапов В.М. та ін - К.: Наукова думка, 1989. С. 203-214.
6. Екологічні проблеми природних вод України. Масштаб 1: 2 000 000. - К.: Київська військово-картографічна фабрика, 2000
7. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки і прогнози режиму підземних вод України (за результатами спостережень). Довідко-методичний посібник. — Дн-ськ: ДВ Укр. ДГРІ, 2000. — 144 с.
8. Лялько В.І., Шнейдерман Г.А. Формування та прогноз ресурсів підземних вод посушливих районів. - К.: Наук. думка, 1965. - 181 с.
9. Антропцев А.М., Дробнохід Н.І. Зміна водообміну на території Південно-Білозерського родовища. Водообмін у гідрогеологічних структурах України. Водообмін у порушених умовах. /Шестопапов В.М., Огнянник Н.С.,

Дробнохід Н.І. та ін./ Відп. ред. Шестопа-лов В.М. - Київ: Наукова думка, 1991. - С. 450-459.

10. 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.

11. Giang W.H. and W.Kinzelbach. Processing Modflow (PM), Pre-and postprocessors for the simulation of flow and contaminants transport in groundwater system with MODFLOW, MODPATH and MT3D. 1993.

12. Water balance control within rock mass using the capacity of water-bearing formations / I. O. Sadovenko, A. M. Zahrytsenko, O.O. Podvihina. N. I. Dereviahina // Науковий вісник НГУ. №4 (160), 2017. С. 19-27.

13. Державні санітарні правила і норми (ДСанПН). Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання (Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 23 грудня 1996 р. №383).

14. Методичні рекомендації щодо проведення спостережень за режимом підземних вод по відомчій мережі свердловин. - Дн-ск: ДО ІМР, 1986. - 41 с.

15. Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод. Київ, 2001. 54 с.

16. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К., 1998.

17. Постанова Кабінету Міністрів України від 01.03.99 N 303 "Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору. К., 1999.

Фондові

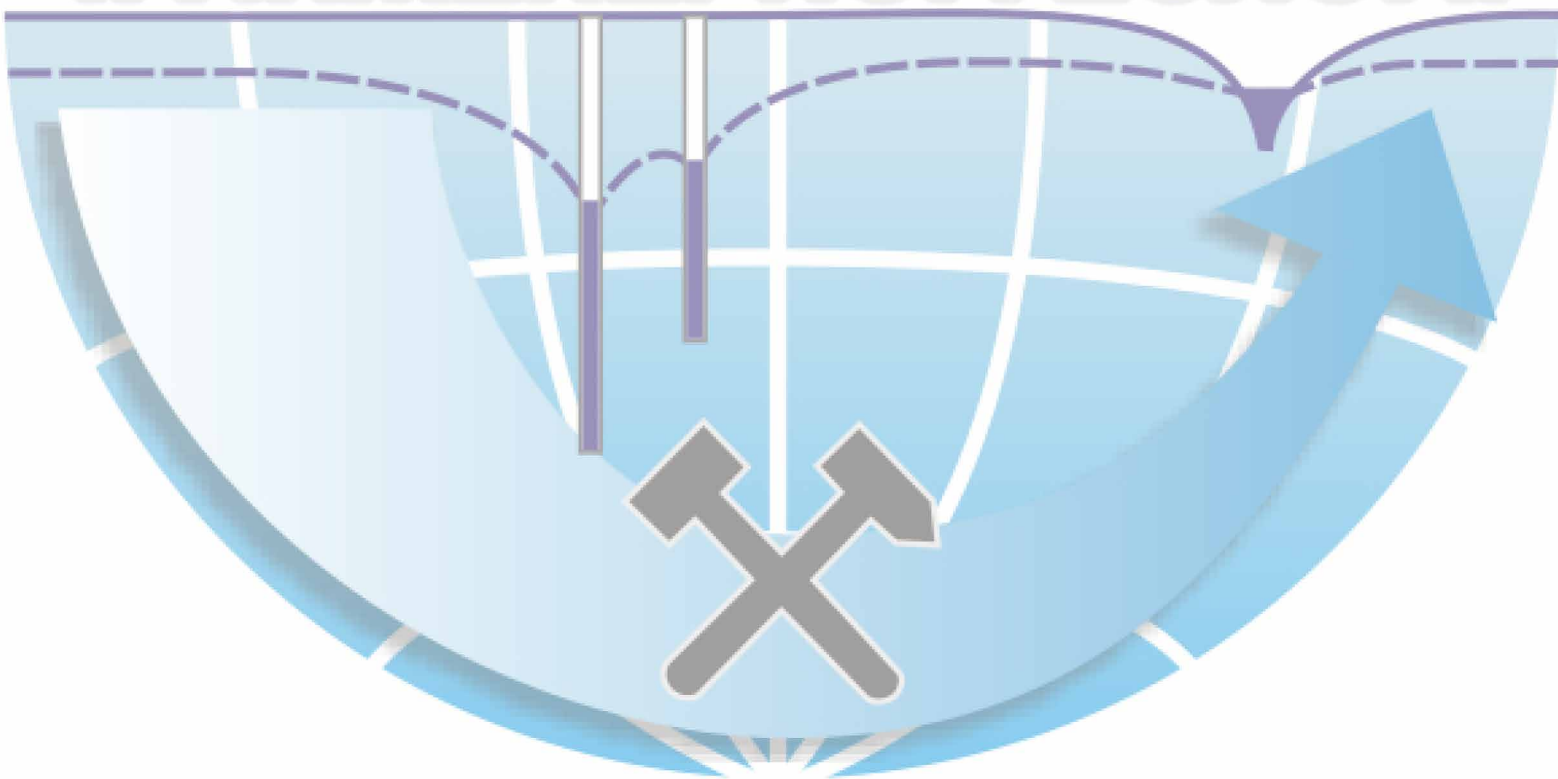
18. Детальна геолого-економічна оцінка експлуатаційних запасів підземних вод у відкладах верхнього та середнього сармату Горохівського родовища технічних вод для водопостачання ВК№2 ТОВ "Сандора" в

Жовтневому районі Миколаївської області / Звіт про розвідку родовища підземних вод. О. Скидан // ТОВ "Нумпа", Миколаївська обл., с. Лимани. – 2012р. – 185 с.


19. Дослідження умов формування підземних водних ресурсів на території Причорноморського артезіанського басейну/ Проміжний звіт з НДР Н. Білокопитова, О. Подвігіна, С. Просянка, М. Токар / ДВ УкрДГРІ, Днепропетровск, 2012. –189 с.

20. Капінос Н.М., Колодинська В.І. та ін. Звіт про регіональну оцінку запасів підземних вод Причорноморського артезіанського басейну (Української частини). – Дніпропетровськ, 1977. Фонди ДНВП „Геоінформ України”.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ




Відгук керівника



**КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ**


Відгук рецензента



КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

The logo is a circular emblem with a light blue background. The top half features a grey silhouette of a construction crane and a building. The bottom half shows a cross-section of the Earth with a grid of latitude and longitude lines. Two vertical lines represent boreholes or wells extending into the ground. At the bottom center, there is a grey icon of crossed geological hammers. A large blue arrow curves from the bottom right towards the center. The text 'КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ' is written in a bold, blue, sans-serif font across the middle of the emblem.

Довідка про перевірку на плагіат



**КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ**